309.024

IZOTÓPTECHNIKA

14. ÉVFOLYAM 1-2. SZÁM

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA IZOTÓP INTÉZETE

T A R T A L O M

A IV. AUTORADIOGRÁFIAI SZIMPÓZIUM

Indukált radiográfia 7
Medveczky L., Somogyi G.

Индуцированная радиография
Induced radiography

Adalék a cellulóz-triacetát-fóliás kvantitativ autoradiográfiához 11
Hanzlik, I., Machek, I.

К вопросу количественной авторадиографии фольгами триацетата целлюлозы
On quantitative autoradiography with cellulose triacetate foils

Indukált radioaktivitás segitségével készült szilárdtest-nyomdetektoros autoradiogram automatikus kiértékelése 15
Baumbach, H.

Применение трековых детекторов твердого тела с целью получения авторадиограмм
Application of solid-state track detectors for autoradiography by means of induced radioactivity

α-radiográfia fényérzéketlen müanyagfóliákkal 2o
Somogyi G., Srivastava, D.S.

α-радиография пластмассовыми пластинками
α-radiography with plastic foils

Autoradiográfia és replikatechnika 22
Paul, D., Gröbe, A.

Метод копий и авторадиография с помошью электронного микроскопа
Replica technique and autoradiography with electron microscope

Anyagokban lévő repedések autoradiográfiás vizsgálata 27
Mysák, F., Krejci, M.

Исследования трещин в различных материалах с помощью авторадиографии
Investigation of cracks by autoradiography

Az autoradiográfia alkalmazása müanyagok és festékbevonatok öregedésének és bomlásának vizsgálatára 3o
Rotrekl, B.

Применение метода авторадиографии для изучения процессов старения и деградации пластмасс и материалов покрытия
Autoradiography applied to the investigation of aging and degradation of plastic and coating materials

Az autoradiográfia alkalmazása diffuziós folyamatok vizsgálatára 32
Lutze-Birk, A.

Применение авторадиографии для изучения процессов диффузии
On the use of autoradiography for the investigation of diffusion processes

Oldékonyság meghatározása szilárd fázisban diffuzió mérésével 4o
Bartha L., Váradi Z.

Определение растворимости серебра в твердом олове измерением диффузии
Determination of solubility of silver in solid tin by diffusion measurements

A szilicium planárdiffuziós folyamatainak autoradiográfiás és röntgen-topográfiás vizsgálata 45
Bereznai T., Stefániay V.

Авторадиография и рентгеновская топография кремния
Autoradiography and X-ray topography of silicon planar devices

A bór eloszlásának autoradiográfiás vizsgálata 18 - 8 tipusu acélban 51
Firganek, H.

Изучение распределения бора в сталах 18 - 8 типа авторадиографией
Autoradiographic determination of boron distribution in 18-8 type steel

Diffuziós kettősréteg képződése csatorna-elektrolizátorban 55
Stverak, B., Stépán, O., Rousar, J., Hostomsky, V., Cezner, V.

Авторадиографическое определение локальных коэффициентов массового транспорта в проточном электролизере
Use of autoradiography for the determination of mass transfer local coefficients in a plate electrolyser

Kettősen jelzett pajzsmirigyhormonok autoradiokromatográfiája 61
Kertész L., Lampé L., Ditrói F.

Авторадио-хроматография двойно-меченных гормонов щитовидной железы
Autoradio-chromatography of double-traced thyroid hormones

Az autoradiográfia alkalmazása tribológiai folyamatok vizsgálatában 67
Wagner, K., Schober, E., Heinicke, G.

Применение авторадиографии для изучения трибологических процессов
The use of autoradiography for the study of tribological processes

^{226}Ra-aktivitás mikroeloszlásának autoradiográfiás követése csontokban cellulóz-triacetát-fóliák segitségével 71
Hanzlik, I., Machek, I.

Авторадиографическое определение распределения Ra-226 в мышиx костях с помощью детектора из триацетата целлюлоза
Autoradiographic determination of Ra-226 distribution in mouse bones by means of cellulose triacetate detector

Zr-T részecskék kvantitativ autoradiográfiája 76
Biró J., Fehér I.

Количественная авторадиография осколков Zr-Ti мишеней
Quantitative autoradiography of Zr-Ti particles

Az öntőminták és magok eróziója következtében az öntvényekben képződő nemfémes zárványok autoradiográfiás vizsgálata 82
Bojadjiev, L.H., Tazinsky, J.P., Kostov, S.N.

Авторадиографическое исследование не-металлических включений в литовках, возникающих в следствии эроэии форм и стержней
Autoradiographic investigation of non-metallic inclusions, developing in casts in consequence of erosion of patterns and cores

KIADVÁNYOK 85

HIREK 88

Atomtechnika

IZOTÓPTECHNIKA

14. ÉVFOLYAM 1-2. SZÁM

MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA

BUDAPEST 1971. JANUÁR-FEBRUÁR

Szerkeszti és kiadja a Magyar Tudományos Akadémia Izotóp Intézete

A szerkesztő bizottság:

Bába Miklós
Fehér László
Földiák Gábor, a kémiai tudományok doktora /felelős főszerkesztő/
Gróz Péter
Gyimesi Zoltán
Illy József /titkár/
Kocsár László, az orvostudományok kandidátusa
Koncz József
Kovács Lórántné /munkatárs/
Medveczky László, a fizikai tudományok kandidátusa

A szerkesztőség cime: MTA Izotóp Intézete, Bp. 114. Pf.77. Telefon: 166-547/154

Számunk irói:

A IV. Autoradiográfiai Szimpózium anyagát sajtó alá rendezte

Bartha László, a kémiai tudományok kandidátusa,
MTA Müszaki Fizikai Kutató Intézete,
Budapest, IV., Ujpest, 1. Pf.76.

Medveczky László, a fizikai tudományok kandidátusa,
MTA Atommagkutató Intézete,
Debrecen, Bem tér 18/c.

Felelős kiadó: Földiák Gábor, az MTA Izotóp Intézetének igazgatója

Készült a MTA Központi Fizikai Kutató Intézetének házi sokszorositójában F.v.: Gyenes Imre

Eng.sz.: III/4oo/s/215/71. Budapest
1971. 1-2.szám
Egyes szám ára: 2o.- Ft
Csekkszámla száma: egyéni 6 128o, közületi 6 1o66
Előfizethető a Pósta Központi Hirlapirodánál
Budapest,V., József nádor tér 1. Telefon: 18o-85o
és bármely póstahivatalnál

Megjelent: 2oo példányban
Évi előfizetési dija: 24o.- Ft

KEDVES OLVASÓINK!

A Magyar Tudományos Akadémia és az Országos Atomenergia Bizottság egyetértésével, a Minisztertanács Tájékoztatási Hivatala enegedélye alapján az ATOMTECHNIKAI TÁJÉKOZTATÓ 14. évfolyamától kezdve IZOTÓPTECHNIKA cimmel lép Önök elé. Az uj külső részben uj tartalmat, uj célkitüzéseket is jelent, amelyek az elmult évek során alakultak ki.

A Magyar Tudományos Akadémia Izotóp Intézete felmérve a folyóirattal szemben támasztott igényeket, ugy határozott, hogy vállalja a lap szerkesztését és kiadását, de egyben korszerüsiti szerkezetét és igy belső arányait is. Az 1971-ben induló IZOTÓPTECHNIKA fóruma kiván lenni mind e tudományterület uj eredményeinek, mind az elérésüket segitő módszereknek. Céljaink között szerepel a sugárvédelem ismeretterjesztő és tudományos szintü irodalmi feldolgozása is. Az IZOTÓPTECHNIKA tájékoztatja Önöket a tágabb szakterületnek megfelelő hazai és külföldi eredményekről, konferenciákról, szimpóziumokról, megismerteti a nukleáris müszeripar legujabb termékeit, a szabványositást, a közgazdasági és jogi szabályozást stb.

A szerkesztőség bizik abban, hogy ez a program a kutatóhelyek, az ipar, a mezőgazdaság és a klinikusok köréből számos uj olvasót fog a folyóirat előfizetőinek táborába vonzani. Kérjük, javaslataikat, észrevételeiket, megjegyzéseiket, tanácsaikat stb. az Intézet cimére /Budapest 114, Pf.77/ sziveskedjenek megküldeni; bővebb felvilágositással is szivesen szolgálunk, akár irásban, akár telefonon /166-547/154 mellék/.

Az IZOTÓPTECHNIKA havonta megjelenő, kb. 5o oldalas folyóirat, előfizetési dija évi 24o Ft, amely bármely póstahivatalban vagy a Pósta Központi Hirlapirodában - Bp. V., József nádor tér 1. - 6.1o66 sz. csekkszámlára befizethető. Az Atomtechnikai Tájékoztató 1971. évi előfizetéseit érvényesnek tekintjük az IZOTÓPTECHNIKÁRA, de kivánságra a Pósta Központi Hirlapiroda révén visszatéritjük.

MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA

A IV. AUTORADIOGRÁFIAI SZIMPÓZIUM

1970. október 1-3. között rendezték meg Budapesten a szocialista országok szakembereinek részvételével a IV. Autoradiográfiai Szimpóziumot, a Magyar Tudományos Akadémia Természettudományi I. Főosztálya és az Országos Atomenergia Bizottság védnöksége alatt, a Magyar Tudományos Akadémia Müszaki Fizikai Kutató Intézete gondozásában. E szimpóziumokat minden évben másmás szocialista országban tartják. Az a céljuk, hogy ismertessék az egy év alatt bekövetkezett módszertani fejlődést, valamint az egyre szélesedő alkalmazási lehetőségeket.

A szimpózium módszertani előadásain a korábbi évekhez képest szembetünő volt a szilárdtest-nyomdetektorok előretörése. Az alkalmazási lehetőségek a szilárdtestfizika, a kohászat, a kémia, a müanyagtechnológia és biológia ujabb területeire terjedtek ki.

Olvasóink tájékoztatására közreadjuk azoknak az előadásoknak a rövid tartalmát, amelyeket a szerzők időben a szerkesztő bizottság rendelkezésére bocsátottak.

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 1-2. szám

Indukált radiográfia

MEDVECZKY L., SOMOGYI GY.

MTA Atommag Kutató Intézete, Debrecen

Kontakt radiográfia. Az indukált szilárdtest-nyomdetektoros radiográfia alkalmazása.

Индуцированная радиография
Медвецки, Л., Шомоди, Г.
Контактная радиография. Применение индуцированной радиографии, проведенной трековыми детекторами твердого тела.

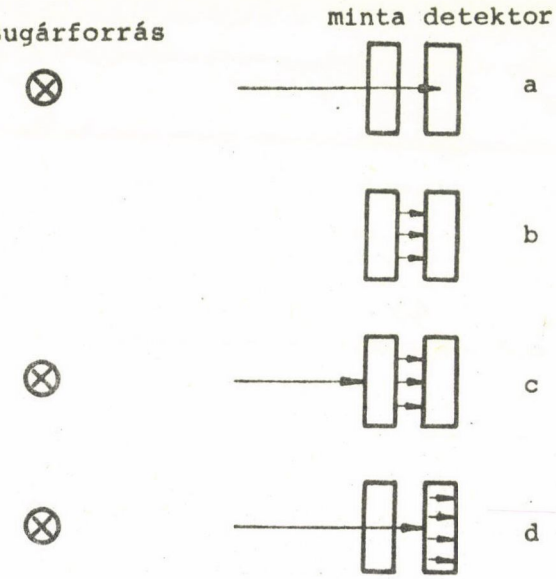
Induced radiography
Medveczky, L., Somogyi G.
Ways of implementation of induced radiography and the various effects influencing the results. Applicability of the method and its utilization.

Az első kontakt radiogramok a röntgensugárzás és a radioaktivitás felfedezésével szinte egyidejüleg készültek. Azóta a sugárforrások, az izotópalkalmazási technika és uj detektorok megjelenésével a radiográfia alkalmazási köre jelentősen kibővült. Csak a kontakt radiográfiára szoritkozva, a gyakorlati megoldás lehetőségeit vázlatosan négy csoportba sorolhatjuk /1. ábra/.

Az első esetben /1/a ábra/ külső /röntgen-, gamma- vagy neutron-/ sugárforrást alkalmaznak. Elvileg nem lényeges, hogy a vizsgálandó minta "átvilágitásához" használt sugárzást gyorsitóval vagy radioaktiv forrással állitjuk elő. A sugárdetektor fényérzékeny anyag, elsősorban röntgenfilm, bizonyos esetekben erősitő fóliával. A legujabb vizsgálatok szerint, elsősorban neutronográfia esetén, fényérzéketlen müanyagfólia, azaz szilárdtest-nyomdetektor is alkalmazható.

A második megoldás /1/b ábra/ az autoradiográfia esetét foglalja magába, tekintet nélkül arra, hogy milyen felbontóképességet biztositó változatról van szó. A mikro-, makro- és elektronmikroszkópos autoradiogramokat egyaránt az jellemzi, hogy a lokalizációs vizsgálat tárgyát képező sugárzó anyag a vizsgálandó mintában helyezkedik el. A detektor, a kivánt felbontóképességtől és a kisérleti körülményektől függően, általában fényérzékeny film-vagy magfizikai emulzió. A szilárdtest-nyomdetektorok auto-

radiográfiai célra csak nehéz töltött részecskék esetében használhatók. Alkalmazásuk - pl. α-radiográfiai vizsgálatokra - igen előnyös, ha a vizsgálandó α-aktiv minta intenziv β- vagy γ-sugárzást is emittál. A kisérő sugárzás a fényérzékeny rendszerekben nagy háttérfátyolt hoz létre, szilárdtest-nyomdetektorok esetében azonban csak az α-lokalizáció kerül regisztrálásra.



1. ábra

Radiográfiás képrögzitési lehetőségek
/elvi sémák/

A harmadik csoportba /1/c ábra/ az autoradiográfiának egy speciális esete tartozik. A mintában a vizsgálat kezdetén nincs sugárzó anyag, ez csak a minta külső sugárforrással történő "átvilágitása" közben keletkezik. A sugárforrás ebben az esetben elsősorban neutronforrás, a szükséges nagy fluxus miatt legtöbbször reaktor, de lehet gyorsitó vagy radioaktiv neutronforrás is. Gyakorlatilag kisebb jelentőségü, de a gamma-sugárzással kiváltott magfolyamatok /pl. magfotohasadás/ is felhasználhatók autoradiográfiai célokra. Természetesen ez csak olyan atomok lokalizációjának vizsgálatánál jöhet számitásba, amelyekben a külső sugárforrásokkal töltött részecskéket eredményező magfolyamatok hozhatók létre. E célra tehát elsősorban a hasadó anyagok és a nagy /n, α/ hatáskeresztmetszetü könnyü elemek /B, Li/ alkalmazhatók. Ezen un. indukált radiográfia megvalósitása csak azóta lehetséges, amióta a szilárdtest-nyomdetektorok révén olyan detektorok ismeretesek[1], amelyek a gamma-sugárzásra érzéketlenek, és amelyekben a neutronok sem hoznak létre számottevő háttéreffektust.

A negyedik eset /1/d ábra/, szintén indukált radiográfia, külső sugárforrás felhasználásával. Az előző esethez viszonyitva a különbség ott van, hogy itt a magreakció nem a vizsgálandó anyagban, hanem a detektor anyagá-

ban jön létre[2]. E módszer a minta árnyképének rögzitését teszi lehetővé. Ebben az esetben is felhasználható erősitő fólia. A képkontraszt növelése érdekében a detektoranyagokat hasadó anyaggal telithetjük is.

A szilárdtest-nyomdetektorokkal végezhető indukált radiográfiát, akár maghasadás, akár /n, α/ folyamat révén, többféleképpen lehet a gyakorlatban megvalósitani. A legegyszerübb változatban a vizsgálandó minta sik felületét néhány tizedmilliméter vastag müanyagfóliával fedjük le. Ezután a mintát és a detektort mechanikai uton vagy nyomjelző festékkel azonositó jellel kell ellátni. A lokalizáció meghatározásának pontosságát az összejelzés módja határozza meg.

A mintákat hordozó tárgylemez anyagát, valamint a mintát rögzitő ragasztóanyagot ugy kell megválasztanunk, hogy a besugárzás tartama alatt ne károsodjanak. Ragasztóként kiválóan megfelelnek a szintelen epoxi-gyanták.

Az indukált radiográfiai vizsgálatok gyakorlati megvalósitásának másik módja az un. mikromappa módszer[3], amely in situ vizsgálatokat tesz lehetővé. A minta sikra csiszolt felületét a besugárzás alatt indukált részecskék /pl. hasadványok/ hatótávolságánál vékonyabb detektorfóliával fedjük le, és igy a részecskék egy része /pl. 8 /u-os polikarbonát-fólián a hasadványok kb. 3o %-a/ áthatol a detektoron. A fólia, ellentétben az előbbi módszerrel, a maratás, a nyomfeltárás és a kiértékelés alatt is a mintával együtt marad. A detektorfólia rögzitését és a minta kémiai védelmét müanyagba való ágyazással lehet biztositani, de megoldható ugy is, hogy a detektorfóliát leszoritó gyürüvel egy alkalmas anyagból készült tárgylemezhez rögzitjük. Igy a minta és a detektor összeillesztése kevesebb munkát és időt igényel. A módszer egyik változata pasztillák vizsgálatára is alkalmas[4].

Kivételes esetben ugy is végezhető indukált radiográfiai vizsgálat, hogy a vizsgálandó anyag és a detektoranyag ugyanaz. Számos ásványi eredetü anyagban /elsősorban csillámban/, megfelelő kémiai maratás után a hasadványok nyomait előhivhatjuk. E nyomok alapján közvetlenül vizsgálhatjuk a hasadó anyagok térbeli elhelyezkedését, kvalitative és kvantitative. A fentieket figyelembevéve kisérleteket folytattunk jól definiált nyomfeltárási körülményeket teremtve, az észlelt nyomok alakja és mérete szerinti kőzetanalizis megvalósitására is[5].

Szilárdtest-nyomdetektorok folyadékok α-aktivitásának vagy hasadóanyag-tartalmának mérésére is lehetőséget nyujtanak. Az eljárás igen alkalmas diffuziós folyamatokkal kapcsolatos indukált autoradiográfiai vizsgálatokra is, ha a vizsgálati anyagon /n, α/ vagy /n,f/ folyamat létrehozható.

A szilárdtest-nyomdetektorok radiográfiai célokra való felhasználását érzékenységük, mechanikai és hőstabilitási tulajdonságaik, továbbá sugártürő képességük határozzák meg. Fontos tényező ezen kivül a detektorok a-

nyagától, összetételétől és a kisérleti körülményektől függő háttérnyomképződés. Gamma-sugárzás csak akkor hoz létre hátteret, ha a detektor anyagában magfotohasadást vagy magfotoreakciót tud kiváltani. Ez utóbbit is csak akkor kell figyelembe vennünk, ha a keletkező töltött részecskéket a detektor regisztrálni képes. Gyors neutronok a müanyagdetektorok anyagában lévő atomokon létrehozott magreakciók, valamint visszalökött magok révén[6] hozhatnak létre háttérnyomokat.

Végül szólnunk kell a szilárdtest-nyomdetektorokkal felvett radiogramok "előhivásának" és kiértékelésének módszereiről. A nyomfeltárás általánosnak mondható módszere a kémiai maratás, bár ismeretes más elven alapuló eljárás is[7]. Kis nyomsürüségeknél vagy nagyobb térbeli felbontást kivánó esetekben a detektorok kiértékelése legegyszerübben mikroszkóppal történhet. Gyors és kényelmes kiértékelési módszer a detektorok optikai feketedésére alapozott eljárás[8].

Az autoradiogramok /általában müanyagdetektorok/ mikroszkóppal való kiértékelésére ma már on-line megoldások is ismeretesek[9]. Az ilyen berendezések használhatósága szempontjából a detektorok minősége kritikus. Mechanikai sérülések, anyaghiba, egyenetlenség stb. zavaró vagy téves eredményt adhat. Feltétlenül kivánatos, hogy a detektorfólia felületének egyenetlensége a használt optikai összeállitás mélységélességénél kisebb legyen.

IRODALOM

1. Fleischer, R.L., Price, P.B., Walker, R.M., Annual Rev. Nucl. Sci. 15/1965/1
   Medveczky L., Somogyi Gy., Várnagy M., Fiz. Szle. 18/1968/324
   Somogyi Gy., Atomtechn. Táj. 13/197o/149
2. Medveczky L., Somogyi Gy., ATOMKI Közl. 8/1966/226
3. Fleischer, R.L., Rev. Sci. Instr. 37/1967/1738
4. Bertine, K.K., Chan, L.H., Turekian, K.K., Geochim. Cosmochim. Acta. 34/197o/641
5. Lal, D., Muralli, A.V., Rajan, R.S., Tamhane, A.S., Clorin, J.C., Pellas, P., Earth Planet. Sci. Letters. 5/1968/2
6. Kleeman, J.D., Lovering, J.F., Proc. Int. Top. Conf. Nucl. Track Registration in Insul. Solids Appl. Clermont-Ferrand, /1969/ Vol. 2.VI.41.
7. Medveczky L., ATOMKI Közl. 12/197o/11
8. Somogyi Gy., Srivastava, D.S., ATOMKI Közl. 12/197o/lo
9. Besant, C.B., Ipson, S.S., AEEW-M 881 /1969/

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 1-2. szám

Adalék a cellulóz-triacetát-fóliás kvantitativ autoradiográfiához

HANZLIK, J., MACHEK, J.

Výzkumný Ústav Hygieny Zárení, Prága

Autoradiográfiai módszer csontban lévő Ra-226 relativ aktivitásának szilárdtest-nyomdetektoros meghatározására.

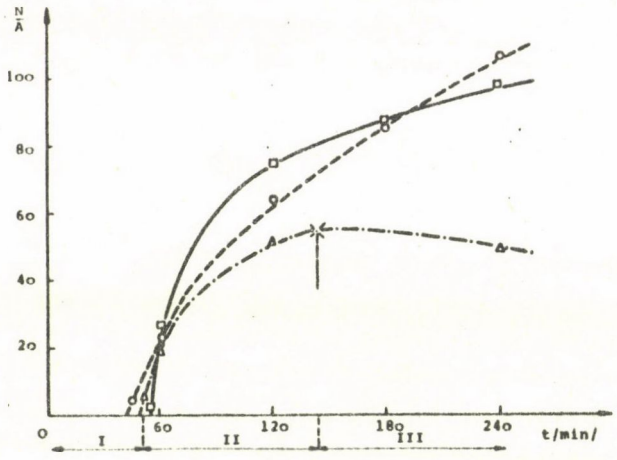
К вопросу количественной авторадиографии фольгами триацетата-целлюлозы
Ханзлик, Й., Мачек, Й.
Процессы авторадиографии трековыми детекторами твердого тела для обнаружения распределения относительной радиоактивности Ra-226 в костях.

On quantitative autoradiography with cellulose triacetate foils
Hanzlik, I., Machek, I.
An autoradiographic method using solid state track detector for tracing relative activity of Ra-226 in bones.

A szilárdtest-nyomdetektorok alkalmazásával az utóbbi években elért eredményeink lehetővé tették, hogy a módszert továbbfejlesztve az alfa-aktivitás csontokban való követésére a klasszikus autoradiográfiás módszereknél alkalmasabb eljárást dolgozzunk ki. Detektoranyagként gyakorlatilag csak a cellulózszármazékok alkalmasak, de azonos alapanyag különböző technológiai változatai eltérő eredményt mutatnak.

Vizsgálatunk célja az volt, hogy jól meghatározott nyersanyagból kiindulva megfelelő maratással heterogén energiáju alfa-részecskék esetében is hasonló nyomátmérőket kapjunk. Ezáltal az autoradiogramok feloldóképessége és automatikus kiértékelhetősége jobb lesz.

A cellulózszármazékok közül a legalkalmasabb tulajdonságokat a triacetátnál találtunk. Nézetünk szerint a sugárrombolás jellege ez esetben depolimerizációban nyilvánul meg, amit viszkozimetriai méréseink is igazolnak. Azonos besugárzott és be nem sugárzott fólia 1%-os diklór-metán oldatának átfolyási időtartama ugyanis a viszkoziméterben 7o s-ről 4o s-re csökkent, ami az átlagos molekulasuly csökkenésével hozható összefüggésbe. Ez megmagyarázza a különböző triacetátok kvantitativ kiértékelésénél észlelt eltérő eredményeket. A fenti eljárással kiválasztható a szilárdtest-nyomdetektoros autoradiográfiához legalkalmasabb anyag.



1. ábra

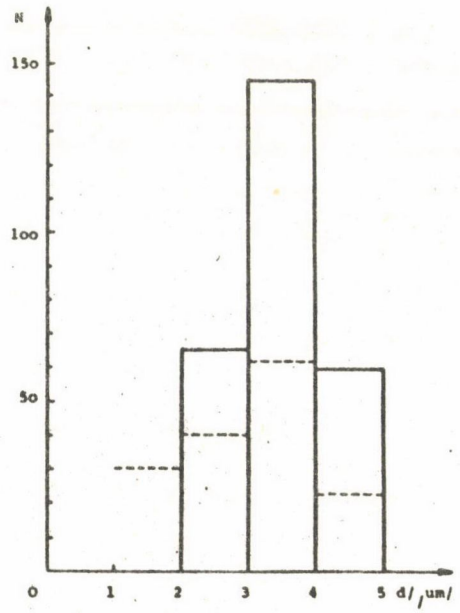
A marási folyamat lefutása

N - maratott nyomok száma; A - vizsgált látótér /3600 mm^2, 60 /um oldalu négyzet; t - maratási idő /percekben/; I. II. III. A maratási folyamat szakaszai.

--------- 1. 30%-os NaOH 70°C-on

_____ 2. 30%-os KOH és 30%-os NaOH, 1:1 arányban 60°C-on

-.-.-.-.- 3. 30%-os KOH 62°C-on



2. ábra

Nyomátmérők eloszlása

/Maratási feltételeket lásd 1. ábra 3.görbéjén/

N - nyomok száma; d - nyomátmérő

--------- 80 min után

_____ 120 min után

A további munkához svéd cellulózból származó, 85%-ban 6oo-as átlagos molekulasulyu cellulóz-triacetátot használtunk.A kisebb molekulasulyu frakcióban dusabb nyersanyagok az autoradiogramok felületén nagyobb hátteret mutatnak. Nagyobb molekulasulyu anyagok is alkalmazhatók, de ezeknél nehéz a homogén összetételt biztositani.

A /mindig lugos/ maratási eljárás az egykristályokban lévő diszlokációk maratásához hasonlóan három szakaszból áll.

Kezdetben a maratószer az egész felülettel kerül érintkezésbe, de a primér kémiai reakciók kialkulásának feltétele csak a kapilláris csatornákban van meg, ahol a Le Chatelier-elv szerint latens egyensuly jön létre. Ezzel az állapottal szemben fellép egy exoterm effektus is, ami lokális hőmérsékletnövekedést okoz a kapilláris rossz hőelvezetése következtében. Igy elősegiti a reakciótermékek intenzivebb kiáramlását a csatornácskák peremén.

Ezt követi a második, céljaink szempontjából legértékesebb, nyomnövekedési szakasz, amikor a reakciók a kimart üregekben játszódnak le. A folyamat itt később lelassul, amikor a kimaratott üregek kapilláris jellegüket fokozatosan elvesztik. Azokon a felületrészeken, ahol részecskék nem haladtak át, a spontán lemaródás megindulását a technológiai eljárásokban szokásos védőréteg késlelteti.

A harmadik szakaszban a /pl. hengerléssel kialakitott/ felület eltávolitása után, a spontán maratás többnyire egyenletes eloszlásu pontszerü korrózió formában jelentkezik. Szabad szemmel általános opálosodást, kb. 3oo-szoros nagyitással pedig jelentős háttérnövekedést észlelünk. A maratási folyamat lefolyása az 1. ábrán látható, ahol a 3. görbén a három szakaszt különböztethetjük meg. A fóliákat és a maratási feltételeket ugy választjuk meg, hogy a fenti szakaszok jól elkülönüljenek, és a II. fázis időtartama maximális legyen, ugyanakkor a nyomsürüség ne változzon.

Számos kisérlet alapján a 62°C-os, 3o%-os KOH oldatban történő 12o perces maratást találtuk optimálisnak, Beckerhez hasonlóan[1] azzal a módositással, hogy a karbonát-szennyezést lekötöttük, továbbá az oxigén hatását a reagens előzetes felmelegitésével, illetve neutrális atmoszférával megakadályoztuk.

Vizsgálatunkban az inkorporált izotópok helyi eloszlásának hü leképzése volt fontos. Ugy tapasztaltuk, hogy erre a célra esetünkben kb.5o/um vastagságu cellulóz-triacetát-fóliák a legalkalmasabbak. Az ismertetett maratási feltételek mellett 2,5-5,o/um-es átmérőjü nyomokat kaptunk. A nyomok átmérőeloszlását a 2. ábrán tüntettük fel. A nyomok mikroszkóp alatt csillogók, és áteső fényben teljesen azonos optikai elemeknek tünnek.

Összefoglalva, az alfa-aktivitás csontokban való eloszlásának szilárdtest-nyomdetektoros autoradiogramokkal való vizsgálatának feltételei tapasztalataink szerint

alapanyagként homogén, kb. 600-as átlagos molekulasulyu cellulóztriacetát vált be. A fólia 50 /um-nél vékonyabb egyenletes védőrétegü legyen. A maratási folyamatnál előnyös, ha az emlitett II. maratási szakasz időtartama viszonylag hosszu.

Az eljárást ^{226}Ra-tal nyomjelzett egércombcsonton próbáltuk ki.

IRODALOM

1. Becker, K., Health Phys. 16/1969/113

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 1-2. szám

Indukált radioaktivitás segitségével készült szilárdtest-nyomdetektoros autoradiogram automatikus kiértékelése

BAUMBACH, H.

Zentralinstitut für Isotopen und Strahlentechnik, Leipzig

B, N, O és Al autoradiográfiás meghatározása. Az elektronikus műszerekkel /pl. Densitronnal, Quantimet-tel/ való kiértékelés problémái.

Применение трековых детекторов твердого тела с целью получения авторадиограмм
Баумбах, Х.
Авторадиография B, N, O, Al. Вопросы автоматической обработки авторадиограмм оптико-электронным путем с применением приборов типа DENSITRON и QUANTIMET.

Application of solid-state track detectors for autoradiography by means of induced radioactivity
Baumbach, H.
Autoradiography of B, N, O, Al. Problems of automatic evaluation by electronic instruments like DENSITRON and QUANTIMET.

Az utóbbi években az elektronmikroszkópos autoradiográfia és a radioizotóp-kamrák[1] kifejlesztésével nagy előrehaladás történt az ionizáló sugárzást emittáló anyagok helyi eloszlásának leképezése területén. A radioizotóp-kamrákhoz kapcsolódik az a gondolat, hogy autoradiográfiás leképzéseknél az ionizáló sugárzást emittáló mintának nem kell szükségszerüen kontaktusban lenni a detektorral, és fényérzéketlen detektorokat is lehet alkalmazni. Ez a körülmény azt is lehetővé teszi, hogy a leképezést elősegitő sugárzás csak a leképezési folyamat alatt jöjjön létre.

A periódusos rendszerben számos izotópnak /igy pl. B, N, O, Al/ nincs autoradiográfiai kisérletekhez gyakorlatilag alkalmas radioaktiv izotópja. Helyi mikroeloszlások megállapitására a stabil izotópok nem nyujtanak megoldást.

A felsorolt esetekben a magreakciókból származó promptrészecskék felhasználásával nyilik lehetőség az anyageloszlás leképezésére, más szóval indukált autoradiográfia készitéséhez. Mivel az indukált sugárzást nagy béta- és gamma-sugárfluxus kiséri,az ezüst-halogenid emulziók csak korlátozottan használhatók. További problémát okoz az is, hogy a gyorsneutronok a fotoemulzióban visszalökött protonnyomokat hoznak létre. Az indukált autoradiográfiának a szilárdtest-nyomdetektorok különösen a plasztikfóliák /cel-

lulóz-nitrát /CN/: $C_6H_7O_{11}N_3$, cellulóz-acetát /CA/: $C_{12}H_{16}O_8$, polikarbonát /PC/: $C_{16}H_{14}O_3$ stb./ alkalmazásával lett jelentősége. A regisztrációs küszöb a szervetlen kristályoknál és üvegeknél 15 MeV, $mg^{-1}.cm^2$, CN-nél 1 MeV, $mg^{-1}.cm^2$, PC-nél 3 MeV $mg^{-1}.cm^2$ /2/, azaz ezek fény-, röntgen-, gamma-kvantumokra, béta-részecskékre nem érzékenyek.

A szilárdtest-nyomdetektorok a következő előnyökkel rendelkeznek: könnyüek, mechanikailag és kémiailag stabilak, szobahőmérsékleten nincs fading /2/, kezelésük egyszerübb, mint a fotoemulzióké, kvantitative kiértékelhetők, nagy térbeli felbontóképességgel rendelkeznek, kiértékelhetők nyomszámlálással, denzitometrikusan, automatikusan is.

A neutronindukált autoradiogramok kvantitativ kiértékelésénél a következő zavaró folyamatok várhatók: $^{12}C/n,n'/3\alpha$; $^{16}O/n,\alpha$ /^{13}C; $^{14}N/n,\alpha$ /^{11}B; és magvisszalökés, amelyek a neutronbesugárzás hatására a szilárdtest-nyomdetektorok alapanyagában játszódnak le.

A fentieket figyelembevéve pl. a B-kimutathatóság alsó határa: $1o^{15}B$ atom/cm^3 /3/, mely félvezetők diffuzióprofil vizsgálatánál érdekes.

Az indukált autoradiogramok automatizált kiértékeléséhez kivánatos, hogy a nyomüregek a szilárdtest-nyomdetektorban kontrasztosan és minimális átmérőszórással jelenjenek meg. A kontrasztos nyom a kiértékelést nagymértékben függetlenné teszi a detektor hátterének strukturájától. Áteső fényben a kontrasztosság attól a szögtől függ, amelyet a kimaratott kupos nyom és a megvilágitó fénynyaláb a detektor felületével bezár. Ahhoz, hogy a háttérhez viszonyitva kontrasztos nyomüregeket kapjunk, alfa-sugárzással való expozició esetén a következő komponensü oldatok váltak be: CN: NaOH vizes oldata; CA: NaOH vizes oldata, $KMnO_4$, NaOCl, vagy Na_2O_2 hozzáadásával; PC: KOH alkoholos oldata /4/.

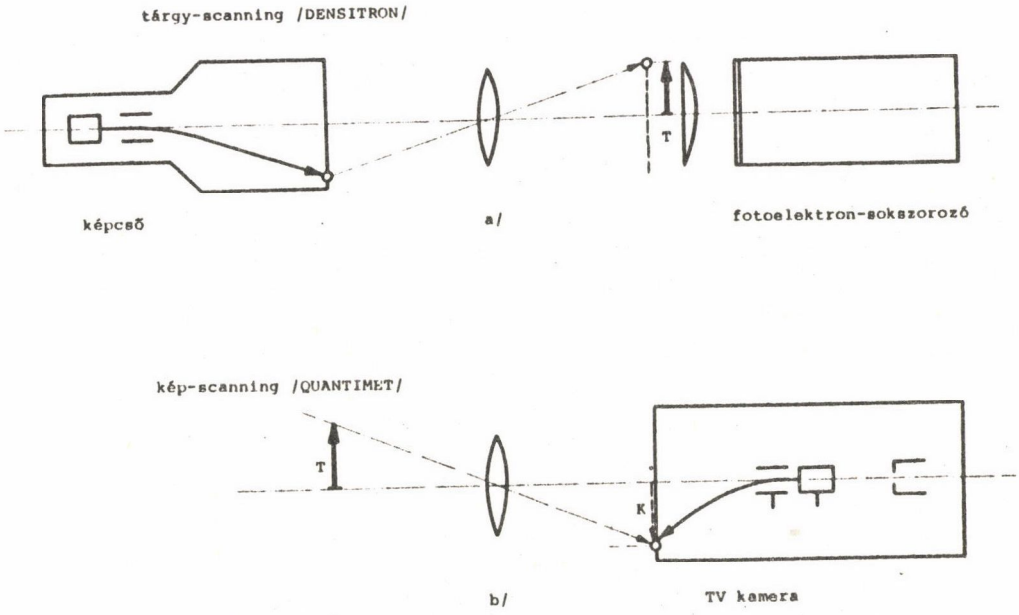
Az átmérőeloszlás adott anyagra és maratási feltételekre a beesési szög és a részecskeenergia függvénye.

A nyomüregátmérő minimális energiafüggőségének biztositása szempontjából, CN esetében, $5o^oC$-os 2o%-os NaOH-ot használva, legkedvezőbb az 1 órás maratási idő alkalmazása.

Az indukált autoradiogramok automatizált kiértékelésére számos eljárást fejlesztettek ki; /5/ pl. optikai elektronikus eljárások /6,7,8/, elektromos szikrák átvezetése a kimaratott nyomcsatornán /ugrószikra módszer/, stb.

Optikai elektronikus berendezések egyik változatánál a tárgyat /tárgyscanning, "flying spot" módszerek/, másoknál a tárgy projekciós képét /képscanning/ tapogatják le. A ZfI. Denzitron a flying spot módszeren alapul. Ennél egy képcső rasztere, mikroszkópon keresztül, forditott sugármenettel a tárgy sikjában kicsinyitve képződik le, és a tárgy által átengedett fényt

elektronsokszorozó méri /1/a ábra/. A leggyorsabb kép-scanning berendezéseknél az eredetihez viszonyitva nagyitott projekciós képet TV kamera segitségevel veszik fel /pl. QUANTIMET/ /1/b ábra/.



1. ábra

Autoradiogramok elektronikus kiértékelésére szolgáló berendezések elvi sémája

A jelhosszuságok az elektronsokszorozó, illetve a Vidikon-cső kimenetén a kép részleteinek geometriai méreteiről, a jelamplitudók pedig a képrészletek fedettségéről adnak tájékoztatást. A flying spot módszereknél a letapogatási sebesség széles határok között változtatható és ez a sebesség a digitális bemenő és kimenő egységek sebességéhez illeszthető. Nem könnyü azonban lineáris geometriai kapcsolatot minden egyes helyzetben elérni. Az 5 MHz sávszélességü kép-scanning rendszerek elektronikus adatfeldolgozó berendezésekhez való illesztésénél nehézségek jelentkeznek, mivel a jel/zaj viszonyuk általában kisebb, mint a nagyerősitésü detektorokkal rendelkező flying spot rendszereké. Ugyanakkor a kép-scanning módszereknél nem érhető el olyan egyenletes érzékenység a teljes mérésfelületen, mint a flying spotnál. A kép-scanning módszerek átlátszatlan tárgyakhoz és ernyőre vetitett felvételekhez /pl. elektronmikroszkóp/ is alkalmazhatók.

A gyógyászatban, biológiában, metallurgiában stb. képanalizishez használt elektronikus képkiértékelő eszközök vagy laboratóriumi egyedi példányok, vagy kereskedelmi berendezések. Ezek a berendezések többé-kevésbé terjedelmes logikai egységekkel vannak ellátva, vagy egyetlen speciális célra készültek. A több célra alkalmas müszerek rendkivül értékesek és ennek megfelelően drágák.

A nyomsürüség számolása az autoradiogramokban ilyen elektronikus berendezésekkel kétféleképpen történhet:

1. A letapogató sugár impulzusmodulációja esetén, tehát egy sor kép elemeinek mintegy pontról-pontra való letapogatásakor, egy adott foltot ábrázoló képpontok száma a folt területével arányos. Az egész képfelület letapogatásakor a foltokon belül kapott képpontok száma - állandó átlagos foltfelületeket feltételezve - arányos a teljes képfelületen levő egyedi foltok számával. Ez az elv valósul meg a Denzitronnál.

A készülék egy nagyon érzékeny impulzusamplitudó-diszkriminátorral és analizátorral rendelkezik, és igy kis transzparencia gradiensü tárgyak szélének körvonalait ábrázolni lehet. A konturpontok száma a folt kerületével arányos. A terület és kerület viszonya adatokat szolgáltat a kör alaku nyomüregek átmérőjére.

2. Folyamatos sorletapogatás esetén mialatt a letapogató sugár áthalad a folton, elektromos jelet ad. A jelalak differenciálásával és a jelamplitudó diszkriminálásával elérhető, hogy egy impulzusgenerátor és egy impulzusszámláló közötti kapu kinyilik a jel tartamára. Egy soron belül a kapunyitás gyakorisága a foltok számával, az impulzusszámláló által regisztrált impulzusszám a nyomüregek átmérőjével lesz arányos. Ha egy nyomüreget több képsor seper végig, akkor megfelelő korrekciókat kell alkalmazni, hogy a hureloszlásból és a sortávolságból megkaphassuk az átmérőeloszlást.

Mindkét módszer használhatóságának a határát az szabja meg, hogy milyen a letapogató-, illetve felvevőcső képernyőjén lévő két pont között a legkisebb feloldható távolság, a nyomüregeloszlás sürüsége, valamint az optikai leképező rendszer. Növekvő nyomsürüségnél /a nyomüregátmérőtől függően/ nyomátfedések lépnek fel. A $\psi_r(y)$ találati azaz nyomátfedési valószinüség az $y = \frac{f.M}{F}$ felületaránytól függ.

/f - az átlagos nyomfelület, M - a nyomok száma, F - a teljes méretü felület, r - a nyomátfedések száma az F felületen/.

$$\psi_r(y) = 1 - \exp(-y) \sum_{n=o}^{n=r} y^n (n!)^{-1}$$

A többszörös találatok relativ száma pl. $y = 1/6$ esetén $\psi_{r=1} = o,153$; $\psi_{r=2} = o,oll$; $\psi_{r=3} = o,ool$. Denzitronnál a mért f.M felület nagysága függ a képmező helyzetétől, mivel azonban a képéletlenedés a kép középpontjához viszonyitva szimmetrikus, ezt a hibát két, a középponthoz viszonyitva szimmetrikus helyzetben végzett mérés kiküszöbölheti. QUANTIMETnél a megszámolt foltok száma a diszkriminátor beállitásától függ. Körformáju foltok /pl. nyomüregek/ számára van egy tartomány, amelyben a foltsürüség állandó, más formák számára a vizsgálatok alatt nem jön létre plato.

Az indukált autoradiográfia széles körü felhasználása még kezdeti stádiumban van[9]. A vizsgálatok sulypontjában jelenleg a következők állanak: B-eloszlás felvétele elsősorban félvezetőkben, üvegben, acélban; a hasadó anyagok eloszlásának meghatározása /pl. Pu-diffuziósprofil Ti és Cd-ban; Pu-eloszlás biológiai szövetekben; U-eloszlás kőzetekben, vérben, csontokban, tejben, stb.[9-13].

Magasabb érzékenységü detektoranyagokkal, továbbá ujabb "előhivási" eljárásokkal kapcsolatban vizsgálatok folynak, hogy a szilárdtest-nyomdetektorokkal jobb diszkriminációs sajátságok is elérhetők legyenek. Ezzel az indukált autoradiográfia alkalmazása jelentős mértékben kiszélesedhet.

IRODALOM

1. Hal O Anger, UCRL-II 978
2. Hasegawa, H. és munkatársai, Radioisotope 17/1968/11
3. Armijo, J.S., Rosenbaum, H.S., J. Appl. Phys. 38/1967/2o67
4. Somogyi G., magánközlés, 197o
5. Medveczky L., ATOMKI Közl. 12/197o/11 CF 69 III-2
6. Besant, C.B., Ipson, S.S., AEEW-M 881/1969/
7. Abmayr, W., Grünauer, F., Burger, G., CF 69 III-46
8. Baumbach, H., Hartmann, G., Renker, K., Isotopenpraxis nyomás alatt
9. Kleeman, J.D., Lovering, J.F., Atomic Energy in Australia 1o/1967/3
1o. Davis, J.H., Darmitzel R.W., Nucleonics 23/1965/7/86
11. Wiechen, A., Milchwissenschaft 25/197o/95
12. Fleischer, R.F., General Electric Report 68-C-o66,/1968/
13. Hamilton, E.J., Int. J. Appl. Rad. Isotopes 19/1968/159

CF-69 = Proc. Int. Topical Conf. on Nuclear Track Registration in Insulating Solids and Appl. Clermont Ferrand, 1969

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 1-2. szám

α- radiográfia fényérzéketlen müanyagfóliákkal

SOMOGYI GY., SRIVASTAVA, D.S.

MTA Atommag Kutató Intézete, Debrecen

A különböző regisztrálási érzékenységü müanyag nyomdetektorokban képződő α-kép jellemvonásai. Az optikai sürüség, a nyomsürüség és a maratási idő összefüggése.

α-радиография пластмассовыми пластинками
Шомоди, Г., Шривастава, Д. Ж.
Свойства α-радиограмм, снятых трековыми детекторами с различной эффективностью детектирования. Связь между оптической плотностью, частотой треков и временем травления.

α-radiography with plastic foils
Somogyi, G., Srivastava, D.S.
Features of α-ray image in plastic track detectors of different sensitivities. Correlation between optical density, track density and etching time.

Egy nemrég felfedezett jelenség alapján lehetővé vált, hogy töltött atomi részecskéket fényre érzéketlen anyagokkal - un. szilárdtest-nyomdetektorokkal - regisztrálhassunk[1]. E detektortechnika részben kiegészíti a magemulziós technikát, több esetben viszont előnyösebb vizsgálati feltételeket kínál. Ilyen előnyt jelent pl. az, hogy fényre, röntgen- és gamma-sugarakra érzéketlenek, s nem igényelnek semmiféle sötétkamrás előhivást. A töltött részecskék nyomait egyszerüen megvalósitható, kémiai maratással tárhatjuk fel.

A könnyü, töltött részecskék detektálása a kereskedelemben kapható müanyagfóliákkal lehetséges. Ma már számos jól alkalmazható müanyagfajta ismeretes, amelyekben α-részecskék nyomait is kimarathatjuk. Ez alapján önként adódik a fényérzéketlen müanyagfóliák alfa-radiográfiai alkalmazásának lehetősége. Számos gyakorlati probléma van, amelyeket e módszer felhasználásával az eddigi módszereknél egyszerübben és eredményesebben oldhatunk meg. Az eljárás kis- és igen nagy intenzitásu alfa-sugárzó anyagok lokalizációjának vizsgálatára egyaránt alkalmas[2-10].

Kvantitativ vizsgálatoknál a detektorok felületén az egyedi α-részecskék belépését jelző, kimaratott nyomüregek sürüségeloszlását kell meghatározni. Kb. 10^5 nyom/cm^2-nél kisebb nyomsürüségek esetén ez nyomszámlálással oldható meg, ami igen időigényes eljárás. Vizsgálataink során olyan értékelési módszert dolgoztunk ki, amellyel a fenti hátrány kiküszöbölhető. Fel-

használtuk azt a megfigyelést, hogy nagy nyomsürüségek esetén, a nyomüregek erős fényszóró hatása miatt, a besugárzott és maratott detektorok felülete megopálosodik. Az opálosodás térbeli változása mikrodenzitometriai mérésekkel egyszerüen és gyorsan feltérképezhető. Vizsgálatainkban e jelenség kvantitativ sajátságait tanulmányoztuk 10^5-$3,10^7$ α /cm^2 integrális α -részecske-fluxussal besugárzott /cellulóz-nitrát, cellulóz-acetát és polikarbonát/ müanyagokban.

Megállapitottuk, a fenti müanyagdetektorok optikai feketedése, a nyommaratási idő és a nyomsürüség közti összefüggéseket. Megvizsgáltuk néhány tényezőnek /besugárzási geometria, részecskeenergia, környezeti behatások, stb./ az alfagráfiai képek kialakitásánál játszott szerepét. Megállapitottuk, hogy a denzitometrikus kiértékelési módszer jól alkalmazható kvantitativ α-autoradiográfiai vizsgálatokra. A részletes vizsgálati eredményeket másutt közöltük[11].

IRODALOM

1. Price, P.B., Walker, R.M., J. Appl. Phys. 33/1962/3407
2. Davies, J.H., Darmitzel, R.W., Nucleonics. 23/1965/86
3. Queve, Y., CEA-R-3606 /1968/
4. Couve, H., CEA-R-3741 /1969/
5. Marsden, D.A., Johansson, N.G.E., Bellavance, G.R., Nucl. Instr. Meth. 70/1969/291
6. Tuyn, J.W.N., Kjeller KR-134 /1969/
7. Armijo, J.S., Rosenbaum, H.S., J. Appl. Phys. 38/1967/2064
8. Tuyn, J.W.N., Work Report PE-155 /1968/
9. Houdaille, B., Perrot, M., Rapport CEA-R-3426 /1968/
10. Hiller, S., Czerny, M., Nukleonik 11/1968/257
11. Somogyi Gy., Srivastava, D.S., ATOMKI Közl. 12/1970/101

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 1-2. szám

Autoradiográfia és replikatechnika

PAUL, D., GRÖBE, A.

DAW Institut für Faserstoff-Forschung, Teltow-Seehof

Félig átlátszó metszetek vagy replikák készitése. Mintafelszin vizsgálata elektronmikroszkópos autoradiográfiával.

Метод копий и авторадиография с помошью электронного микроскопа
Паул, Д., Грэбе, А.
Применение методов изучения ультратонких структур. Процесс приготовления копий с поверхности, позволяющий получать поверхностные авторадиограммы. Пример из области исследования полимеров.

Replica technique and autoradiography with electron microscope
Paul, D., Gröbe, A.
Production of semi-transparent intersect or replica. Investigation of the surface of a specimen by electron microscopic autoradiography.

Radioaktiv nyomjeleztt anyagok eloszlásának vizsgálatára a finomszerkezet-kutatásban az elektronmikroszkópiát és az autoradiográfiát jó eredménnyel alkalmazzák együtt. Az elektronmikroszkópia követelményei szerint a vizsgálandó tárgyból ultravékony metszet vagy replika készül, amely a preparátum átvilágithatósága szerint maximálisan kb. 1500 Å vastag[1,2,3,4]. Az autoradiográfiai eljárás optimális teljesitményére van szükség, ha a radioaktiv anyagnak ultravékony metszetek felületén, illetve a felülethez közeli tartományban való eloszlását kivánjuk megismerni. A minta csak a metszet vastagságával azonos mélységben ismerhető meg. Ezen felül nagyfelületü tárgyak autoradiográfiás leképzése is szükséges.

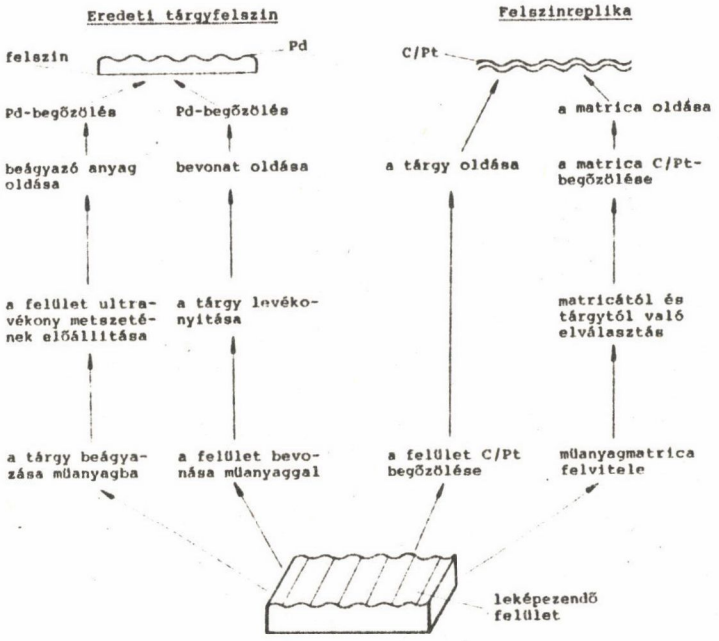
Tárgyfelületek elektronmikroszkópos vizsgálatához az 1. ábrán sematikusan ábrázolt módszerek:

1. Ultravékony metszetek előállitása. A sikfelület célmüvelettel, a tárgyról levágással készül. A tárgy beágyazása szükséges előfeltétel.

2. Ha a tárgyról nem lehet ultravékony sikmetszetet készitени, a sikfelület előállitása után a tárgyat kell elvékonyitani. Igy az egész mintából csak egyetlen vékony réteg marad.

3. Érdes felületü tárgyakból elektronmikroszkóposan átvilágitható szénplatina lenyomat /felületi replika/ készitése.

4. Matrica készitése a tárgy felületéről. A szén-platina rápárologtatás után a tárgyról elválasztott matrica leoldásával felületi replika készül. A replikaeljárás feltétele, hogy a lenyomat a minta felületétől jól elválasztható legyen, a felületet részleteiben is visszaadja, és ne legyen saját strukturája.



1. ábra

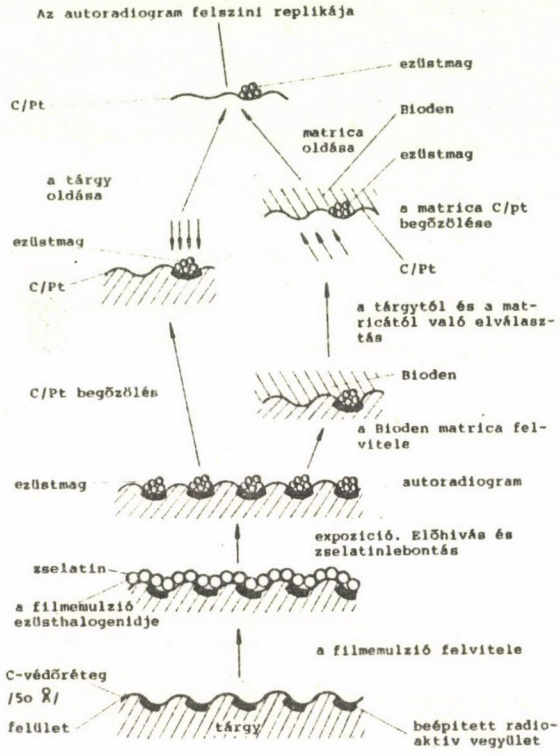
Az elektronmikroszkópos tárgypreparálás sémája

Az autoradiográfia előfeltétele a felület vékony, lehetőleg egyszemcsés, sugárérzékeny ezüsthalogenid kristályokból álló bevonata.

Radioaktiv rostfelületek autoradiogramjainak készitéséhez a replikatechnika direkt lenyomat-és matricaeljárását alkalmazzuk.A preparációs eljárás egyes lépéseit a 2. ábra tünteti fel. A sötétkamrában /vörös fény, 15 W/ a radioaktiv rostokat vékony /kb. 8o Å/ szénréteggel párologtatjuk be, majd egyenként 1:2 arányban vizzel higitott Ilford L4, illetve ORWO K2 filmemulzióba mártva, vagy dróthurok segitségével[5] vékony fényérzékeny emulziós réteget viszünk rá.

Az előhivás 1:4 higitott ORWO MH 28 oldatban 14 napos, 4°C-on történő expozició után 4 percig, a fixálás vizes öblités után ORWO A 3oo-as gyors fixiroldat felhasználásával. A filmemulzió felvitelekor a rostokra is kerül egy réteg zselatin.A felület finomszerkezetének leképzéséhez ezt a zselatint el kell távolitani, a letisztitáshoz o,o2 n HCl-ben oldott o,1%-os pepszint használtunk, 24 óráig áztattuk a mintát.

A szén-platina lenyomatot a rostok 72%-os kénsavban oldásával kapjuk [6]. A kénsavas rövid kezelés alatt az autoradiogram ezüstszemcséi nem károsodnak, és a lenyomatban maradnak. A kész replikát a tárgytartó rácsra felfogatjuk. Az elektronmikroszkópos képen az ezüstszemcsék eloszlása mutatja a radioaktiv anyag helyét a felülethez közeli rétegben.



2. ábra

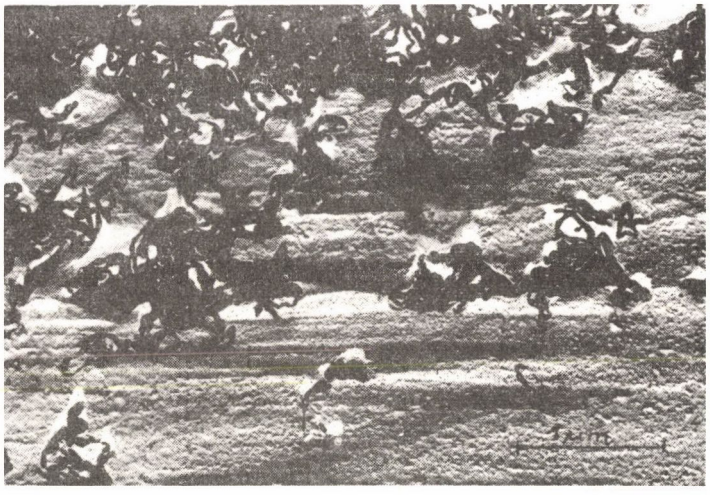
Az elektronmikroszkópos autoradiogram készitési sémája

Matricaanyagként Biodent /Oken-Shoji Co., Tokyo, cellulóz-acetátfóliája/ alkalmazva az eredeti tárgy változatlan marad. Ez az eljárás sikfelületek autoradiogramjának készitésére különösen alkalmas. A Bioden fóliákat e célból egyik oldalán ecetsavas metilészterrel oldjuk, és hőmérséklet-emelkedés nélkül a rostok felületére rávisszük. A dermedés után a matrica a tárgyról lehuzható. A matricát, amelyre az autoradiogram ezüstszemcséi tapadnak, szénnel és platinával árnyékoljuk, majd az ezüstszemcséket tartalmazó Biodent ecetsavas metilészterben felpárologtatott filmről leoldjuk.

Az eljárást triciummal nyomjelzett textilipari segédanyag, cellulózerostok felületén való eloszlásának a meghatározására alkalmaztuk. E segédanyagokat a rostokra, a szövés gépi müveleteinek megkönnyitésére viszik fel. A radioaktiv rostfelület közvetlen lenyomatos eljárással készült elektronmikroszkópos autoradiogramja a 3. ábrán látható. Az autoradiogram ezüst-

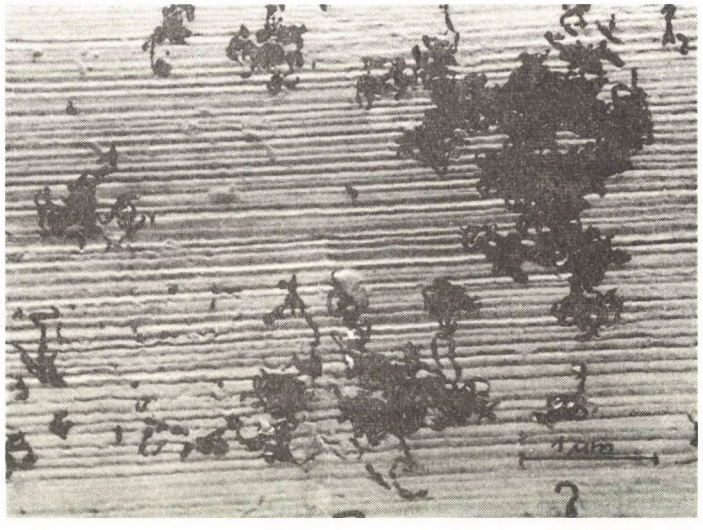
szemcséinek eloszlása alapján a rostfelületen - amire a hosszanti struktura jellemző - a radioaktiv segédanyag felvitele egyenetlen.

A Bioden matricával készült autoradiogram /4. ábra/ megerősitette ezt az eredményt, mert a radioaktiv anyag a rostok felületén itt is egyenetlen eloszlást mutat.



3. ábra

Triciummal nyomjelzett cellulóze-rost felszinének elektron-mikroszkópos autoradiogramja /szén-platina lenyomat, replika-technika/



4. ábra

Triciummal nyomjelzett cellulóze-rost felületének elektron-mikroszkópos autoradiogramja /Bioden lenyomat,replikatechnika/

Fentiek szerint tárgyfelületek autoradiogramja elektronmikroszkópban replikatechnikával is megvizsgálható. A közvetlen lenyomatos és a matrica-eljárás egyaránt alkalmas rostos anyagok felülethez közeli szerkezetének radioaktiv nyomjelzéssel való vizsgálatára. Várható, hogy Bioden matrica-anyag használatával más tárgyakról, pl. fémötvözetekről is készíthető autoradiogram roncsolásmentesen.

A replikatechnikával készült autoradiogramok feloldóképességére modell-kisérlet alapján o,5 /um adódik; Caro szerint[7] ultravékony rétegek elektronmikroszkópos autoradiogramjaiban o,1 /um felbontóképesség érhető el. A replikatechnika alkalmazásával kapható elektronmikroszkópos autoradiogram, bár kisebb felbontóképességgel, de a radioaktiv anyag eloszlásának megismerését a minta viszonylagosan nagyobb felületén teszi lehetővé.

IRODALOM

1. Kay, D.H., Technique for electron microscopy, Blackwell Scientific Publ. Oxford. 2. 1965
2. Picht, I.J., Heydenreich, J., Einführung in die Elektronenmikroskopie, VEB Verlag Technik, Berlin 1966
3. Reimer, L., Elektronenmikroskopische Untersuchungs- und Präparationsverfahren, Springer, Berlin-Heidelberg, New York, 1967
4. Gröbe, A., Gensrich, H.J., Faserforsch. Textiltechn. 2o/1969/118
5. Paul, D., Gröbe, A., Isotopenpraxis 4/1968/445
6. Maron, R., Gröbe, A., Rose, K.P., Mikroskopie 23/1968/155
7. Caro, L.G., Van Tubergew, R.P., Budo, G.C., J. All. Biol. 15/1962/173

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 1-2. szám

Anyagokban lévő repedések autoradiográfiás vizsgálata

MYSÁK, F., KREJCI, M.

Státni Výzkumný Ústav Materialu, Prága

Repedések keletkezésének és terjedésének fizikai és kémiai körülményei fémeknél és műanyagoknál. Nyomlokalizálás radioaktiv izotópos nyomjelzéssel.

Исследования трещин в различных материалах с помощью авторадиографии
Мижак, Ф., Крайци, М.
Физико-химические условия происхождения и распространения трещин в сталях и пластмассах с помощью радиоактивных индикаторов.

Investigation of cracks by autoradiography
Mysák, F., Krejci, M.
Chemical and physical conditions of the origin and spread of cracks on steels and plastics. Localization of tracks by radioisotope tracing.

Gépalkatrészek felületi hibáinak és repedéseinek roncsolásmentes vizsgálatára mágneses módszereket szokás alkalmazni, felhasználva a mágneses erővonalak repedések helyén bekövetkező szóródását. Ez az eljárás azonban csupán mágneses anyagokra korlátozódik. Nemmágneses anyagok esetében a kapilláris módszer használata a szokásos, szines vagy fluoreszkáló jelzőfolyadékkal. E folyadékok a kapilláris erők révén a repedéseket gyorsan láthatóvá teszik, de nem adnak tartós jelzést.

Az autoradiográfia szintén alkalmas felületi hibák leképezésére vagy hegesztések vizsgálatára. Az elve igen egyszerü. A vizsgálandó gépalkatrészt belemártjuk vagy megnedvesitjük radioizotópot tartalmazó oldattal, és kis idő után /amely az oldat aktivitásától függ/ a felületet megszáritjuk és letisztitjuk. Ezesetben sugárzó anyag csak a hibahelyeken és repedésekben marad. A vizsgálandó felületet autoradiográfiás emulzióval boritjuk, és megfelelő exponálás majd előhivás után megkapjuk a repedések alakjának képét.

Intézetünkben a fenti módszert több éve sikerrel alkalmazzuk részben fogaskerekek oldallapjain, részben könnyüfém csövek felületén előforduló repedések vizsgálatára.

Első esetben ^{32}P izotópot alkalmazunk 30 uCi/ml fajlagos aktivitásu Na_2HPO_4 oldat formájában. Az oldat 1% emulgeátort tartalmaz. A második esetben ^{35}S-öt használtunk 1%-os H_2SO_4 oldatban. A felületi feszültség csökken-

tése céljából ehhez is 1%-os emulgeátort adunk.Az autoradiogramokat ORWO K-1o5 stripping filmmel készitettük, amelyet tiszta, zsirtalan felületre helyeztünk rá.

Intézetünk müanyagkutató osztályán kristályos és amorf anyagokban vizsgáljuk a repedések keletkezésének és terjedésének kémiai és fizikai feltételeit, részben terhelés, részben termikus-oxidativ öregbités körülményei között.

Izotóplaboratóriumunk tanulmányozta ezzel kapcsolatban azon repedések autoradiográfiás detektálásának a lehetőségét is, amelyek nem stabilizált polipropilénben 14o°C-on keletkeznek. 4 órai hőkezelésig az autoradiogramok nem mutatják repedések megjelenését, 8 óra után azonban már finom hajszálrepedések figyelhetők meg. 16, 24 és 32 órás hőkezelés során a minták károsodása rohamosan fokozódik.

Ezekhez a vizsgálatokhoz is 1%-os H_2SO_4-et használtunk, o,3 ml-t cseppentve belőle a polirozott felületre /az oldat fajlagos aktivitása 2,2 mCi/ml volt/. 1o perc mulva a csepp maradékát megszáritottuk, s a minta felületét alkohollal lemostuk.

A müanyagmintákról készitett autoradiogramok felbontóképessége sokkal rosszabb, mint a fémekről készitetteké. Meg kell emliteni, hogy a müanyagok polirozása is jóval nehezebb feladat, mint a fémeké. A ^{35}S izotóp β-részecskéi /noha energiájuk igen kicsi, csupán o,169 MeV/ nem adszorbeálódnak a minta felső rétegében, mert a müanyag fajsulya legalább 6-szor, de gyakran többször kisebb, mint a fémeké. Igy a kép még igen finom szemcsés emulziók /mint pl. az ORWO K-1o6/ esetén sem lesz éles. Ennek ellenére a vizsgálataink bebizonyitották, hogy az autoradiográfiás technika alkalmazható a fenti célra.

Felhasználtuk a módszert a mechanikai terhelés hatására keletkezett repedések tanulmányozására is. Sikfelületü poliamid mintákat külső feszültség hatásának tettünk ki, majd 1%-os H_2SO_4-val aktiváltuk. A repedések jól kimutathatóak voltak, s az eredmények a radiogramon tartósan rögzitődtek. Bebizonyosodott ezzel, hogy az autoradiográfia nemcsak fémek, hanem müanyagok vizsgálatára is alkalmas. Gondot kell azonban forditani olyan izotópfajta kiválasztására, amely nem kárositja a vizsgálandó felületet.

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 1-2. szám

Az autoradiográfia alkalmazása müanyagok és festékbevonatok öregedésének és bomlásának vizsgálatára

ROTREKL, B.

Výzkumný Ústav Syntetickych Pryskyric a Laků, Pardubice

Az öregedés és a bomlás függ a felület homogenitásától. A különböző felületi polaritás lehetővé teszi a radioaktiv izotópok adszorpcióját és autoradiográfiás detektálását.

Применение метода авторадиографии для изучения процессов старения и деградации пластмасс и материалов покрытия
Ротрекл, Б.
Процессы старения и деградации зависят от состояния поверхностей. Поляризационные процессы использованы для абсорбирования радиоактивных изотопов и приготовления авторадиограмм.

Autoradiography applied to the investigation of aging and degradation of plastic and coating materials
Rotrekl, B.
Aging and degradation depend on the homogeneity of the surface. The different surface polarities make the adsorption of radioactive isotopes and the autoradiographic detection possible.

A radiográfiás módszerek alkalmazása fémek megmunkálási folyamatainak vizsgálatára széles körben ismert. Használják a szerkezet, az inhomogenitás és a korróziós jelenségek közötti kapcsolatok vizsgálatára is. A kémiai összetételben fennálló lényeges különbség ellenére az autoradiográfia igen hasznos segitséget nyujt hasonló kérdések vizsgálatában müanyagoknál és bevonatanyagoknál is.

Mind a korrózió, mind a müanyagok és lakkok öregedése idő előtti értékcsökkenéshez vezet, amely károkat okoz. E folyamatok okainak feltárása, illetve lassitása igy nagy gazdasági jelentőségü.

A müanyagok és lakkok felületi tulajdonságai számos külső és belső tényező hatására jönnek létre. Igy egyes hatások és összefüggések vizsgálata nem egyszerü feladat. A müanyagok és bevonatanyagok öregedése és bomlása az egész anyagban, különösen azonban a felületen, kémiai és fizikai változásokat idéz elő. A bomlás és öregedés gyakran a felületi tulajdonságok megváltozásával kezdődik, s ez váltja ki az anyag belsejének további lebomlását.

A felületi sajátságok elsősorban a felületi energiában nyilvánulnak meg, amelyet főleg az anyag szerkezete és összetétele határoz meg. Maga a felületi energia különböző kémiai és fizikai természetü felületi erők vagy kombinációjuk hatásának az eredménye.

A felületi energia nem szükségszerüen homogén az egész felületen. Befolyással van rá az egyes komponensek, illetve adalékanyagok homogenitása, a megmunkálási és keményedési viszonyok, a belső feszültségek és a környezet is. A felületek ionadszorbeáló képessége az öregedés és bomlás során változik. E változás okainak felismerése nyomán beavatkozhatunk számos olyan folyamatba, amely anyagaink élettartamát meghatározza.

A felületi tulajdonságoknak az öregedés során bekövetkező változásában külső, atmoszférikus tényezők /levegőtisztaság, erózió, nedvesség, hőmérséklet, sugárzási viszonyok, stb./ is szerepet játszanak. Hatásuk azonban az anyag belső instabilitását is tükrözi.

Az öregedés folyamatát a homogenitás és az összetétel megváltozása is jelzi, amit főként egyes komponensek diffuziója, illetve részecskék vándorlása okoz. A lebomlásért elsősorban a belső feszültség a felelős, amit müanyagoknál főként a makromolekulaláncok inhomogenitása okoz. Bevonatanyagoknál az ok inkább a zsugorodás és a tapadás ellentétes jellegü hatása. Ez a hatás repedezésben, felválásban nyilvánul meg.

A feszültségek - fontos szerepük miatt - alapos vizsgálatok tárgyát képezik. Az elektronmikroszkóp a mikrorepedések kimutatására alkalmas, de vizsgálható vele a feszültségek iránya és eloszlása is.

A nyomjelző módszerek kétféle vizsgálati módot tesznek lehetővé. A felület radioaktiv ionokat adszorbeáló képessége a felületi paraméterekről nyujt felvilágositást. Nyomjelzett adalékanyagok használata révén eloszlásuk homogenitását, valamint az öregedés során végbemenő vándorlásukat vizsgálhatjuk. Mindkét esetben alkalmas detektálási módszer az autoradiográfia, amely esetleg aktiválásos analizissel is kombinálható. A felületek inhomogén polarizáltsága az inhomogén adszorpcióképesség segitségével kimutatható, s főleg szintelen, átlátszó müanyagok - polimetil-metakrilát, polisztirol, polikarbonát - belső feszültségének vizsgálatára alkalmas.

A belső feszültséget a makromolekulaláncok kötéseinek fokozatos szakadása okozza, miközben szabad gyökök képződnek. Már ez a változás is növeli a szorpciós képességet, és helyi eloszlása autoradiográfiásan detektálható.

Ha a felület adszorpciós képessége kicsi, ugy aktiv csoportokat /-OH, $-SO_3H$/ vihetünk rá, s ezekhez kapcsoljuk a nyomjelzett ionokat.

Az öregedési és lebomlási folyamatok autoradiográfiás vizsgálata nem könnyü feladat. A modellkisérleteket számos, az adszorpciót zavaró tényező befolyásolja.

A következő tipusu vizsgálatokat végeztük:

1. üveglapra bevonatot vittünk fel, és 25°C-on, különböző relativ páratartalom mellett szárítottuk. Száradás után 1 perccel 5%-os $SrCl_2$ oldatba mártottuk, amelynek $^{90}Sr + ^{90}Y$ tartalma 20 uCi/ml fajlagos aktivitásu volt. A mintát vizzel öblitettük, szárítottuk, védőlakkal vontuk be, majd ORWO AF3 filmmel autoradiografáltuk.

2. Müanyagot /pl. telitetlen poliésztergyantát/ különböző körülmények között keményitettük. A továbbiakban az 1.-ben leirtak szerint jártunk el.

3. Inhomogenitások és öregedések marhatóságát kénsavval vagy 10:1 arányu H_2SO_4-H_3PO_4 keverékkel vizsgáltuk poliésztergyantákon és polisztirolon. Ahhoz, hogy valódi felületi jelenségeket észleljünk, rövid marási és adszorpciós időt kellett választani. A kismértékü adszorpció, különösen ^{35}S és ^{32}P esetében, megnövelte az expoziciós időt, de igy is alulexponált radiogramokat eredményezett. Ezt a hibát a Herrmann, W., Schumpelt, W. és Trentler, H. /Isotopenpraxis, 5/1969/356/ által kidolgozott erősitési eljárással kivánjuk korrigálni.

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 1-2. szám

Az autoradiográfia alkalmazása diffuziós folyamatok vizsgálatára

LUTZE-BIRK, A.

Institut Badan Jadrowich Zaklad XX., Swierk k/Otwocka

Szemcsehatár-diffuzió. Ón diffuziója bronzban. Ferde metszettel készitett autoradiogramok. A rács- és a szemcsehatár-diffuzió együtthatói néhány bronztipusnál

Применение авторадиографии для изучения процессов диффузии
Луце-Бирк, А.
Диффузия на границе зерен. Диффузия олова в бронзе. Метод косого среза. Константы диффузии на границе зерен и решетки в бронзах различного типа.

On the use of autoradiography for the investigation of diffusion processes
Lutze-Birk, A.
Grain boundary diffusion. Diffusion of tin in bronze. Autoradiograms made on a slanting cut surface of the samples. Coefficients for lattice and grain-boundary diffusion.

Az autoradiográfia alkalmazhatósága diffuziós folyamatok vizsgálatára, elsősorban diffuzióállandó meghatározására, mintegy 195o óta ismert. A diffuzióállandó meghatározása a diffundáló elem diffuzió irányába eső koncentrációeloszlásának ismeretén alapszik, és ez az autoradiogramból kiolvasható adat.

A módszer alkalmazhatósága két feltételhez van kötve:

1. A film feketedése legyen arányos a minta aktivitásával:

$$S = \text{konst.} I. \qquad /1/$$

2. A feketedést csak olyan béta- /illetve alfa-/ részecskék okozhatják, amelyek a minta felületéről származnak. Ez esetben az aktivitás a nyomjelző atomfajta felületi koncentrációjával arányos:

$$I = \text{konst.} c. \qquad /2/$$

E feltételek csak közelitően teljesülnek, és ez korlátozza a pontosságot. A feketedés és az aktivitás arányosságát ritkán vizsgálják. Erre csak igen kis energiáju részecskét sugárzó izotópok alkalmasak. A mélyebb rétegekből eredő sugárzás korrekciója igen bonyolult.

Ha az /1/ és /2/ egyenlet teljesül, ugy igaz, hogy

$$S = \text{konst.} c. \qquad /3/$$

Ha a feketedést a behatolási mélység függvényében vizsgáljuk, a következő összefüggések egyikét használhatjuk a diffuzióállandó számitására végtelen diffuziós forrás esetén:

$$C_{x,t} = 1/2\ C_o \cdot \operatorname{erfc}\left(\frac{X}{\sqrt{Dt}}\right), \qquad /4/$$

véges diffuziós forrás esetén:

$$C_{x,t} = \frac{\text{konst.}}{\sqrt{\pi . Dt}} \cdot \exp\left(-\frac{X^2}{4Dt}\right), \qquad /5/$$

D - diffuzióállandó /$cm^2.s^{-1}$/,
t - diffuziós idő,
X - diffuziós ut.

Leggyakrabban a vékony diffuziós forrásokat alkalmazzák kisérletileg és az /5/ egyenletet használják.

Ez esetben a $\log c = f\ /X^2/$ egyenes

meredeksége,

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{2{,}3 \cdot 4 \cdot Dt}, \qquad /6/$$

ahonnan D számitható.

Két folyamat /pl. rács- és szemcsehatár-diffuzió/ egyidejü jelenléte esetén a Fick II. egyenlet megoldásából /pl. Gruzin[1]/ szerint/ következik, hogy a diagram két, különböző meredekségü egyenesből tevődik össze.

Az autoradiográfia éppen azokban az esetekben is értékes segitséget nyujt, amikor a diffuzióállandó nem számitható, vagy a számitás nem vezet egyértelmü eredményhez, mint pl. több fázisu rendszereknél, zárórétegek vizsgálatánál, stb.

Diffuziómérés esetén az alkalmazott munkamódtól függően az autoradiográfiás módszer két variánsa lehetséges: a hosszmetszet és a ferde metszet módszere.

A hosszmetszet módszerének alkalmazása esetén egy vastag mintát nyomjelzett diffuziós forrással vonunk be, majd hevitjük. Ezután a mintán a diffuzió irányával megegyező siku metszetet készitünk, s erről autoradiogramot állitunk elő. Fotometrálással meghatározzuk a feketedés eloszlását a diffuzió irányában, majd az /5/ egyenletnek megfelelően számitjuk ki a diffuzióállandót. E módszer, amelyet elsőként Johnson[2] irt le 1949-ben, azóta néhány variánssal gazdagodott. Kuczyaski[3] pl. a felület közvetlen aktivitásmérését javasolja.

A módszer alkalmazását egy hátránya csak egykristályok és amorf anyagok esetére korlátozza. Ahhoz ugyanis, hogy a fotometrálásra alkalmas méretü autoradiogramot kapjunk, nagy diffuziós ut szükséges, s ez hosszu hevitési időt kiván. Polikristályos anyag esetén a Fischer[4] által megszabott határfeltételt, amely szerint

$$b \geq 2 \cdot \sqrt{Dt} \qquad /7/$$

/b = 1/2 szemcsátmérő/,

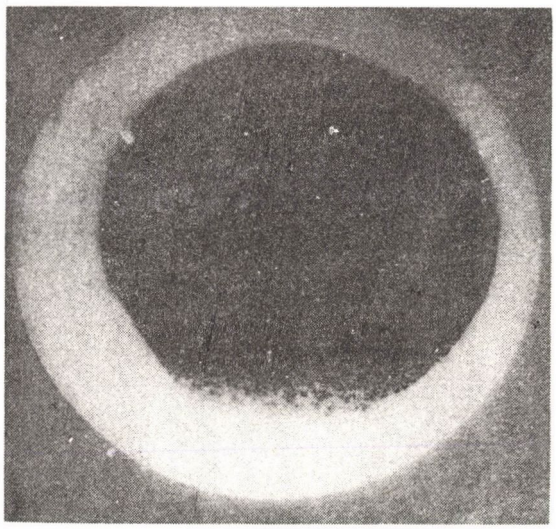
könnyen tulléphetjük, s ez lehetetlenné teszi az eredmények értelmezését.

A ferdemetszet-módszer azon alapszik, hogy a vizsgálandó felületet kisszögü /2°-1o'/ metszéssel készitjük el. Alkalmazása kényelmesebb, mint a hosszmetszeté. A behatolási mélység lehet kicsi, mert a ferde metszéssel "felnagyitjuk" a hatást, igy tehát rövid hevitési időket alkalmazhatunk. A módszer polikristályos anyagok vizsgálatára is alkalmas, hiszen a /7/ egyenlet szerinti határfeltételek betarthatók. A metszet készitése azonban nem könnyü, és speciális eszközöket kiván. Bokstein[5] 6°-1' közötti szögü metszetek készitésére alkalmas berendezést készitett. Megadta a metszetkészités és mérés együttes hibáját is, amely szerinte kb. 25%. Ez a hiba más módszerekhez képest jó. A szeleteléses és abszorpciós módszerek hibája kb. 3o%, a lenyomatos módszeré 1o%. Bokstein számitásai azonban nem veszik figyelembe a mélyebb rétegekből jövő sugárzás hatását a pontosságra. E hatás annál nagyobb, minél kisebb a metszés szöge. E kérdést Leymonie és Lacombe[6] részletesen tárgyalja. Ugy találták, hogy a metszési szögnek a béta-részecske energiájához kell illeszkednie.

A ferdemetszet-módszer igen hasznos a fázishatárokon lévő koncentrációeloszlás, valamint vékony /kb. 1 μm/ zárórétegek környezetének vizsgálatára.

Intézetünk XX. osztályán több rétegből felépitett főtengelycsapágyak diffuziós folyamatainak vizsgálata kezdődött meg. A legfontosabb folyamat itt az Sn átvándorlása a háromkomponensü csuszórétegből az 1-2 μm vastag zárórétegen át a szinterbronz alapba. E munka első lépéseként megvizsgáltuk az Sn diffuziósebességét a különböző bronzfajtákban 15o-2oo^{o}C között, a ferdemetszet-módszer alkalmazásával.

Igen kis metszési szög, valamint nagy fajlagos aktivitás és hosszu expoziciós idő alkalmazásával a diffundáló elemnek a fémszerkezetben /pl. a szemcsehatárok környezetében/ történő eloszlását is leképezhetjük /3.ábra/.



3. ábra

Sn-diffuziójának autoradiográfiás képe bronzminta igen kis szögü csiszolatán

A feketedés változását a diffuzió irányában regisztráló mikrodenzitométerrel /Joyce and Löbl gyártmány/ határoztuk meg. A fotometrálás irányának megválasztása döntő jelentőségü. A fotometrálásnak két alapvariánsa:

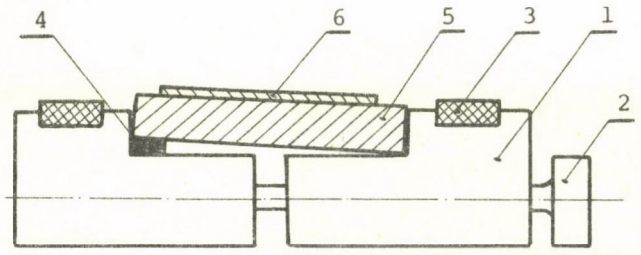
1. meghatározott távolságokon való fotometrálás a diffuzió irányára merőlegesen /Bokstein[5]/;
2. fotometrálás a diffuzió irányában.

Az első eljárás jó statisztikát eredményez, de nem ad folyamatos feketedési görbét. A mérési adatok magukba foglalják a diffuziós forrás közelében jelentkező zavaró jelenségeket is. E zavarokat Bokstein irta le[5].

A második módszer kis szögek esetén a szemcsehatárok környezetének zavarait tartalmazó, folyamatos feketedési görbét ad, a fotometrálás pályájának megfelelő kiválasztásával azonban ez a hiba elháritható. Többszöri fotometrálással megfelelő statisztikát kaphatunk.

Munkánk során a második eljárást alkalmaztuk. Külön tanulmányoztuk a résszélesség és az irószerkezet csillapodásának a feketedési görbére gyakorolt hatását. A 4. és 5. ábrákon tipikus feketedési görbék láthatók.

A bronzmintákat, alkalmas befogó berendezés segitségével, $\pm 1\,\mu m$ pontossággal azonos vastagságura csiszoltuk /1. ábra/.

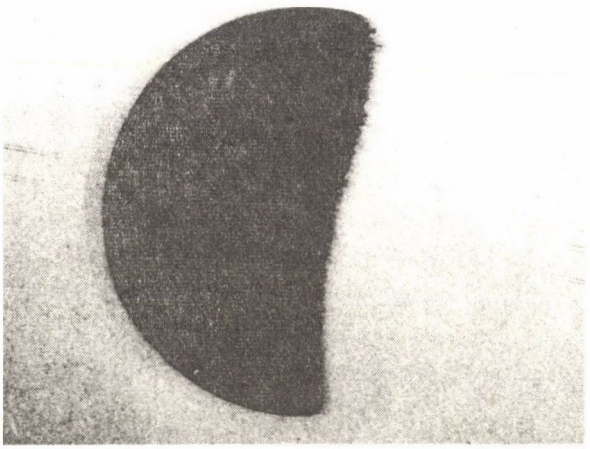


1. befogó pofa
2. rögzitő csavar
3. szinterkarbid betét
4. Cu-alátét
5. minta
6. diffuziós forrás

1. ábra

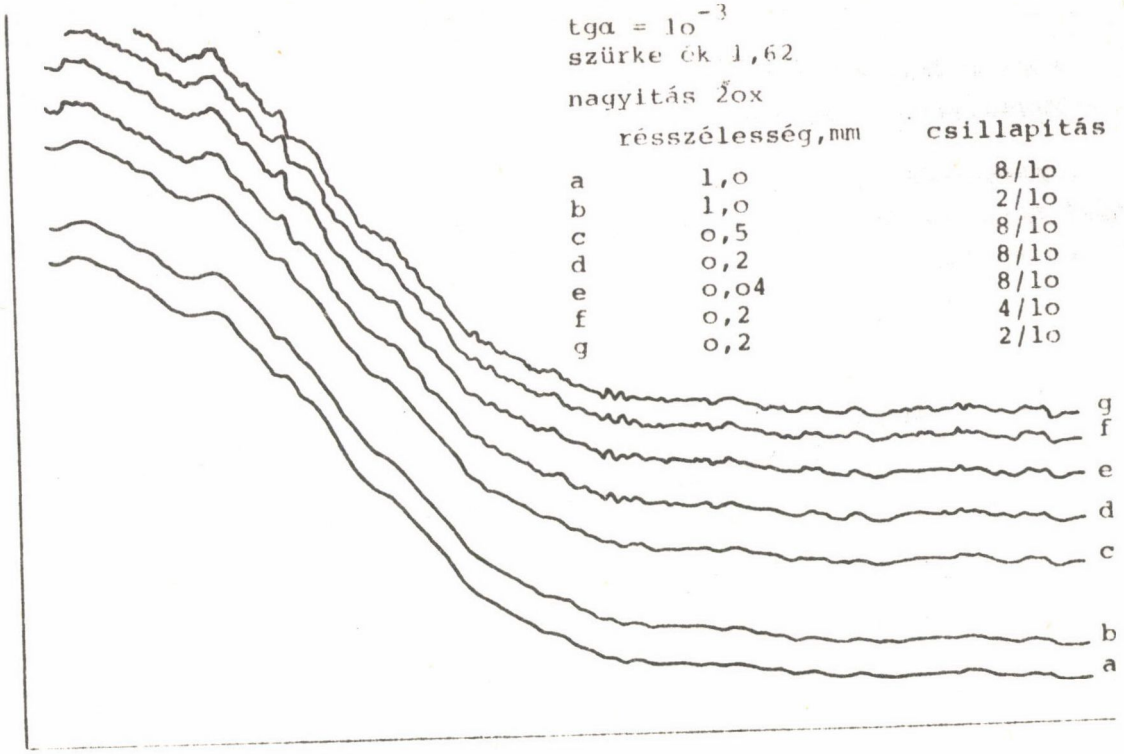
Befogó berendezés próbatestek csiszolásához

Az oldal befedése után a mintára vákuumban radioaktiv Sn-t párologtattunk. E célra ^{121}Sn és ^{113}Sn izotópot használtunk. Az ^{121}Sn, amely az izotópkeverék tulnyomó részét tartalmazza, o,383 MeV energiáju béta-részecskét sugároz, s ez igen alkalmas autoradiogram készitésére. Az ^{121}Sn izotóp rövid felezési ideje /27,5 h/ miatt rövid, 1-6 órás hevitési időket és igen kisszögü metszeteket alkalmaztunk. A metszési szög beállitása céljára a befogóba megfelelő rézalátéteket helyeztünk. 25 mm ϕ minta és 25, 5o, illetve $loo\,\mu m$ vastag alátét esetén a diffuziós ut képét looo, 5oo illetve 25o-szeresre tudtuk felnagyitani. Ez a technika lehetővé tette igen vékony záróretegek koncentrációviszonyainak a tanulmányozását is. A 2. ábra ilyen módon előkészitett minta autoradiogramját mutatja. A szükséges expoziciós idő 3-22 óra között változott.



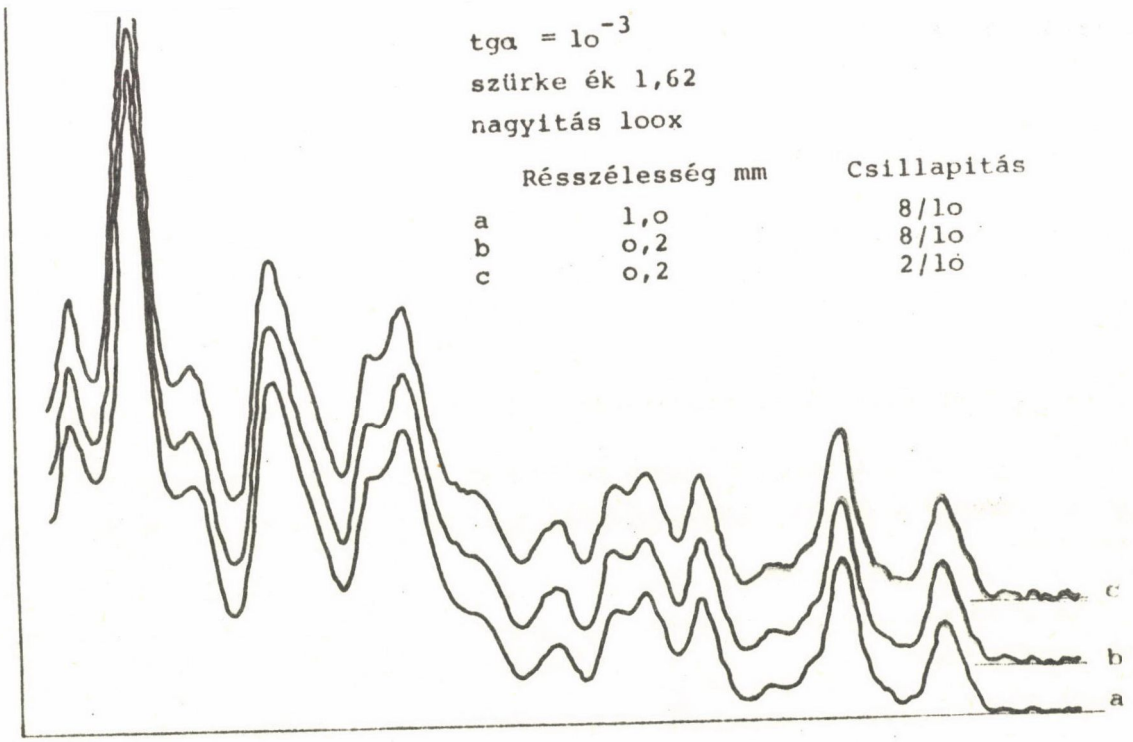
2. ábra

Sn-diffuziójának autoradiográfiás képe bronzminta ferde csiszolatán



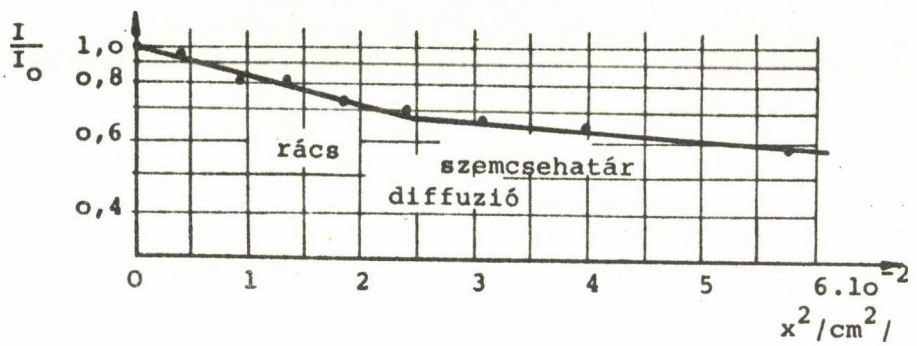
4-5. ábra

Diffuziós profilok feketedési görbéi



Az 5. ábra a szemcsehatárban és a rácstartományban lévő nyomjelző atomok koncentrációjának a viszonyát tünteti fel a diffuziós ut függvényében.

A feketedési görbének az /5/ és /6/ egyenletre alapuló értékelése lehetővé teszi az Sn rács- és szemcsehatár-diffuzió állandójának kiszámitását bronzra vonatkozóan /6. ábra/



6. ábra

$I/I_o = f/x^2/$ görbe diffuzióállandók számitása

Számitásaink az alábbi állandókat eredményezték:

"L" bronzok esetében 2oo°C-on $D_v = 2,4.1o^{-12}$ cm^2.s^{-1}
$D_k = 6,7.1o^{-12}$ cm^2.s^{-1}

"Y" bronzok esetében 2oo°C-on $D_v = 2,2.1o^{-12}$ cm^2.s^{-1}
$D_k = 8,2.1o^{-12}$ cm^2.s^{-1}

A módszer reprodukálhatóságának eldöntésére kisérletet végeztünk:

1. ugyanazon autoradiogramot különböző pályák mentén fotometráltuk;
2. ugyanazon próbatestről készült különböző autoradiogramokat fotometráltunk.

Az első esetben a D értékek reprodukálhatóságának ±1o%, második esetben ±2o% hibája volt.

Munkánkból adódó következtetések

1. A vizsgálati módszer kicsi /néha csupán néhány szögperc/ szögü metszetek esetén jól bevált. Lehetővé teszi rövid hevitési idők alkalmazását, ami rövid életü izotópok és apró szemcsés minták esetén igen fontos. A módszer vékony zárórétegek vizsgálatára is igen alkalmas.

2. A ferde metszetről készült autoradiogramokat a jó statisztika érdekében többször kell fotometrálni. Megfelelő körülmények betartása esetén a módszer lehetővé teszi a koncentráció-viszonyok kvantitativ meghatározását mind a rácsban, mind a szemcsehatár környezetében.

3. A jó reprodukálhatóság alapvető feltétele a feketedés és az aktivitás közötti arányosság. Ennek biztositására az expozició körülményének pontos standardizálása szükséges.

IRODALOM

1. Gruzin, P.L., Dokl. AN SzSzSzR, 86/1952/289
2. Johnson, I.R., J. Appl. Phys. 2o/1949/129
3. Kuczyáski, G.C., J. Appl. Phys. 19/1948/3o9
4. Fischer, J.C., J. Appl. Phys. 22/1951/74
5. Bokstein, S.Z. és mások - Isszledovanie sztroenija metalov metodom radioaktivnüh izotopov,Moszkva, 1o5-117.o.
6. Leymonie, C., Lacombe, P., Int. J. Appl. Rad. Isotopes 5/1959/175

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 1-2. szám

Oldékonyság meghatározása szilárd fázisban diffuzió mérésével

BARTHA L.,[x] VÁRADI Z.[xx]

[x]MTA Müszaki Fizikai Kutató Intézete

[xx]KLTE Fizikai-kémiai Intézete

Ezüst oldékonysága szilárd ónban. A diffuziós együttható koncentrációfüggése uj fázis fellépésekor megváltozik. A szilárd oldat fázishatárának meghatározása.

Определение растворимости серебра в твердом олове измерением диффузии
Барта, Л., Варади, З.
Концентрационная зависимость константа диффузии изменяется с появлением новой фазы. Определение фазовой границы твердого раствора.

Determination of solubility of silver in solid tin by diffusion measurements
Bartha, L., Váradi, Z.
Concentration dependence of the diffusion coefficient changes if a new phase developes. Determination of phase-boundary of the solid solution.

Az irodalomban igen kevés közlést találunk szilárd fázisu oldékonyság diffuziómérések segitségével való meghatározásáról annak ellenére, hogy Seith, W. és Keil, A.[1] már 1933-ban ilyen módon mért adatokkal egészitette ki az Ag-nak Pb-ban való oldékonyságára vonatkozó vezetőképességi adatokat. Ennek oka bizonyára abban keresendő, hogy a diffuziómérések igen munkaigényesek más mérőmódszerekhez képest, és a mérés hibái is aránylag nagyok.

Az Ag-nek szilárd Sn-ban való oldékonyságára vonatkozóan az irodalomban az adatok igen hiányosak és ellentmondóak[2]. Ezért, és a kicsi oldékonyság miatt az Sn - Ag rendszer fázisdiagramjában a szélső szilárdoldat fázishatára nincs is megadva.

Korábbi munkák[3,4] részletesen megvizsgálták 10^{-7}-o,1 közötti Ag tartalmu Sn - Ag ötvözetek homogenizálásának feltételeit, s ezen ismereteket felhasználva diffuziómérések segitségével határoztuk meg az Ag oldékonyságát, feltételezve azt, hogy a diffuzióállandó koncentrációtól való függése megváltozik egy uj fázis megjelenésekor. Radioaktiv nyomjelzős módszerekkel végzett diffuziómérések esetén igen kis mennyiségü radioaktiv anyagról nem kell feltételezni, hogy a diffuzió során felboritja a kialakult fázisegyensulyt, mégis az eredmény biztonságának fokozása érdekében 3 különböző atomfajta, az Sn, Ag és Tl diffuziójának viszonyait vizsgáltuk meg az oldékonyság meghatározására.

Johnson and Matthey gyártmányu 6 N tisztaságu Sn és Ag fémek bemért mennyiségeiből 10^{-4} torr vákuumban való összeolvasztással előötvözetet készitettünk, amelyet 220°C-on ugyancsak vákuumban hevitve homogenizáltunk. A koncentráció egyenletességéről a rud alaku minta több részletéből végzett elemzéssel győződtünk meg. Az előötvözetek vákuumolvasztásos további higitásával készitettünk a vizsgálatokhoz szükséges mintákat, amelyek Ag koncentrációi:

$3{,}3 \cdot 10^{-4}$ at %
$1{,}10 \cdot 10^{-3}$ at %
$5{,}45 \cdot 10^{-3}$ at %
$8{,}12 \cdot 10^{-3}$ at %
$1{,}09 \cdot 10^{-2}$ at %
$5{,}45 \cdot 10^{-2}$ at %
$5{,}45 \cdot 10^{-1}$ at %
1,09 at %

A 9 mm átmérőjü korong alaku próbatesteken a homogenizáló hevités után is csak a rácsban tételezhettünk fel egyenletes Ag-eloszlást. Korábbi megfigyeléseink szerint[5] ugyanis a szemcsehatárok egyensulyi Ag koncentrációja eltér a rácsétól, de az egyes határokban is azok orientációkülönbségétől függ. Tekintettel arra, hogy a próbatestekben az átlagos szemcseméret több mm volt, s ilyen esetben a határzónák térfogata csak igen kis töredéke a rácstérfogatnak, a határok által az átlagos koncentrációban okozott hibát elhanyagolhattuk. A próbatestkorongok egyik alaplapjára elektrolizissel 0,1-0,5 /um közötti vastagságu radioaktiv ^{110}Ag, ^{123}Sn, illetve ^{204}Tl réteget vittünk fel, s a mintákat vákuumban leforrasztott üvegcsövekben diffuziós hevitésnek tettük ki, 137-200°C közötti hőmérsékleten.

A diffuziómérést autoradiográfiás eljárással végeztük az általunk korábban kidolgozott ferdemetszet-módszerrel[6]. Az autoradiogramok fotometrálását Zeiss regisztráló spektrofotométerrel végeztük szemcsehatártól mentes szakaszokon, hogy a szemcsehatár-diffuzió zavaró hatását elháritsuk.

Az 1. ábrán a diffuzióállandók logaritmusait a próbatestek Ag koncentrációjának függvényében ábrázoltuk. A diffuziós izotermák két egyenes szakaszból állnak. Az irányváltozásuk helyén lévő koncentrációértéket tekintjük az oldékonyságnak az illető hőmérsékleten.

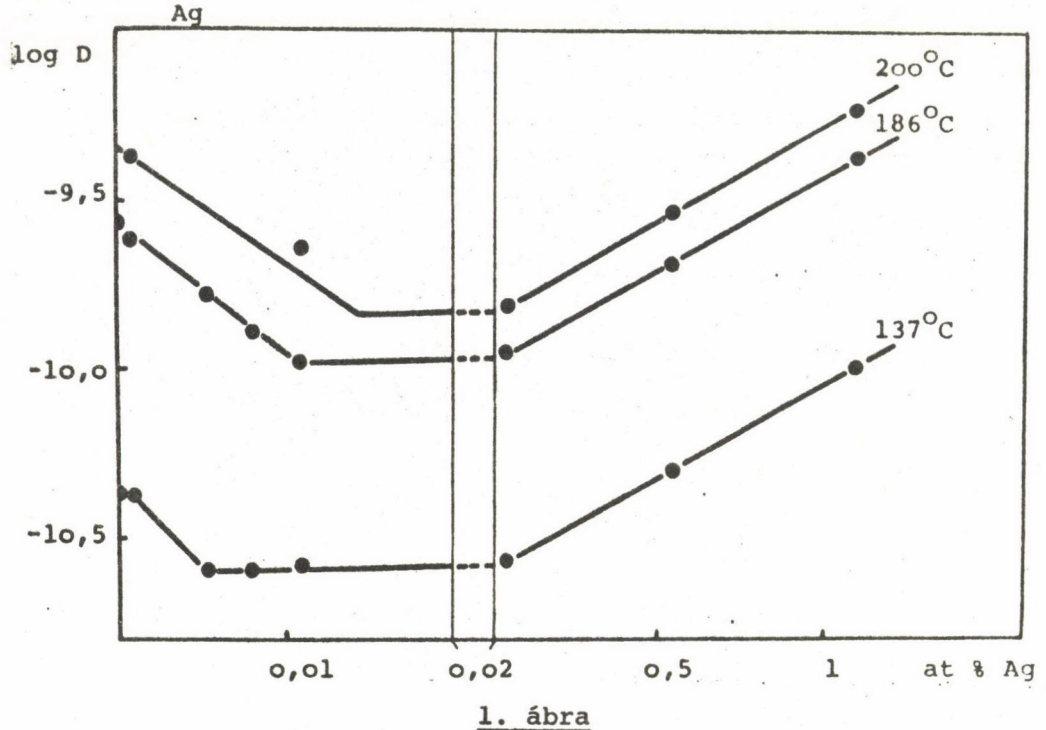
A töréspontig a rendszer egyfázisu. Az Sn-rácsban növekvő mennyiségü oldott idegen atom van jelen. Az oldékonyságot tulhaladva uj fázis jelenik meg az átlagkoncentrációval fokozódó mennyiségben, a fázisok összetétele azonban változatlan. Az uj fázisban a radioaktiv atom diffuziósebessége eltér a telitett szilárdoldatra jellemző sebességtől, s egy, a fázisok mennyiségének arányától függő effektiv diffuzióállandóval lesz leirható, amely

csak akkor tér el mérhetően a szilárdoldatétől, ha az uj fázis már kellő mennyiségben van jelen. Az effektiv diffuzióállandóhoz hozzájárul még a szemcsehatár-diffuzió, amely a kicsi idegenfázis-részek aránylag nagy felülete miatt juthat szerephez. Amig azonban az ötvözetek átlagkoncentrációjának növekedésével az uj fázis szerepe fokozódik, a szemcsehatár-diffuzió hatása visszaszorul. A kétfázisu rendszerben az eredő diffuzióállandó

$$D = D_{v_1} + n D_{v_2} + f \cdot D_{1,2}$$

m és n	- a két fázis mennyisége,
f	- a határok mennyisége,
D_{v_1} és D_{v_2}	- a rácsdiffuzió állandó az 1. és 2. fázisban,
$D_{1,2}$	- a szemcsehatár-diffuzió állandó az 1. és 2. fázisok közötti határokon.

A diffuzióállandó koncentrációfüggését kétfázisu rendszerben csak ugy határozhatjuk meg megbizhatóan, ha az uj fázis szerepe az eredő diffuzióállandóban már meghaladja diffuziómérés hibáját, azaz, közvetlenül a töréspont környezetében kisérletileg rosszul értelmezett. A töréspont csak tőle aránylag távoleső mérési pontokat felhasználó extrapoláció segitségével határozható meg. Hogy a mérési adatokat megfelelően ábrázolhassuk, az 1. ábrán a koncentrációtengelyt meg kellett szakitanunk, léptékét pedig megváltoztatnunk.



1. ábra

^{110}Ag diffuziója különböző összetételü Sn-Ag ötvözetekben

Tekintettel arra, hogy az egy- és kétfázisu szakaszokon az izotermák ágai lényegében párhuzamosan futnak, igy a diffuzióállandók hőmérsékletfüggését Arrhenius-tipusu egyenletekkel irhatjuk le. Az I. táblázatban az egyenletek állandóit foglaljuk össze. A táblázatból kiderül, hogy mostani méréseink adatai összhangban vannak azokkal a más módszerekkel végzett korábbi méréseinkkel, amelyek során ugyanezen anyagok diffuzióját tiszta Sn-ban meghatároztuk /6,7,8/.

I. táblázat

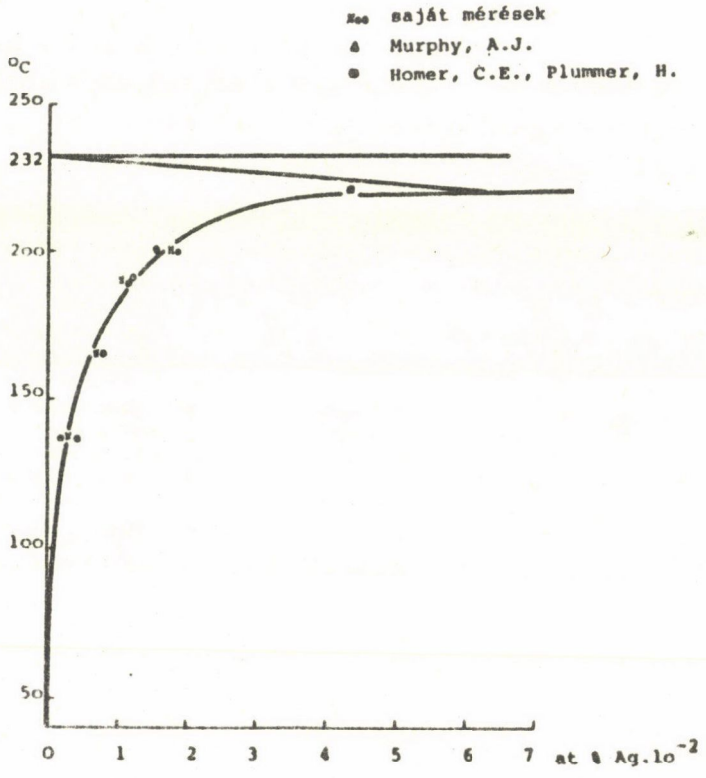
Sn - Ag ötvözetekben végbemenő rácsdiffuzió Arrhenius-egyenleteinek állandói

	Do $cm^2 . s^{-1}$		Q Kcal/gatom			
Diffundáló atomfajta	Ag		Sn		Tl	
Ag_{konc} %	Do	Q	Do	Q	Do	Q
0	$/1,18\pm o,18/.1o^{-4}$	$14.1\pm o,2$	$/2,9\pm o,1/1o^{-2}$	$19,4\pm o,1$	$/1,2o\pm o,o4/1o^{-3}$	$14,7\pm o,6$
$3,1o^{-4}$-$1.1o^{-2}$	$/1,2\pm o,2/1o^{-3}$	$14,o\pm o,2$	$/4,8\pm 2/1o^{-2}$	$18,7\pm 1$	$/3,o\pm o,5/1o^{-4}$	$13,o\pm o,2$
$1,1o^{-2}$- 1	$/2,3\pm 1/1o^{-5}$	$1o,4\pm o,2$	$/o,7\pm o,5/$	$2o,o\pm 2,2$	$/6,5\pm 3/1o^{-5}$	$12,o\pm o,1$

A diffuziós izotermák töréspontjainak felhasználásával megszerkesztett oldékonysági fázishatár-görbét a 2. ábra mutatja. A görbén irodalmi adatokat is feltüntettünk.

Vizsgálatainkkal igazoltuk a diffuziómérések alkalmazhatóságát oldékonyságvizsgálatokra, de egyuttal megállapitottuk, hogy éppen a diffuziómérésének hibalehetőségei miatt ilyen kicsi oldékonyságok vizsgálata esetén szignifikáns eredmények eléréséhez igen sok, - esetünkben pl. több száz - mérést kell elvégezni. Igy az a meggyőződésünk alakult ki, hogy az ilyen oldékonyságmérések csak igen speciális esetekben indokoltak, amikor más eljárások nem jöhetnek számitásba.

Esetünkben a mérések elvégzését elsősorban az indokolta, hogy a szemcsehatár-diffuzió idegenanyag-koncentráció függésének meghatározásához, il-



2. ábra

Az Sn-Ag szilárdoldat fázishatára

letve számításához szükséges rácsdiffuzió adatok birtokába kerüljünk. Ez a jelenség az irodalomban egy alig feltárt terület, noha véleményünk szerint jelentős szerepe lehet valamennyi szemcsehatár-diffuzió által irányitott folyamat szabályozásában.

IRODALOM

1. Seith, W., Keil, A., Z. phys. Chem. 22/1933/350
2. Hansen, M., Constitution of Binary Alloys, Mc Graw-Hill, New York 1958.
3. Millner T., Bartha L., Prohászka J., Z. Metallkunde 51/1960/639
4. Millner T., Bartha L., Prohászka J., Z. Metallkunde 54/1963/17
5. Bartha L., Acta Univ. Debr. /1965/79
6. Bartha L., Szalai T., J. Appl. Rad. Isotopes 20/1969/825
7. Bartha L., Z. Metallkunde 57/1966/482
8. Bartha L., Acta Univ. Debr. /1967/119
9. Murphy, A.J., J. Int. Metals 35/1926/107
10. Homer, C.F., Plummer, H., J. Inst. Metals 64/1939/169

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 1-2. szám

A szilicium planárdiffuziós folyamatainak autoradiográfiás és röntgen-topográfiás vizsgálata

BEREZNAI T., STEFÁNIAY V.

EIVRT Fényforráskutatási Főosztály, Alapanyagvizsgálat, Budapest

A jellemző szennyezettségi koncentráció profiljának meghatározása. A kristályhibákra és szennyezési inhomogenitásokra vonatkozó adatok.

Авторадиография и рентгеновская топография кремния
Березнаи, Л., Штефаниаи, В.
Метод определения профиля концентраций ,характеризующего диффузионный процесс. Нахождение кристаллических дефектов и распределения легирующих элементов.

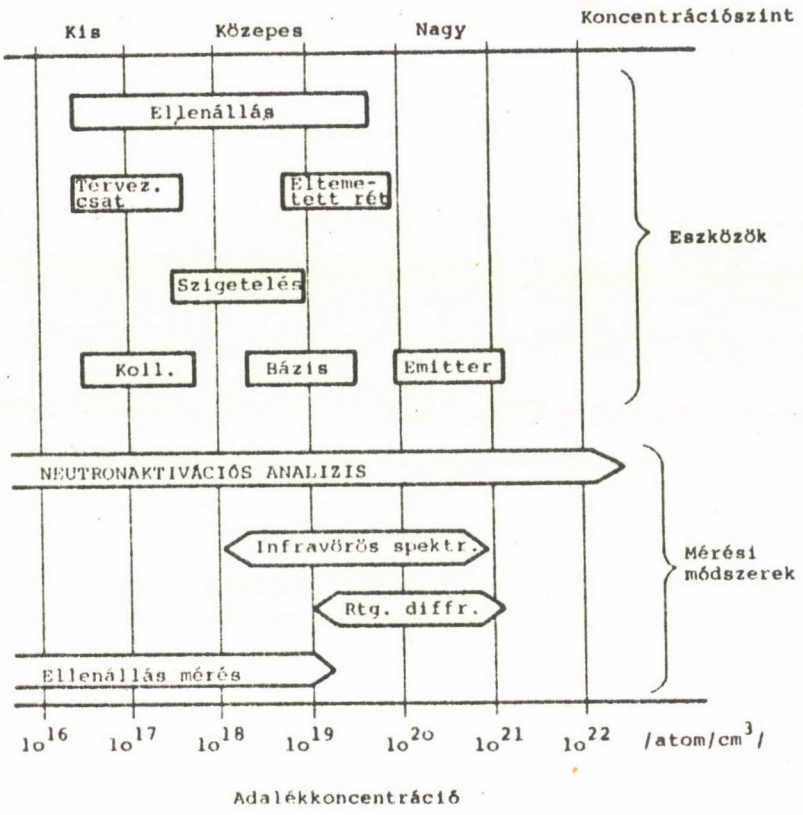
Autoradiography and X-ray topography of silicon planar devices
Bereznai, T., Stefániay, V.
Determination of the characteristic impurity concentration profiles. Data for crystalline defects and impurity inhomogenities.

Az alapanyagok minősitése igen fontos az egykristályokat alkalmazó müszaki gyakorlatban[1]. A kémiai tisztaság azonban az egykristály-félvezetőnek csak egyik jellemzője. Az anyag általános minősitéséhez szükséges a különféle szerkezeti tulajdonságok, mint pl. a kristályhibák megadása, és természetesen számos elektromos tulajdonság meghatározása, valamint az adalékanyagok koncentrációjának, eloszlásának és az egyes technológiai folyamatok során mutatott viselkedésének vizsgálata is.

Az itt ismertetendő előzetes vizsgálatainkkal szeretnénk felhivni a figyelmet azokra a lehetőségekre, amelyeket az autoradiográfia és a röntgentopográfia külön-külön és együttesen nyujtani tud - esetünkben a szilicium anyagi és technológiai tulajdonságainak jobb megismeréséhez.

Mindkét módszer lényegében "mikrotérképészeti" eljárás. Mivel azonban nem ugyanazon jellemzőit szolgáltatják a vizsgált anyagnak, igen hasznosan egészitik ki egymást.

Az autoradiográfiás vizsgálatokat a szilicium igen kedvező nukleáris tulajdonságai révén /kis neutronbefogási hatáskeresztmetszet és rövid felezési idő/ a vizsgálandó minta neutronokkal való besugárzása, vagyis a szennyezők aktiválásos analitikai meghatározása után végezhetjük[2-5]. Az autoradiográfia felbontóképessége ugyan a szennyezők anyagi minőségére nézve nem számottevő, de felvilágositással szolgál a szennyezők, illetve az adalékanyagok felületi eloszlásáról.



1. ábra

A félvezető eszközök kémiai analiziséhez alkalmazott vizsgálati módszerek

A rontgentopográfia a rácsparaméterek megváltozásából következtet az idegenanyagok koncentrációjára és a különböző rácshibákra.

Az emlitett analitikai módszerek és a félvezető-technológiában gyakran alkalmazott fajlagosellenállás-mérésen alapuló szennyezőkoncentráció meghatározási eljárás teljesitőképességét, valamint a technológiai "igényeket" az 1. ábrán hasonlitottuk össze[6].

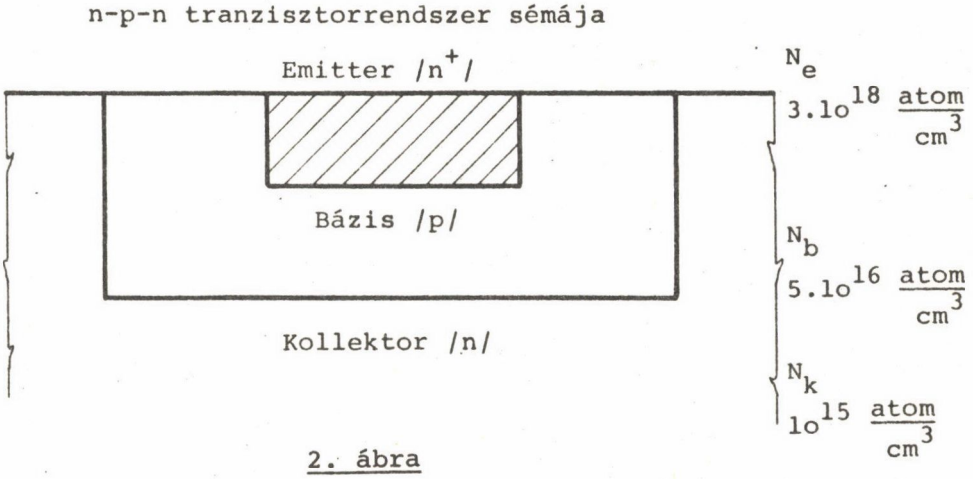
Vizsgálatainkat a szilicium-planártechnológia különböző stádiumában lévő félkésztermékeken végeztük. A mintákat a felületi szennyeződések eltávolitása után a reaktor egyik termikus csatornájában 27 órán át besugároztuk. Ez a besugárzási idő általában elégséges ahhoz, hogy az összes fontosabb szennyező elegendő mértékben felaktiválódjon, ugyanakkor a

$$^{30}Si \xrightarrow{(n,\gamma)} {}^{31}Si \xrightarrow{\beta^-} {}^{31}P \xrightarrow{(n,\gamma)} {}^{32}P$$

magfolyamatban képződő ^{32}P zavaró hatása sem az előforduló foszfor-koncentráció értékek meghatározásánál,sem pedig az autoradiográfiás felvételek-

nél nem számottevő. Az autoradiográfiás felvételeket kb. 15 nap hütés után végeztük, amikor a rövidebb élettartamu szennyezők lebomlanak, és gyakorlatilag csak a foszfor radioaktivitása volt mérhető. Kisebb aktivitásu minták esetében nagyobb érzékenységü fotolemezeket /Gevaert Scientia 23D5o és Ilford L-4/ és kontakt eljárást alkalmaztunk. Az igy kapott autoradiogramok felbontása a felfekvés tökéletlensége és a vastag emulziós réteg miatt általában elégtelennek bizonyult a félvezetőtechnikában. Kielégitő felbontást kaptunk azonban Kodak AR lo stripping filmmel, bár a szükséges aktivitás ez esetben 2-3 nagyságrenddel nagyobb; mintegy lo^8-lo^9 emittált béta-részecske cm^2-ként.

A legáltalánosabban használt n-p-n planártranzisztor felépitésének vázlata a 2. ábrán látható.



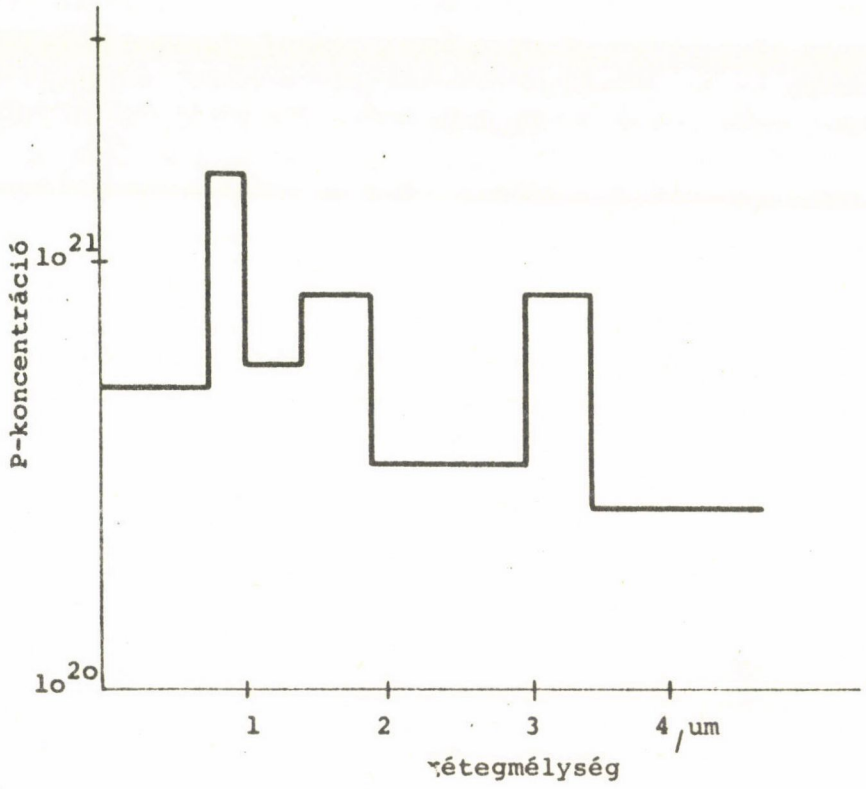
2. ábra

Planártranzisztor felépitési sémája

N_e, N_b és N_k az egyes rétegek szennyezőanyagkoncentrációját jelentik. E szennyező vagy más néven doppolóanyagokat itt nem részletezhető speciális diffuziós eljárással a nyillal jelzett irányból juttatják rendeltetési helyükre. Mind a gyártási technológia ellenőrzése, mind pedig a tranzisztor müködési mechanizmusának megismerése megkivánja a diffundáltatott anyag koncentrációprofiljának meghatározását. Ugyancsak fontos feladat az un. parazita diffuziós helyek és a szennyező anyagok egyéb nem kivánt feldusulásának kimutatása is.

A koncentrációprofil meghatározására olymódon tettünk kisérletet, hogy a kristály felületét és vele együtt az emitter réteget még besugárzás előtt lépcsőzetesen lemarattuk. A lemezről készült autoradiogramon jól megfigyelhető volt a foszfor mennyiségének változása, és a mért feketedés értékek alapján meghatározhatónak tünt a koncentrációeloszlás. Bár a lemez foszfor-

tartalma és a rétegvastagságok ismeretében készült eloszlási grafikonon /3. ábra/ jelentősebb ingadozások figyelhetők meg, az mindenesetre igy is megállapitható, hogy a kisérleti hibák határain belül az emitterrétegben a foszfor-koncentráció egyenletes.

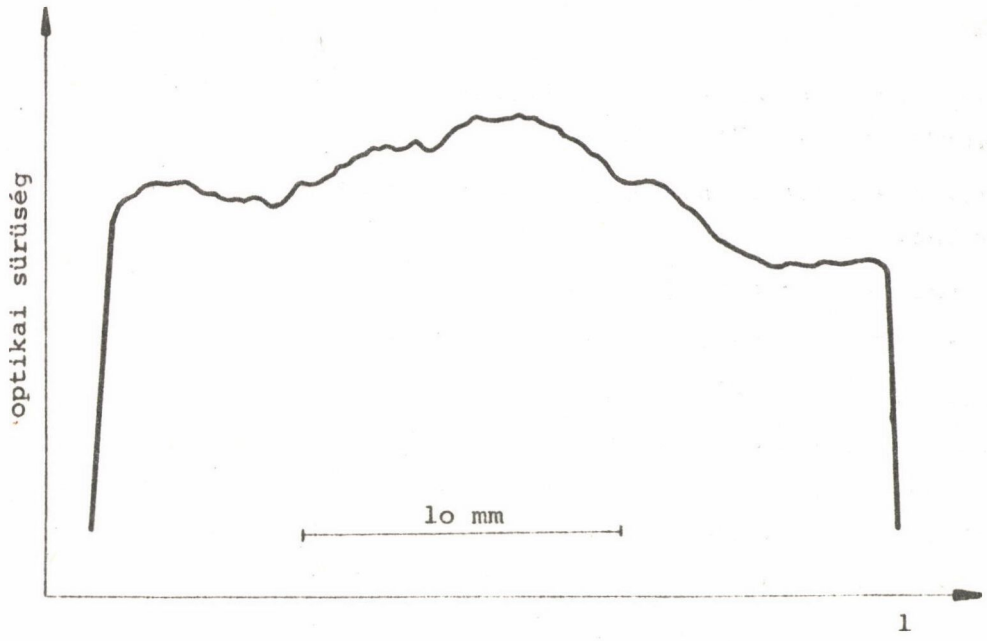


3. ábra

P-koncentráció eloszlása félvezető-rétegben

A röntgendiffrakciós koncentrációmeghatározás alapja a szilicium kristályrácsában az adalékatomok eltérő atomsugara következtében fellépő térfogatváltozás, amellyel egyidejüleg a rácsparaméterek is módosulnak. Eddigi eredményeink szerint a helyi foszfor-koncentrációra kapott röntgendiffrakciós értékek ugyan valamivel nagyobbak az aktiválásos analizisek eredményeinél, de figyelembe véve a kisérleti hibákat, az egyezés elfogadhatónak mondható.

Rátérve a foszfor felületi eloszlásának autoradiográfiás meghatározására, vizsgálataink szerint nagyobb /2o-3o mm/ átmérőjü lemez esetében már jelentős ingadozások észlelhetők /4. ábra/, és egyes esetekben különösen a peremek mentén észlelhetők erős feldusulások. Megjegyezzük, hogy kvantitativ autoradiográfiás felvételekkel az esetleges idegen szennyezőanyagok azonositása is lehetséges[7-1o].



4. ábra

Szilicium-lemez autoradiogramjának fotometriás kiértékelése

A szilicium-kristály felületi hibahelyeinek igen szemléletes képét adja a röntgentopográfia.A különböző reflexiós szögek alatt felvett képekkel lehetőség nyilik külön-külön az alapkristály és a diffundáltatott, azaz a megváltozott rácsparaméterü térfogatok tanulmányozására. Ilyen felvételekkel meg lehetett állapitani, hogy az emittertérfogatot erős rugalmas feszültség övezi. A diffundált részekről diszlokációk indulnak ki. Különösen a sarokpontok kedveznek a diszlokációk keletkezésének. Arra a kérdésre, hogy az adalékanyag /esetünkben a foszfor/ felhalmozódik-e a rácshibák mentén, autoradiográfiás vizsgálataink szerint negativ válasz adódott. Lépcsős maratások révén megállapitható volt az is, hogy az emitternél a található diszlokációk meglehetősen mélyen /5-lo/um/ benyulnak az alapkristályba.

Összefoglalás:

Az ismertetett anyagvizsgálati módszerek mind az alapanyagok minősitésére, mind pedig a félvezető-technológiában használatos diffuziós folyamatok vizsgálatára alkalmazhatók. Mindkét módszer nagy előnye, hogy roncsolásmentes, és igy lehetőséget nyujt egyéb elektromos paraméterek egyidejü meghatározására is. További jelentősége e módszereknek, hogy a mindössze 1 x 1 mm^2 /vagy még kisebb/ felületü félvezető-eszközökről, illetve felületi részleteikről elég jófelbontásu képet adnak, szemben a többi nagyérzékenységü módszerrel, amely általában az egész mintára vonatkozó átlagértéket szolgáltat.

IRODALOM

1. Kane, P.F., Larrabee, G.B., Characterization of Semiconductor Materials, McGraw Hill, New York, 197o

2. Cali, J.P., Trace Analysis of Semiconductor Materials, Pergamon Press, New York, 1964

3. Gebauhr, W., Martin, J., Haas, E., Z.anal.Chem. 2oo/1964/266

4. Bogáncs J., Quittner P., Szabó E., M. Kém. F. 73/1967/346

5. Hoste, J., De Soete, D., Z.Anal.Chem. 245/1969/221

6. Wang, P., X-Ray Measuring Technique for In-Process Control for Bulk Structural Defects in Silicon, 1st Symp. Mfg. In Process Control Meas. Techn. Semiconductor. Techn.Phen. Abstr. 1966. 1 pp. 15-1/33

7. Gebauhr, W., Z.Anal.Chem. 245/1969/2o9

8. Martin, J., Siemens-Zeitschrift 43/1969/18o

9. Matteoli, L., Logi, P., An Improved Method of Quantitative Autoradiography for Industrial Purposes, EUR 3173.e 1966

1o. Logi, P., Vanossi, A., An Introduction to Quantitative Autoradiography, EUR 3495.e 1967

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 1-2. szám

A bór eloszlásának autoradiográfiás vizsgálata 18 - 8 tipusu acélban

FIRGANEK, H.

Institut Metalurgii Zelaza, Gliwice

A bóreloszlás vizsgálata $^{10}B/n,\alpha/^{7}Li$ reakcióval. Az expozició és az előhivás optimális feltételei. A bórtartalmu fázis meghatározása metallográfiai metszetekkel.

Изучение распределения бора в сталях 18-8 типа авторадиографией
Фирганек, Х.
Определение распределения бора с помощью реакции $^{10}B(n,\alpha)^{7}Li$. Оптимальные условия экспозиции и проявления. Определение фаза содержащего бора металлографическими шлифовками.

Autoradiographic determination of boron distribution in 18-8 type steel
Firganek, H.
Determination of boron distribution by the reaction $^{10}B/n,\alpha/^{7}Li$. The optimal conditions of exposition and development. Determination of boron containing phase using metallographic sections.

A B-tartalmu acélfajták közül fontosságukban a rozsdamentes acélok emelkednek ki. Megállapitották, hogy a bór jelenléte kedvezően hat az acél creep-tulajdonságaira és a szemcseközi korrózióra. Optimálisnak a o,oo6-o,o1% közötti B-tartalmat találták. A kicsiny B-tartalom miatt annak eloszlása az anyagban, egyes fázisokhoz kötöttsége, a hőkezelés és mechanikai alakitás során bekövetkező helyváltozása csak autoradiográfiával vizsgálható. E munkában egy a bór eloszlásának vizsgálatára alkalmas eljárást irunk le, s bemutatjuk alkalmazhatóságát a 18 - 8 tipusu acél példáján.

Az eljárás magreakciót alkalmaz autoradiográfiára, ezért különösen olyan atomfajták eloszlásának vizsgálatára alkalmas, amelyeknek nincs megfelelő hosszu életü radioaktiv izotópja.

Az eljárás során magreakciót idézünk elő a próbatestben például neutronbesugárzással /primer sugárzás/, és a reakció eredményeként keletkezett szekunder sugárzást detektáljuk autoradiográfiával. A detektálás tehát a minta besugárzásával egyidőben történik.

Az eljárás alkalmazhatóságának feltételei:

- a primer sugárzás és a vizsgálandó elem atomja között a reakció valószinüsége legyen sokkal nagyobb, mint a többi atomfajtáé;

- a primer sugárzás hatása az autoradiográfiás emulzióra minél kisebb legyen;
- a reakció során keletkező szekunder sugárzás legyen jól regisztrálható az emulzióval.

B-tartalmu minta esetén ezek a feltételek jól betarthatók az alábbi magreakció segitségével

$$_5B^{10} + _0n^1 \rightleftharpoons _3Li^7 + _2\alpha^4$$

A megfelelő bór-izotóp aránya természetes elegyben 18,8%. A hatáskeresztmetszet 384o barn, tehát jóval nagyobb, mint az acél más komponenseié. A keletkező α-részecske autoradiográfiásan igen jól detektálható.

Munkánk során 1% és o,oo4% B-tartalmu acélokat vizsgáltunk. Előbbit laboratóriumban állitottuk elő, utóbbi üzemi minta. A bór-eloszlást öntött, képlékenyen alakitott és hőkezelt mintákon vizsgáltuk.

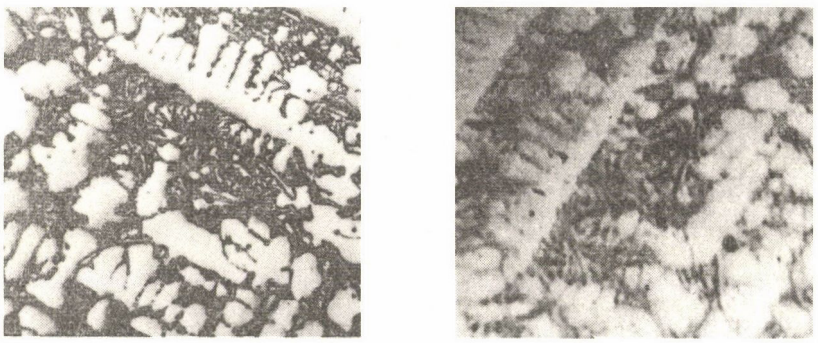
A polirozott mintákat ORWO K-lo2 emulzióval fedtük be, fényzáró polietilén tokba tettük, amelyet 1 cm vastag Pb-réteggel vettünk körül. A háttér vizsgálatához emulziócsikokat is tettünk a dobozba. A próbákat az "EWA" reaktorban sugároztuk be lo^{11}-4,2.lo^{12} n/cm^2.s fluxusnál, lo, 5 és o,5 percig. A kisérő γ-sugárzás háttere lo^4-lo^7 R/h volt.

Besugárzás után 2o-4o perccel az emulziót levettük a próbatestekről, és 24 óra mulva előhivtuk. Az előhivási folyamat során az emulziót két szürőpapirréteg között tartottuk, majd üveglemezre vittük föl, és igy végeztük a mikroszkópos kiértékelést. Legjobb képminőséget 5 perces besugárzással, 1:3 arányban higitott 18°C-os előhivóval kaptunk.

Az autoradiogramok mikroszkópos vizsgálatával párhuzamosan a minták metallográfiás csiszolatait is vizsgáltuk.

A vizsgálatok eredményei az ábrákon láthatók.

a/ 1% B-tartalmu acélöntvény /H 19 N9M acél/

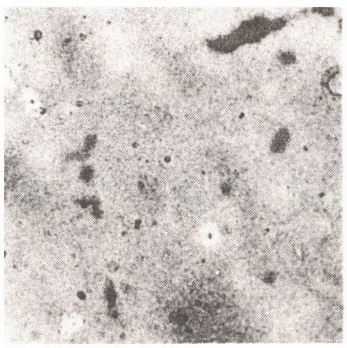


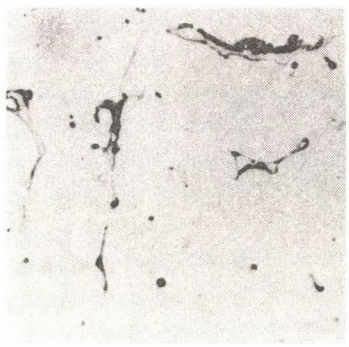
1/a,b ábra

3oo kg-os öntecsből vett mintadarab csiszolata és autoradiogramja
N: 45ox

A bór a vasdendriteket körülvevő eutektikumban található. A két kép szerkezete teljes azonosságot mutat. Az irodalomból ismert, hogy ilyen esetben Fe-Fe_2B eutektikum keletkezik, ha a B-tartalom o,ol% fölé dusul.

b/ o,oo4% B-tartalmu acélöntvény /OH 18 N9 acél/



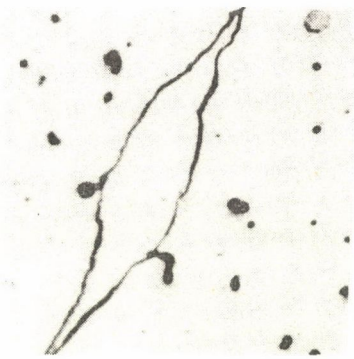


2/a,b ábra

6oo kg-os öntvényből vett mintadarab csiszolata és autoradiogramja
N: 45ox

B-tartalom az α -és γ-fázisok határán, továbbá gömböcskék formájában ausztenitszemcsék belsejében figyelhető meg. Feltehető, hogy a B-tartalmu kiválások a bór és karbid által létrehozott bonyolult vegyületek.

Az anyag kovácsolás után ausztenitszerkezetet mutat, nagyméretü szemcsékkel, amelyek határai jól marhatók. Az autoradiogramok azt bizonyitják, hogy a bór ezeken a jól marható helyeken dusul fel.





3/a,b ábra

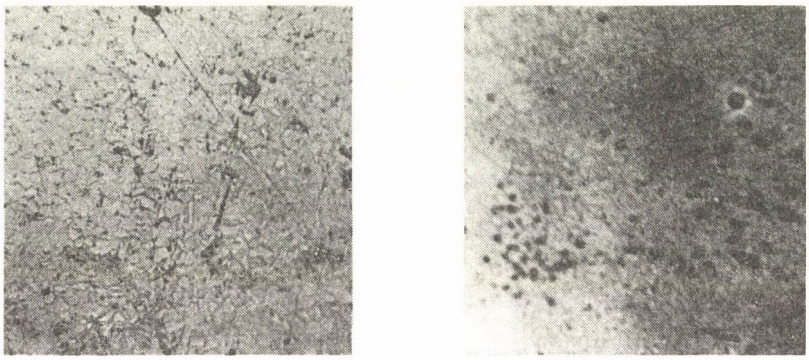
Jellegzetes maratási kép

csiszolat autoradiogram

N: 25ox

c/ o,oo5% B-tartalmu acél /1 H 18 NloT acél/

Az anyagot lo5o°C-on tultelitettük, majd 65o°C-on loo órán át hevitettük. Finomszemcsés ausztenitszerkezetet kaptunk. A szemcséken belül a titán-nitrid-karbidra jellemző kiválásokat találtunk, mig a határokon $M_{23}C_6$ tipusu karbidot.



4/a,b ábra

Jellegzetes matellográfiás kép

csiszolat — autoradiogram

N: 45ox

A mintában a bór egyenetlenül eloszlott pontok formájában található, nem éles határokkal. A bór eloszlása összefüggésbe hozható a karbidkiválások eloszlásával. A B-tartalmu pontok méretkülönbsége a karbidszemcsék méretével magyarázható. A nem éles határok oka többek között igen apró szemcsék átfedése lehet.

Munkánk során bebizonyosodott, hogy az eljárás alkalmas a bór-eloszlás vizsgálatára acélokban, s hasznos információkat eredményez.

Dusitott ^{1o}B-tartalmu bór alkalmazásával a vizsgálati érzékenység tovább fokozható.

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 1-2. szám

Diffuziós kettősréteg képződése csatorna-elektrolizátorban

STVERAK, B., STÉPÁN,O.[x]
ROUSAR, J., HOSTOMSKY, V., CEZNER, V.[xx]

[x]Ustav pro Výzkum, Výrobu a Vyuziti Radioisotopu, Prága

[xx]Slovenská Vysoká Skola Technicka, Bratislava

Kvantitativ autoradiográfiai módszer a jellemző paraméterek meghatározására. Az autoradiogramok fotometriás kiértékelése és az adatok számitógépes feldolgozása.

Авторадиографическое определение локальных коэффициентов массового транспорта в проточном электролизере
Штверак, И. и др.
Количественный метод для определения характеристических параметров. Измерения радиограмм фотометрически и обработка данных при помощи электронно-вычислительной машины.

Use of autoradiography for the determination of mass transfer local coefficients in a plate electrolyser
Stverak, B. et al.
A quantitative autoradiographic method to determine characteristic parameters. Evaluation of autoradiograms by photometry and the treatment of data by computer.

Munkánk egy négyszögletü csatorna falaira helyezett elektródok között létesülő határáramsürüség számitásával foglalkozik. A közelitő megoldás olyan kritériumegyenlethez vezet, amelyből a hidrodinamikai feltételektől függő lokális áramsürüség kiszámitható, figyelembe véve a Nusselt-, Reynolds- és Schmidt-kritériumot, valamint a rendszer geometriai paramétereit. A levezetett egyenletet kisérletileg is igazoltuk. Most csak a kiindulási feltételeket és az egyenlet végső megoldását adjuk meg.

Rövid elektród esetén, amelyet hengeres cső falán helyeztünk el, az anyagtranszport sebességét a Leveque-egyenlet[1] alapján számithatjuk ki:

$$Nu = 1{,}62\ /Re\ Sc\ D/L/^{1/3} \qquad /1/$$

D - a hengeres cső átmérője vagy egy egyenértékü hidraulikus átmérő,
L - az elektródhosszuság.

A Nusselt-, Reynolds- és Schmidt-kritérium megoldható

$$Nu = \left[| \bar{i} | / (FIZ_1) \right] \left\{ D / \left[D_1 (c_1^o - c_1^s) \right] \right\} \qquad /2/$$

$$Re = \bar{u} D / \nu \qquad /3/$$

$$Sc = \nu / D_1 \qquad /4/$$

$\bar{i}$ - az átlagos áramsürüség az elektródfelületen,

F - a Faraday-töltés,

z_l - az elektroaktiv ionok elektromos töltése,

D_l - az elektroaktiv "l" ionok diffuzióállandója,

c_l^o - az elektroaktiv ionok koncentrációja a bemenő elektrolitban,

c_l^s - az elektroaktiv ionok koncentrációja az elektródfelületen,

$\bar{u}$ - az elektrolit közepes sebessége az X tengely irányában,

ν - a kinematikus viszkozitás,

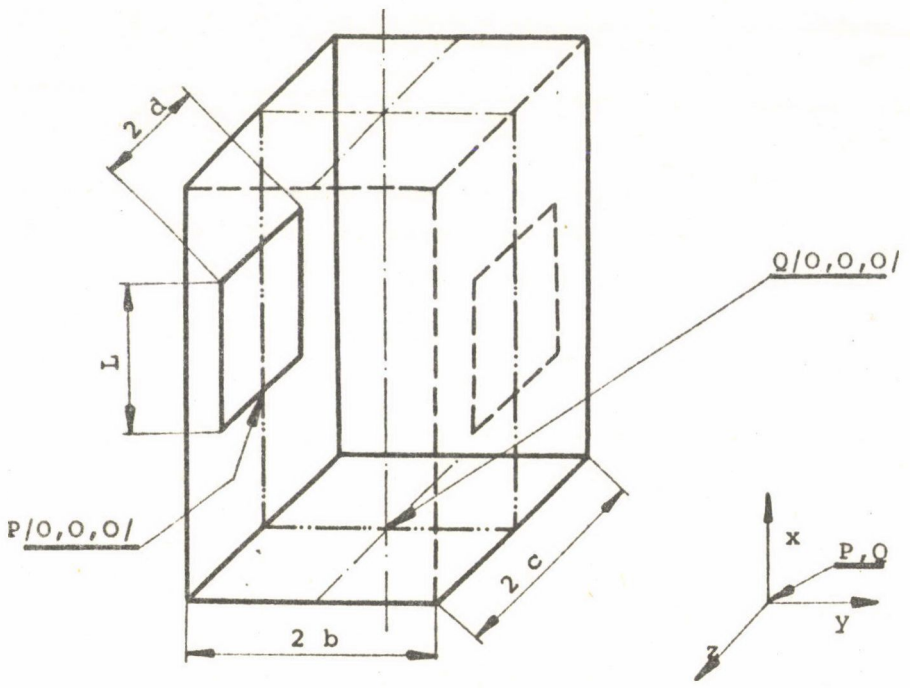
$/^u$ - a dinamikus viszkozitás.

Sieder és Tate[2] empirikus egyenletet határoztak meg

$$Nu = 1{,}86\ (Re\ Sc\ D/L)\quad (/^u/_{/^u_s})^{0{,}14} \qquad /5/$$

Az elektrokémiában szokásosabb négyszögletes cső szemközti falaira helyezett rövid elektródokon való anyagátvitel kvantitativ elemzése még nem történt meg, ez munkánk tulajdonképpeni tárgya.

Az 1. ábrán a vizsgálati rendszer sémája látható.



1. ábra

Az elektródok elhelyezése a négyszögletü csatorna falain

2b,c - a csatornaméret; 2d - az elektródszélesség; L - az elektródmagasság; P/0,0,0/, Q/0,0,0/ - a koordináta-rendszer kezdőpontjai; X,Y,Z - koordináták

Love /3/ kiszámitotta egy derékszögü csatornában folyó stabilizált lamináris áram sebességprofilját, amely szerint az u sebesség az X irányban a következő /4/:

$$u/\bar{u} = \frac{b^2(2-y^2)2 - 2b^2(2/\pi)^3 \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n(2n+1)^{-3} \cosh(pz/c)(\cosh p)^{-1}\cos(py/c)}{b^2/3 - (8b^3/c)(2/\pi)^5 \sum_{n=0}^{\infty} (2n+1)^{-5} \tanh p} \qquad /6/$$

ahol $p = (2n+1)(\pi c/2b)$ /7/

Az egyenlet olyan rendszerekre alkalmazható, amelyekben a diffuziós és migrációs anyagátvitel aránylag kicsi a konvektiv elektrolitáramhoz képest. Az elektrolitoldat nagy Schmidt-száma következtében a diffuziós réteg igen vékony. A fal közelében tehát az áramlás számára az egyenletes sebesség profilját használhatjuk. Ekkor a sebesség

$$u/\bar{u} = \left(\frac{du/\bar{u}}{dy/b}\right)^s y/b, \qquad /8/$$

ahol

$$\left(\frac{du/\bar{u}}{d\ y/b}\right)^s = 3f \qquad /9/$$

Behelyettesitve a /6/ egyenletből a /9/ egyenletbe $u/\bar{u}$ értékét, az f számára kapunk összefüggést, amely a geometriai paraméter egy függvényét állitja elő:

$$f = \frac{1-2(2/\pi)^2 \sum_{n=0}^{\infty} (2n+1)^{-2} \cosh(pz/c)(\cosh p)^{-1}}{1-6(b/c)(2/\pi)^5 \sum_{n=0}^{\infty} (2n+1)^{-5} \tanh p} \qquad /10/$$

Ez a sebességi profil a konvektiv diffuzió egyenletébe behelyettesithető

$$\vec{v} \cdot \nabla c_1 = D_1 \cdot \nabla^2 c_1 \qquad /11/$$

A végső megoldás /5/ ezesetben a lokális áramsürüségeknek az X- és Z-koordinátáktól való függését kifejező egyenlet:

$$i^s / (z_1 F) = -D_1 (\partial c_1/\partial y)^s = -D_1 \left[(c_1^o - c_1^s)\ /o,89\right] \cdot \left[uf/(3xbD_1)\right]^{1/3} \qquad /12/$$

Ha ezt az egész elektródfelületre integráljuk, a kritériumegyenletet kapjuk:

$$Nu = 1,85\ \Phi/Re\ Sc\ D/L/^{1/3} \qquad /13/$$

ahol $$D = 4\,bc/(b+c) \qquad /14/$$

és $$\Phi = (1+b/c)^{-1/3}\,(c/d)\int_0^{d/c} f^{1/3}\,d(z/c) \qquad /15/$$

A lokális áramsürüségnek az X-től és Z-től való függését kisérletileg ^{110}Ag tartalmu elektrolitoldatból ezüstkiválás mérésével vizsgáltuk.

Esetünkben a négyszögletü csatorna méretei b = o,5 cm, c = 1 cm.

Az elektródot ugy helyeztük el a csőfalon, hogy d = 1 cm és L = 1o cm legyen.

Elektrolitként az alábbi oldatot használtuk:

1 M - $NaClO_4$, o,ool M - $HClO_4$, kb. o,ool M - $AgClO_4$. Az oldat hőmérséklete 25°C. A radioaktiv Ag-izotópot cianid formájában alkalmaztuk. A cianidoldatból elektrolizissel ismert felületsulyu és aktivitásu standard lemezeket készitettünk. Ugyanezen oldatból vittük fel a radioaktiv Ag-t vastag /o,2 mm/ rétegben a méréseink céljára szolgáló anódra. Az aktiv anód alkalmazása azért volt szükséges, hogy meghatározhassuk az elektrolizis során az anódról az oldatba, illetve az oldatból a katódra kiváló Ag mennyiségét.

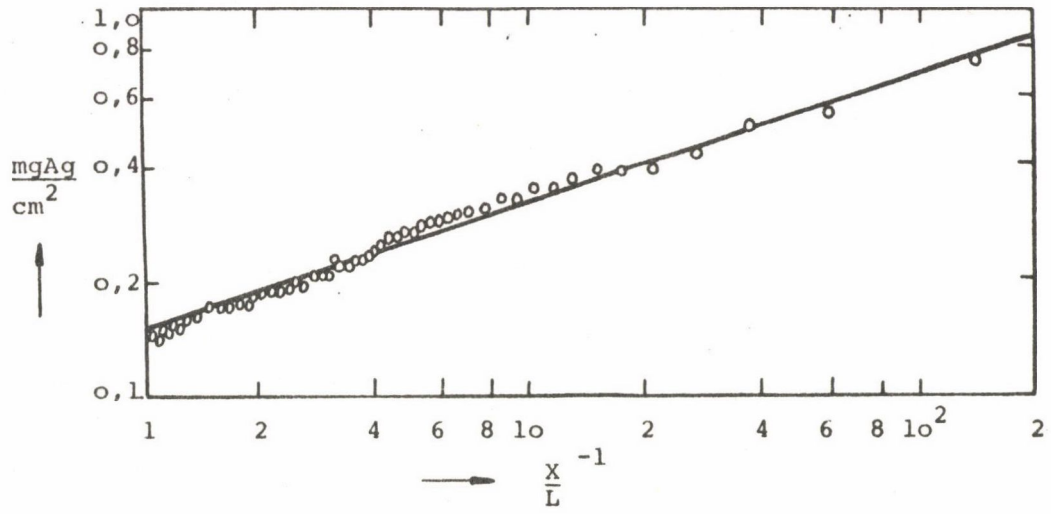
A mérések során a feszültséget a határáramsürüségnek megfelelő 3oo mV értéken tartottuk.

Az átfolyás kisérleteinknél a Reynolds-féle kritériumnak megfelelően loo és 3oo között változott.

A katódokat - a standardokkal egyidejüleg - az elektrolizis befejeztével ORWO AF 3 emulzió felhasználásával, kontakt eljárással autoradiografáltuk. Az autoradiogramokat MARK III mikrodenzitométerrel értékeltük ki. A fotometrálást az Z/C = O valamint az X/L = o,35 és o,65 koordináták megszabta egyenesek mentén végeztük. Az optikai sürüségértékeket az aktiv Ag felületi sulyértékére számitottuk át. Ezek az értékek a /12/ egyenlet szerint a lokális áramsürüségnek felelnek meg. Igen sok számitást végeztünk az IBM 36o/4o számitógéppel. Az f = konst. állapot esetén a lokális áramlási sürüség és az X/L érték között kapcsolat áll fenn:

$$i^s = K\,(X/L)^{-1/3} \qquad /16/$$

A 2. ábrán a számitott lokális áramsürüség-változás egyenesét tüntettük fel az X-tengely irányában Z= O esetben, és a kisérleti pontokat is ábrázoltuk. A számitott egyenes meredeksége 1/3.



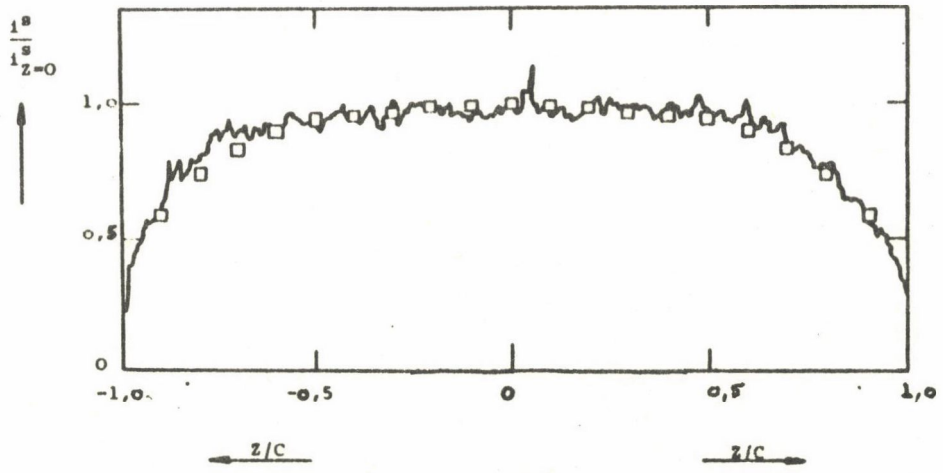
2. ábra

A /mg Ag/cm^2 egységben kifejezett/ lokális áramsűrűség függése az elektródhosszusától. Z = O, Re = 2oo esetén. Elméleti görbe 1/3-os meredekséggel, o - kísérleti pontok

X = konst. esetében az összefüggés

$$i^s/i^s_{Z=O} = \left(f/f_{Z=O}\right)^{1/3}$$

A 3. ábrán azokat a kisérleti adatokat tüntettük fel, amelyek Re = 2oo és X/L = o,35 értékkel jellemzett elméleti csatornaprofil esetén kaphatók.



3. ábra

A lokális áramsürüség függése az elektródszélességtől, X/L = o,35 és Re = 2oo esetén, □ - elméleti pontok

Látható, hogy az oldalfalak közelében, ahol / z/c →1, a mért $\left(1^s/i^s\right)_{z=0}$ értékek kisebbek az elméletinél. Ezt a falhatást elméletileg értelmeztük, s korábban Los Angelesben egy elektrokémiai konferencián ismertettük /5/.

IRODALOM

1. Léveque, L., Ann. Mines, 13/1928/2o1, 3o5, 381
2. Sieder, E.N., Tate, G.E., Ind. Eng. Chem., 28/1936/1429
3. Love, A.E.H., Treatise on Mathematical Theory of Elasticity, Cambridge University Press, p.129, 1927
4. Rosenhead, L., Laminar Boundary Layers, Oxford Clarendon Press, 1963, 136.o.
5. Rosar, I., Hostomsky, J., Cezner, V., Stverak, B., J. Electrochem. Soc. /sajtó alatt/

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 1-2. szám

Kettősen jelzett pajzsmirigyhormonok autoradiokromatográfiája

KERTÉSZ L., LAMPÉ L., DITRÓI F.

DOTE I. Belklinika és Szülészeti Klinika, Debrecen

A jód - hormonjód átalakulás. Izotópos időkülönbözetes kettősjelzés. A jódtartalmu komponensek elválasztása kétdimenziós papir- és vékonyrétegü gázkromatográfiával.

Авторадио-хроматография двойно-меченных гормонов щитовидной железы
Кертес, Л. и др.
Превообразование иода - гормониода. Двойное временное мечение изотопами. Разделение иод-содержащих компонентов двухмерной бумажной и тонкослойной хроматографией.

Autoradio-chromatography of double-traced thyroid hormones
Kertész, L. et al.
Iodine - hormon iodine transformation. Isotopic time-differential double tracing. Separation by two dimensional paper and thin layer chromatography.

A biológiai anyagcserekutatás alapvető igénye, hogy a vizsgálandó anyag szervezeten belüli fel- és leépülésének mennyiségi és minőségi viszonyait a folyamat helyének és idejének /sebességének/ függvényében határozzuk meg. A biológiai rendszerek komplexitása miatt mai ismereteink és technikai adottságaink szerint elérhetetlen, hogy valamennyi fenti szempontot egyszerre érvényesitsük egyazon rendszeren, szervezeten belül. Még a kedvezően jelezhető, s ezért tüzetesen vizsgált pajzsmirigyhormonok /jódtartalmu ciklikus aminosav-származékok/ anyagcseréjének kutatásában is egyre ujabb lehetőségek nyilnak azáltal, hogy ugyanazon biológiai objektumból több, szimultán információt igyekszünk szerezni.

Jelenleg azon kisérleteink autoradiográfiás módszertani kérdéseit kivánjuk tárgyalni, amelyek kapcsán a pajzsmirigyben lezajló jód - hormonjód átalakulás időben bekövetkező változásaira, prekurzorok és produktumok képződésére vártunk választ. E célból rágcsálóknak jódizotópot adtunk jodidalakban, ami a pajzsmirigyhormonok elsődleges prekurzorának számit. Ezt követően minőségileg vizsgáltuk a radiojód-beépülés különböző fázisait. Kisérleteink tematikailag két csoportba sorolhatók: terhes nyulak anyai és magzati pajzsmirigyében vizsgáltuk a jódhormonok képződését, másrészt patkányok pajzsmirigyében követtük a nyomjelzőt az inaktiv jóddal szemben kialakult egyensuly különböző állapotában. Mindkét kisérletsorozatban időkülönbözetes izotóp-kettősjelzést végeztünk ^{125}I és ^{131}I izotópokkal, amelyek egymástól

eltérő sugárzási karakterisztikájuk következtében bármely detektálási módszer szerint jól elkülönithetők. Az időkülönbözet a terhes nyulaknál azt jelentette, hogy a ^{125}I izotópot 1 nappal, a ^{131}I-et pedig csak 1-2 órával az állat leölése előtt alkalmaztuk. Az első nyomjelző tehát a késői, a második pedig a korai beépülési fázist indikálta. A patkánykisérleteinkben a ^{125}I-tel un.izotópequilibrálást végeztünk folyamatos, naponkénti diétáris bevitel utján, s ezzel elértük, hogy a nyomjelző a szervezet saját inaktiv jódkészletével egyensulyba került. Ebben az állapotban egyszeri ^{131}I izotóplökés után összehasonlitást tehettünk az equlibrált és nem-equilibrált nyomjelző megoszlása között a pajzsmirigy jódozott vegyületeiben. Mindkét kisérletsorozatból jelenleg csak a kivett pajzsmirigyminták homogenizátumain nyert tapasztalatainkról számolunk be.

A szervhomogenizátumok jódtartalmu komponenseit az irodalomból ismert módon butanollal extraháltuk és koncentrátumukat kromatográfiás szétválasztásnak vetettük alá. Érzékenyebb és tökéletesebb elkülönités érdekében kétdimenziós papir- és vékonyrétegü kromatográfiát végeztünk és az aktiv foltok helyét kontakt autoradiográfiával detektáltuk. E célból Ferrania Rtg-filmet használtunk fel, esetenként összehasonlitásul Supervidox gyártmányut is.

Hogy a szeparátumokban a nyomjelző megoszlását kvalitativ és félkvantitativ módon megközelitsük, próbaexpozíciókat végeztünk a két izotópból vett o,oool - o,1 /uCi aktivitásu standardsorozatokkal. A kontakt autoradiográfia elinditásától számitva a fenti aktivitásokból 1-1 sorozatot 1^h, 4^h, 12^h, 24^h, 48^h, 72^h, 1 hét, 2 hét, 3 hét időtartamig exponáltunk, majd ^{131}I-re nézve 5 felezési idő elteltével /= 4o d/ a kontakt autoradiográfiát megismételtük 1-3-7 napos expoziciós időkkel. ^{125}I esetén tulnyomórészt Auger- illetve konverziós elektronoktól, ^{131}I esetén β-sugárzásból eredő foltokkal számolhatunk. A denzitometriás feketedési görbékből megállapitható, hogy

a/ az első két napig terjedő expoziciós időtartamban a film minősége nem befolyásolja a feketedés mértékét. Ezen időtartamon belül

b/ azonos abszolut aktivitásu ^{131}I-re és ^{125}I-re vonatkoztatott feketedések aránya az expoziciós idő előrehaladtával fokozatosan csökken. Igy a $\frac{S_{131}}{S_{125}}$ arány o,1 -o,ol/uCi esetében a 4^h-ás 2,23 értékről 1,5o-re esik; o,ool /uCi-nél kisebb aktivitásu standardra és 12^h-nál rövidebb expozicióra nézve pedig már nem adható meg biztonsággal, mert a ^{125}I foltok ilyen feltételek mellett már inhomogénen halványak, vagy a kimutathatóság határa alatt vannak. o,ol/uCi- és o,1/uCi-aktivitásu standardokhoz tartozó $\frac{S_{131}}{S_{125}}$ - hányadosok aránya 4-48^h expoziciós időintervallumban lényeges csökkenést még nem mutat, 1,81-1,7o között változik.

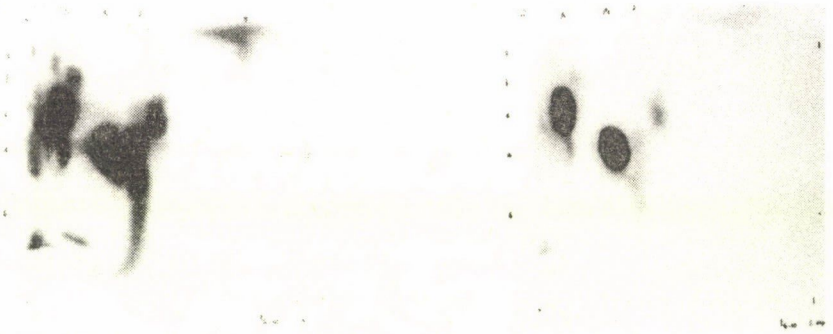
c/ ^{131}I-re nézve Supervidox filmen 2 napon tul, Ferrania filmen 7 napon tul végzett expozició gyakorlatilag "telitést" eredményez a feketedési görbén. A ^{125}I izotópra, sokkal hosszabb felezési ideje miatt ugyanez nem áll, és még 3-hetes expozició is fokozatos emelkedést mutat a folt denzitásában.

Ezeknek megfelelően a következőket tartottuk szem előtt az autoradiogramok készitésénél:

Egyetlen ^{125}I nyomjelződózis alkalmazásakor, ha biztositani tudjuk, hogy a kromatográfiás szeparátum kivánt részletének aktivitása minimálisan o,ool/uCi legyen, akkor egynapos expozició már elég ahhoz, hogy autoradiográfiásan értékelhető foltot kapjunk. Ennél akár két nagyságrenddel kisebb aktivitás kimutatására is számithatunk Ferrania filmen, ha az expoziciós időt legalább 3 hétre nyujtjuk el. Egymagában ^{131}I-et vizsgálva akár Ferrania, akár Supervidox filmen a minimális elégséges expozició o,ool/uCi mellett 4 óra. Ez az érzékenység Supervidox esetében egy, Ferrania használatával közel két nagyságrenddel emelhető, ha az autoradiográfia időtartamát 2, illetve 7 napra növeljük. További expozició azonban már nem javitja a kimutathatóság alsó határát.

A két izotóp együttes alkalmazása kompromisszumot igényel a minimális aktivitás és expoziciós idő tekintetében, figyelembe véve, hogy a két izotóp szeparált kimutatásának alapjául nem az abszorpciós különbségeket választjuk, hanem felezési idejük és sugárzási energiáik különbözőségéből eredő dózissebesség-eltéréseiket. Ez azt jelenti, hogy ha a két izotóp részesedése a kromatográfiás folt aktivitásában nagyon eltérő egymástól, akkor átfedések jöhetnek létre. Ezek csökkentése érdekében az első rövid expoziciót 4-24 óra között kivánatos megválasztani a ^{131}I várható aktivitásától függően. A második hosszu expoziciót a ^{131}I javarészének lebomlása /4-5 hét/ után kell végezni ^{125}I-re nézve legalább két hétig. Ilyen feltételek mellett az eredetileg egyidejüleg jelenlévő o,ool/uCi ^{131}I aktivitása a kimutathatóság alatt marad. Magasabb ^{131}I aktivitása tehát nem kivánatos, vagy amennyiben elkerülhetetlen, a két expozició közötti várakozási időt kell lényegesen növelni, ami viszont a ^{125}I aktivitásában is észrevehető csökkenést eredményez.

Fentiek figyelembevételével végzett összehasonlitó autoradiokromatográfia utján megállapitottuk, hogy a nyulmagzatok pajzsmirigyében a jódtárolás kezdete, azaz a terhesség 2o napja után az anyáéval azonos hormonok és prekurzorok szintetizálódnak hasonló sebességgel. Normofunkciós pajzsmirigy extraktumában a radiojód-beépülés előrehaladását szemlélteti az 1. ábra /^{131}I, korai/ és a 2. ábra /^{125}I, késői/. Jódequilibrációs kisérleteinkben viszont a beépült ^{125}I izotóp jodid-alakban már nem található az autoradiokromatogramon. Ugyanezet kapjuk akkor is, ha nem-equilibrált ^{131}I helyzetét vizsgáljuk a beadást követő első nap után, azaz a dekorporáció fázisában.

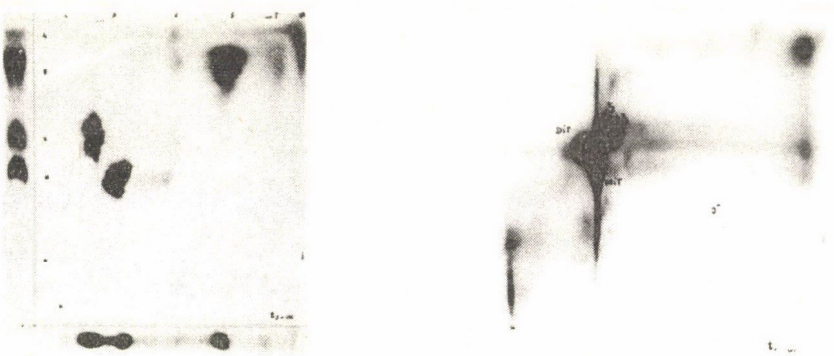


1. ábra

^{131}I-gyel és ^{125}I-tel kettősen jelzett pajzsmirigy kétdimenziós autoradiokromatogramja: a jódbeépülés korai fázisát reprezentáló ^{131}I-foltok főleg a /b-d, δ / jodid és egyéb prekurzorhelyeken találhatók. A /d, β_2/ és /e, β_1/ helyeknek megfelelő mono- illetve dijódtirozin-foltok részben a késői beépülési fázisban lévő ^{125}I átfedéséből származnak

2. ábra

Az első ábrán szereplő pajzsmirigy-extraktum második, késői expozicióval végzett kétdimenziós autoradiokromatogramja: már csak a hosszu felezési idejü ^{125}I ad foltokat a jódbeépülés későbbi fázisában, mono- és dijódtirozinnak megfelelő helyeken



3. ábra

Folyamatos ^{125}I bevitellel elért jódegyensuly állapotában egyszeri ^{131}I lökést alkalmazva, a pajzsmirigyből való kiürülés késői fázisában egyik izotóp sem ad jodid-nyomot, de megjelennek a T_4 és T_3 hormonpróduktumok /g, ζ / és /g, η / helyzetben. Kétdimenziós autoradiopapirkromatogram

4. ábra

Ugyanaz, mint a 3. ábrán, csak a kétdimenziós szétválasztást vékonyrétegü kromatográfiával végeztük

Kettősjelzés esetén ebben a stádiumban készitett autoradiokromatogramon egyik izotóp sem hagy jodid-nyomot, amint azt a 3. és 4. ábra mutatja.

Összefoglalva:

Egyszerü és érzékeny eljárást alkalmaztunk a pajzsmirigyhormonok anyagcseréjét jellemző néhány paraméter szimultán követése céljából, ugyanazon egyedtől származó mintában. A kettős izotópjelzés ellenére a módszer nem igényel költséges energiaszelektiv nukleáris mérőfelszerelést, a reexpozició miatt azonban időigényes.

IRODALOM

1. R.Balogh I., Szuchovszky I., Kertai P., Egyszerü radiopapir-kromatográfiás eljárás a patkány pajzsmirigy jódtartalmu anyagainak analizisére Kiséri. Orvostud. 12/1960/655

2. Block, R.J., Durrum, E.L., Zweig, G., A manual of paper chromatography and paper electrophoresis, Academic Press, New York, 1958.

3. Donhoffer Sz., Várnai L., Szegvári Gy., Farkas M., Paper chromatographic and electrophoretic analysis of iodothyronine and diiodotyrosine preparations, Acta Physiol. Acad. Sci. Hung. 17/1960/251

4. Ekholm, R., Zelander, T., Agrell, P.S., Incorporation of iodide into organic compounds in the guinea pig thyroid, Acta endocr. /Kbh./ 43/1963/110

5. Friis, T., Hall, T., Studies on the passage of radioactive thyroxine and iodide through rabbit placenta, illustrated by paper cromatography, Acta endocr. /Kbh./ 24/1957/411

6. Gross, J., Thyroid hormones N° III. Brit. med. Bull. 10/1954/218

7. Gross, J., Pitt-Rivers, R., 3:5:3'-triiodothyronine; I. Isolation from thyroid gland and synthesis, Biochem. J. 53/1953/645

8. Kertész L., A jódanyagcsere kinetikájának kisérletes vizsgálata. Kandidátusi értekezés, 1967.

9. Klein, E., Reinwein, D., Die Jodfraktionen und Jodverbindungen der gesunden menschlichen Schilddrüsen, Acta endocr. /Kbh./ 41/1962/170

10. Lampé L., A magzati jódanyagcsere és pajzsmirigymüködés kisérletes vizsgálata. Kandidátusi értekezés 1967

11. Metyán Gy., Szegvári Gy., Donhoffer Sz., Thyroxin-trijódthyronin és trijódthyroecetsav papirkromatográfiás vizsgálata. Kiséri. Orvostud. 9/1957/436

12. Moses, V., Automatic counting of radioactivity on two-dimensional paper-chromatograms in: Advances in tracer methodol. /Ed. Rothchild/ Vol 2, 1968-N Y

13. Reviczky A.L., Szántó L., Forgács P., A pajzsmirigymüködés farmakológiás befolyásolásának vizsgálata radiopapirkromatográfiás módszerrel. Acta Pharm. Hung. 31/B. Suppl./1961/144

14. Szántó L., Forgács P., L. Reviczky A., Gyulai E., A pajzsmirigy-radiopapirkromatogramok értékelése. Magy. Belorv. Arch. 14/1961/229

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 1-2. szám

Az autoradiográfia alkalmazása tribológiai folyamatok vizsgálatában

WAGNER, K., SCHOBER, E., HEINICKE, G.

DAW Zentralinstitut für physikalische Chemie, Berlin

$^{14}CO_2$ és arany közti tribokémiai reakciók. $^{14}CO_2$ és ^{85}Kr triboszorpciója fémeken. A kopási és kenési mechanizmus kenésnél.

Применение авторадиографии для изучения трибологических процессов
Вагнер, К. и др.
Трибохимическая реакция между $^{14}CO_2$ и золотом. Трибосорбция $^{14}CO_2$ и ^{85}Kr на металлах. Механизмы износа и смазывания при пресмыкании.

The use of autoradiography for the study of tribological processes
Wagner, K. et al.
Tribo-chemical reaction between $^{14}CO_2$ and gold. Tribosorption of $^{14}CO_2$ and ^{85}Kr on metals. Mechanisms of wearing and greasing during slipping.

Több, mint egy évtizede, hogy Thiessen, P.A. és munkatársai az Akadémia Fizikai Kémiai Intézetében a mechanokémia alapelveit megalkották. E munkaterületen olyan fizikai kémiai folyamatok vizsgálata folyik, amelyek szilárd testek mechanikai kezelésének hatására mehetnek végbe. E folyamatok gyakorlati jelentősége kettős:

a/ kémiai technológia szilárd anyagok megmunkálására, amelynek eredményeként ezen anyagok reakciókban vesznek részt vagy reakciókat váltanak ki,

b/ veszteségek csökkentése a surlódás, kenés és kopás területén. Ez utóbbi területet szokás ma "tribológiá"-nak nevezni.

Tribológiai folyamatok vizsgálatával intézetünk 1962 óta foglalkozik, éspedig elsősorban a radioaktiv nyomjelzés módszereit alkalmazva. Tekintve, hogy munkánk elsősorban alapkutatás jellegü, eredményeink más területek müvelői számára is érdekesek lehetnek.

A vizsgálatok célja mindenekelőtt a surlódó testek felületi rétegeiben végbemenő tribofizikai és tribokémiai folyamatok felderitése. E folyamatok a surlódó testek és a kenőanyagok, illetve egyéb közbenső anyagok, mint pl. a környezet gázanyaga közötti anyagcserével kapcsolatosak. Ez az oka annak, hogy a radioaktiv nyomjelzős módszerek, s köztük az autoradiográfia, különösen alkalmasak a tribológiai folyamatok vizsgálatára. Beszámolónkban e területen elért ujabb eredményeinket ismertetjük.

Korábbi vizsgálataink azt mutatták, hogy a kopási folyamatok négy fő mechanizmus szerint csoportosithatók.Ezek: az abraziv,az adhéziv,a korroziv, valamint a fáradási vagy törékenységi kopás. Természetesen számos átmeneti forma is lehetséges. Egy surlódó test anyagának átvándorlása a másik testre történhet adhézió, kopás, kémiai átvitel, diffuzió vagy beágyazódás utján. Hasonló a helyzet a közbenső anyagoknál is, gázok és folyadékok esetében azonban szorpciós folyamatok fontos előzetes fokozatot jelentenek.

Pfeil, B.[1] a disszertációjában megvizsgálta a villanymotorok és generátorok keféjéből és rotorjából álló rendszer kopási és surlódási viszonyait; itt különösen a grafittartalmu anyagok önkenő hatása volt érdekes. Hogy a környező gázatmoszféra befolyását tanulmányozhassa, a lemezjátszó elvén alapuló elrendezéssel végzett kisérleteket, amely lehetővé tette a munkát csökkentett nyomáson. Egy kisérletsorozat, amelyet árammentesen, 76o és 5.10^{-4}torr között változó nyomáson, 7o% Cu és 3o% grafittartalmu, ^{11om}Ag izotóppal jelzett kefékkel végeztünk s autoradiográfiásan értékeltünk ki, azt mutatta, hogy erősen tapadó anyagok felvitele a forgó acélkorongra vákuumban nagyobb mértékü, s az adott kisérleti körülmények között az erős változás $3\text{-}5.10^{-2}$ torr között következett be. Ennek megfelelően a kefék adheziv kopása, amely anyagfelvitellel jár, egy bizonyos nyomás alatt nagyon megnő. Ennek okául az tehető fel, hogy a fémfelület oxigéntartalmu védőrétegének utánképződési sebessége nem kielégitő.

Az autoradiogramok a fentieken tul lehetővé teszik, hogy a kopásvizsgálattal kapcsolatos kisérletek szabályos lefutásáról meggyőződhessünk. Az emlitett csucs-lemez készülék esetében pl. az egyes kisérletek során jelentkező tartós, erős surlódó erőingadozást az autodiagramok alapján az acéllemez nem teljesen sik voltára vezethettük vissza.

A ledörzsölt részecskék mérete alapján is következtethetünk a kopásmechanizmusra. Abraziv kopással pl. a részecskeméret a kopási részecskék nyugalmi mélységével nő. Egy kenőanyag hatása a kopási folyamatra ugyancsak a részecskék méretének változásában jelentkezik. Az autoradiográfia előnye a ledörzsölt részecskék vizsgálata során akkor mutatkozik, ha kevés részecske van, és ha a surlódó rendszer egyik /nyomjelzett/ tagjának kopási részecskéit meg akarjuk különböztetni a másik /nem nyomjelzett/ tag részecskéitől.

Laboratóriumban Jost, H. és Drassodo, R. PTFE-ről származó vasrészecskék /^{59}Fe, ^{51}Cr/ méretanalizését végezték el egyszerü, de időigényes módon. A részecskékről készült kontakt autoradiogramot milliméterpapirra vetitették /nagyitás kb. loox/ és leolvasták a részecskeátmérőt[2], AF66 filmmel dolgoztak. Schober, E. disszertációjában[3] kimutatta, hogy aranyszemcséket $^{14}CO_2$ gázban rázva tribokémiai reakció megy végbe

$$Au + 3/4\ CO_2 \rightleftharpoons 1/2\ Au_2O_3 + 3/4\ C$$

E folyamat korroziv kopásnak tekinthető. A szenet az Au-felületen fényképek és autoradiogramok összehasonlitásával vizsgálták. A 2,5 x 1,3 mm-es aranylemezkék megmunkálása után készült fényképeken fekete, leváló pikkelyek ismerhetők föl. Stripping filmmel készitett autoradiogramok ugyanezen helyeken feketednek, a CO_2 C-tartalma tehát ezeken a helyeken néhány százaléknyira feldusult, s tulnyomórészt elemi szén jelenlétét kell feltételezni. A felületen eredetileg adszorbeált CO_2 a stripping film felvitelekor jórészt feloldódik a vizben.

Ugyancsak Schober, E. kisérelte meg, hogy autoradiográfiásan megvizsgálja a CO_2-nak vibrációs készülékben kezelt rézmintába való behatolásának mélységét. A hengeres mintákat epoxi-gyantába ágyazta és lecsiszolta, ugy hogy a behatolt CO_2 a szabad rézfelület gyürü alaku külső zónájában helyezkedett el. A gyantával szennyezett felületet hig salétromsavval lemaratta, és AF3 filmmel autoradiogramot készitett. A feketedés igen egyenletes ^{14}C-eloszlást mutat a test kerületén.

Szorpciós-deszorpciós vizsgálatokból tudott, hogy a CO_2 Cu-n és Au-n hosszabb kezelés során az adszorbeált állapotból folyamatosan elemi állapotba megy át, amely a feketedést okozza. Az autoradiogramok alapján 1o-5o /um behatolási mélységet mértünk.

Olyan kezelési időnél, amelynek során a behatolási mélységet kb. 2o /um-nak találtuk, a mintákat kezeltük:

a felületet CCl_4-ban oldott I_2-dal jódoztuk, és CH_3OH-os sósavval lépésenként leoldottuk. A felület maradékaktivitását minden lépés után meghatároztuk. 25 /um eltávolitása után a maradékaktivitás még kb. o,1% volt.

Schober, E. egy további kisérlete során Cu /valamint Ni, Ag, Pb/ lemezeket $^{14}CO_2$-ban /néhány torr nyomáson, 3o mCi/mMol fajl. aktivitás/ ugy kezeltek, hogy acélgolyóval, pontról pontra változva, 1-1oo ütést mértek rá. Az autoradiogram mutatja a felvett CO_2-mennyiség növekedését. Ez esetben az AF3 filmet 1o napig exponáltuk.

Számlálós mérések adatai szerint 1oo ütés esetén a minta CO_2 koncentrációja $1o^{15}$ molekula/cm^2. Ha az egyes, különösképpen megmunkált helyek számlálós mérése nem lehetséges, ugy a meghatározás az egész felület aktivitásértékének s az autoradiogram helyi feketedési adatainak kombinációjával elvégezhető.

Végül még egy olyan példára utalnánk, amelynek kapcsán eldönthető, hogy a jelzett anyag felvitele a felületre a megmunkálás folyamán vagy azt követően ment-e végbe. Egy Au-lemez egyik felét kvarccsuccsal karcolva megmunkáltuk,majd a lemezt ^{14}C-izotóppal jelzett sztearin oldatába meritettük. Ezu-

tán a bemeritett minta másik felét karcolgattuk, végül a lemezt 6o°C-on Soxhlet-készülékben benzollal extraháltuk. Azt tapasztaltuk, hogy az utóbbi lemezfél jelentős mennyiségü aktivitást /kb. loo-szoros arányut/ mutatott, azaz nem "aktiv centrumok"-on történő adszorpció, hanem triboadszorpció ment végbe a képlékeny alakitás vagy tribokémiai átalakulás eredményeként.

Tapasztalataink azt mutatják, hogy az autoradiográfia a tribológia területén igen hatékony munkamódszer, s a felbontóképesség fokozásával további jelentős felhasználási lehetőségei nyilnak meg.

IRODALOM

1. Pfeil, B., Doktori disszertáció, Humboldt-Egyetem, Berlin /előkészületben/
2. Jost, H., Plaste und Kautschuk 16/1969/175
3. Schober, E., Doktori disszertáció, Humboldt-Egyetem, Berlin, 197o

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 1-2. szám

^{226}Ra-aktivitás mikroeloszlásának autoradiográfiás követése csontokban cellulóz-triacetát-fóliák segitségével

HANZLIK,J., MACHEK, J.

Výzkumný Ústav Hygieny Zárení, Prága

A kiértékelésnek és a felbontóképesség növelésének optimális feltételei. Az eddiginél tökéletesebb módszer kidolgozása a különböző aktivitásu zónák meghatározására. Az automatikus adatfeldolgozás lehetőségei.

Авторадиографическое определение распределения Ра-226 в мышх костях с помощью детектора из триацетата целлюлоза
Ханэлик, Й., Мачек, Й.
Оптимальные условия чувствительности и оценки. Точнее обычного определение зон различных активностей шлифовок. Возможность автоматической оценки.

Autoradiographic determination of Ra-226 distribution in mouse bones by means of cellulose triacetate detector
Hanzlik, J., Machek, J.
Optimal conditions for evaluation and increasing resolution. A more developed method for determining zones with different activity. Possibility of automatic data evaluation.

Vázoltuk a szilárdtest-nyomdetektoros autoradiográfiás eljárás módositását[1], megvizsgáltuk a módszer fizikai kémiai szempontjait, és leirtuk az autoradiogramok készitését.

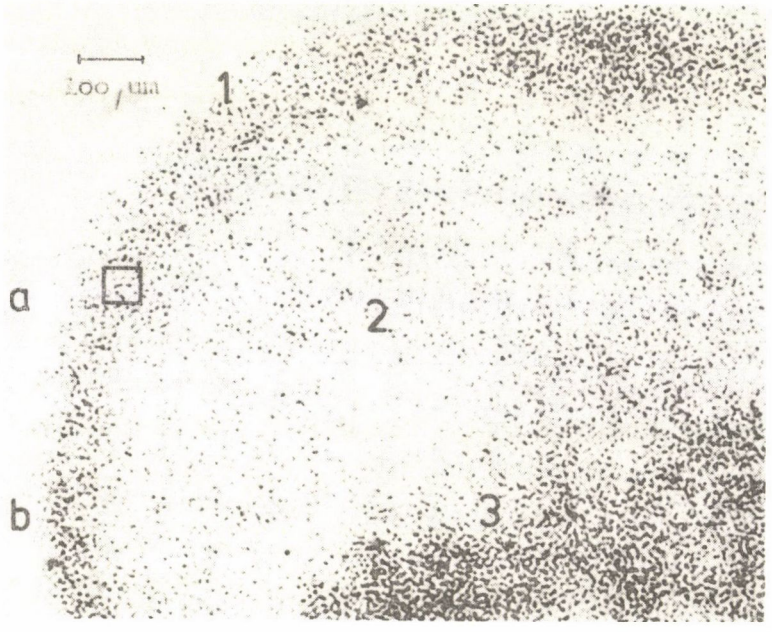
E módszer technikai megvalósitása különösen alkalmas csontokba inkorporálódott alfa-sugárzók mikrodozimetriai vizsgálatánál.

E bonyolult dozimetriai probléma megoldását célzó jelenlegi módszerek arra irányulnak, hogy az aktivitás mikroeloszlását kisérleti módon határozzák meg. A tényleges eloszlás legjobban nagyszámu, egymáshoz csatlakozó mikroeloszlás alapján közelithető meg. Az aktivitáseloszlást matematikai függvény helyett előnyösebb topográfiailag előállitani, mivel az igy kapott eredmények közvetlenül összefüggésbe hozhatók a csontszövet jólismert anatómiai felépitésével. Gyakorlatilag ez azt jelenti, hogy a pontosan elkészitett hisztológiai és autoradiográfiai képet egymásra helyezzük. Kivánatos, hogy a detektoron észlelt nyomcsoportosulásból adódó kép jól felismerhetően adja vissza a hisztológiai szövet szerkezetét, hogy az egymásra helyezést maximális bizonyossággal hajthassuk végre. Emellett nyilvánvaló követelmény, hogy az autoradiogramok nagyobb mennyiségben is reprodukálható módon értékelhetők legyenek. Célunk annak bemutatása, hogy eljárásunk a fenti célra mennyiben alkalmazható.

A módszert Sumiceből kapott SPF-törzsből származó nőstényegerek combcsontcsiszolatán próbáltuk ki. A kb. 6 hetes egereknek o,127-2,25 /uCi ^{226}Ra-ot injiciáltunk klorid-formában,fokozatosan növelve a dózisokat, majd az állatokat meghatározott idő mulva /2 órától néhány hét/ megöltük. A combcsontokban a combfej elsősorban a szivacsos, a csonttest pedig a tömör állományt képviseli. Ezek azok az alapvető strukturák, amelyekben a ^{226}Ra beépülését követtük.

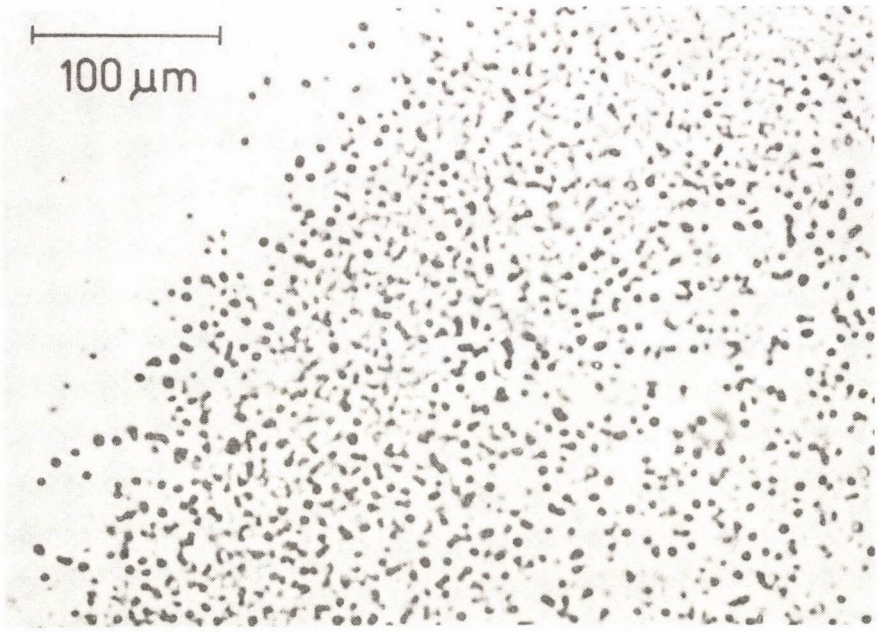
A csontok preparálása és a csiszolatok készitése a Machek/2/ által leirt módon történt. Az egyes csontcsiszolatok összaktivitása o,1 pCi nagyságrendü volt. Mivel az egércombcsont kisméretü, a mikroszerkezete, amelyeket az autoradiogramok segitségével kell megkülönböztetni, rendkivül finom. A vizsgálatainkat nagyszámu preparátumon végeztük.

Az 1. ábrán a proximális fej keresztirányu csiszolatának 14o órás expozicióju autoradiogramja látható. Az 1. ábrán az a-val jelzett területen lévő maratási üregek nagyitott képét a 2. ábra mutatja. Jól látható az üregek egyenletes eloszlása, valamint a finom csontstruktura ábrázolásának lehetősége.



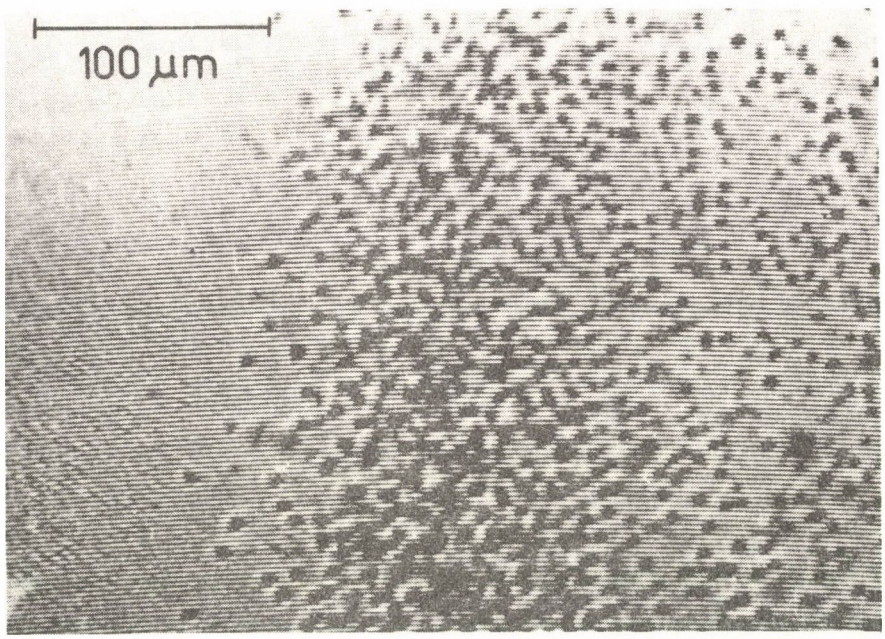
1. ábra

Egér combcsontjának proximális fejéről készitett keresztcsiszolat autoradiogramja. Expoziciós idő: 14o óra. a - 36oo /um^2 nagyságu mező; b - a 3. ábrán látható terület helyzete; 1,2,3 - eltérő aktivitásu zónák



2. ábra

Az 1. ábrán a-val jelzett terület nagyobb nagyitásban



3. ábra

Az 1. ábrán b-vel jelölt területről Quantimet készülékkel ábrázolt autoradiogram

A topográfiai ábrázolás pontosságát olymódon határoztuk meg, hogy az autoradiográfiai és hisztológiai felvételek megegyező részletein az azonos módon kiválasztott pontpárok távolságát összehasonlitottuk. A tapasztalt eltérésekből arra a következtetésre jutottunk, hogy egy vonal képe /pl. az üregek és gerendázat határa vagy a preparátum széle/ az autoradiogramon 3-4 μm széles sáv formájában jelentkezik. Ez az érték összhangban van a maratási üregek méretével. A kiértékelésnél az üregek középpontját vettük tekintetbe. Az összehasonlitás céljából készitett emulziós autoradiogramokon a finomstruktura nem mindig szembetünő. Jobb topográfiai felbontóképesség következtében alkalmazhatjuk a karakterisztikus körvonalu részletek illesztésének eljárását. Igy az egyes részletek identifikálásának hibája kisebb lesz. A gyakorlat szerint pl. a hibának 7 μm-ról 3 μm-ra való csökkentéséhez rendszerint legalább 5, lehetőleg egymástól távoleső részlet illesztése szükséges.

A reprodukálható nyomszámláláshoz szükséges követelményeket már egy korábbi közleményben[2] részleteztük, igy itt csak eredményeinket adjuk meg.

Az autoradiogram-kiértékelés látóterének optimális mérete: 3600 μm^2. Az üregek száma egy mezőben minimálisan lo, maximálisan loo volt. A számitások hibája a müanyagfóliás autoradiogramnál 4%, a róla készült fotonegativnál 8%, a pozitivnál 9%. Jó minőségü emulziós kontroll-autoradiogramoknál viszont 15-22%.

Ha az üregek száma a fentinél nagyobb, akkor két különböző expozició szükséges. Esetünkben 24 és 14o órás expoziciókat választottunk. A nyommaratás módszerét alkalmasan választva, a nyomüregek hasonló méretüek voltak, ami a nyomszámolasnal elönyös. Mivel ennek következtében az optikai ábrázolás kontrasztos volt, megvizsgáltuk a Quantimet készülékkel[3] történő automatikus kiértékelés lehetőségét /3. ábra/ is. A megoldás továbbfejlesztését a lipcsei Institut für Angewandte Radioaktivitättel közösen tervezzük.

A jó feloldóképesség következményeként az autoradiogramon megjelennek a csiszolatok különböző aktivitásu zónái. Hasonló, bár bizonytalan körvonalu zónákat a kisebb nagyitásu emulziós autoradiogramokon már korábban is kaptunk[2]. Az 1. ábrán a zónák kiterjedése kielégitően körülhatárolódik ahhoz, hogy planimetriai, esetleg automatizált kiértékelés is elvégezhető legyen. Ezenkivül az aktivitás zónákon belüli eloszlása is érdekes, amelyeket a három zónában kiválasztott lo-lo négyzeten állapitottunk meg. Összehasonlitásul analóg módon emulziós autoradiogramokat is készitettünk. A három vizsgált zóna /1. ábrán 1,2,3/ statisztikailag jelentős különbséget mutatott, de egy-egy zónán belül az eloszlás homogénnek mondható. Az emul-

ziós vizsgálatokban csak az 1. és 2. zónát lehetett kiértékelni; a 3. zóna nyomátfedések miatt kiértékelhetetlen volt.

A felsorolt eredményekből következik, hogy az inkorporált ^{226}Ra-aktivitás közvetlen meghatározása céljából a szilárdtest-nyomdetektor autoradiográfiás módszer alkalmazása a feloldóképességet javitja, és ez jobb, mint a klasszikus autoradiográfiában. A bevezető kisérletek alapján várható, hogy automatizált kiértékelés is megvalósitható, és igy lehetővé válik nagyobb számu preparátum feldolgozása.

A kisérletek végcélja a csontállomány lágy komponenseire vonatkozóan az aktivitás mikroeloszlásán kivül a dózisteljesitmény megállapitása. Ezért a részecskék számán kivül energiájukra vonatkozó információ is szükséges. E célból az emittált alfa-részecskék energiaeloszlását félvezetődetektorokkal határozhatjuk meg. Véleményünk szerint e két módszer kombinációja elfogadható adatokat ad, és a tényleges dózisterhelés meghatározását megoldja. E probléma vizsgálata további munkánk tárgya.

IRODALOM

1. Hanzlik, J., Machek, J., Adalék a cellulóz-triacetát-fóliás kvantitativ autoradiográfiához. IV. Autoradiográfiai Szimpózium, Budapest, 197o

2. Machek, J., Mikrodistribuce radia 226 v mysim femuru, Diplomamunka, Prága 197o

3. Instruction manual for the Quantimet 72o, Metals Research Ltd., Cambridge, England 197o

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 1-2. szám

Zr-T részecskék kvantitativ autoradiográfiája

BIRÓ J., FEHER I.

MTA Központi Fizikai Kutató Intézete

Az aktivitás meghatározása azon autoradiográfiás folt átmérőjének megmérésével, amelyet a tricium β-sugárzása által a Zr-ben, ill. Ti-ban indukált fékezési sugárzás hoz létre.

Количественная авторадиография осколков Zr-Ti мишеней
Биро, Й., Фехер, И.
Определение активности измерением авторадиографического отпечатка вызванного тормозного излучения Zr или Ti, индуцированного β-излучением трития.

Quantitative autoradiography of Zr-Ti particles
Biró, J., Fehér, I.
Activity determination by measuring the diameter on the autoradiographic spot produced by the bremsstrahlung from Zr or Ti by the β-radiation from tritium.

Magfizikai kutatásokra és aktivációs analitikai célokra használt neutrongenerátorokban 14 MeV-es neutronok előállitására Zr-T targeteket használnak. A generátorok kezelőinél és a targetek előállitásánál - mint arról több szerző beszámolt -fennáll a tricium-inkorporáció veszélye[1,2,3].

Előző publikációinkban[4,5] ismertettük, hogy az inkorporáció nem a targetekből felszabaduló triciumgáztól, hanem a felületükről leporlódó fémtricid részecskéktől származik.

A laboratóriumok levegőjének ellenőrzésére aeroszol mintavevőkkel, membránszűrőn levegőt szivattunk keresztül és az aeroszol méreteloszlásának tisztázására autoradiográfiás módszert dolgoztunk ki. Méréseink eredményéből következtettünk a fémtricid-részecskék inkorporációjának lehetőségére.

Az inhalációs veszély az aeroszol részecskék méretétől függ. Az emberi szervezetre a legnagyobb veszélyt az 5 /um-nél kisebb átmérőjü részecskék jelentik, mivel ezek inhaláció esetén az alsó légutakba is bekerülnek, és ott deponálódnak, mig az 5 /um-nél nagyobb részecskék csak a felső légutakig /orr, garat/ jutnak el.

A bőrön keresztül való felszivódás mértéke lényegében független a szemcsék méretétől, igy feltételezhetjük, hogy az egyébként gyorsan kiülepedő, lo /um-nél nagyobb átmérőjü részecskék inkorporációs ártalma ebből

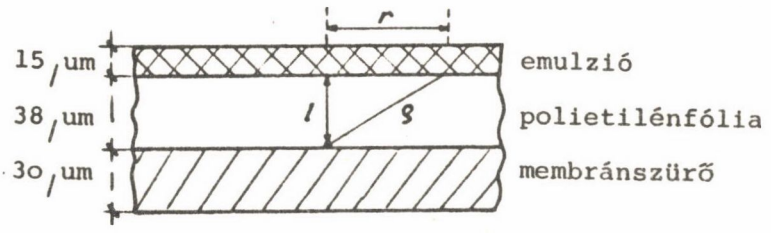
adódik. A radioaktiv aeroszolok inkorporálódásának tisztázására meg kell határozni a részecskék jellemző paramétereit.

"Activity Median Aerodinamic Diameter"-t /AMAD/ és a geometriai standard deviációt /σ_g/.

Ezen paramétereket autoradiográfiás módszerrel bizonyos megfontolásokkal határozhatjuk meg.

A generátoroknál használt Zr-T targetek esetében, gömb alaku szemcsét feltételezve, 1 /um átmérőnek lo pCi aktivitás felel meg. Az önabszorbció következtében az 1 /um vagy ennél nagyobb átmérőjü szemcséknél, a β-részecskék kiszökése elhanyagolható és a fékezési sugárzás arányos az aktivitással.

A fékezési sugárzást kontakt autoradiográfiás módszerrel mértük, az elrendezést az 1. ábra mutatja.



1. ábra

Kontakt autoradiográfiás elrendezés Zr-T részecskék által keltett fékezési sugárzás mérése

Pontszerü forrás esetén egy r sugaru kör kerületén a fékezési sugárzás intenzitása

$$I_b = kA\rho^{-2}e^{-\mu(\rho)\rho}, \qquad /1/$$

k - arányossági tényező,
A - a forrás β-aktivitása,
ρ - a forrás és az emulzió közti távolság,
/u/ρ / - a fékezési sugárzás polietilénre vonatkoztatott, ρ-tól függő abszorpciós koefficiense.

A fékezési sugárzás hatására az emulzióban létrejövő feketedés /F/ jó közelitéssel

$$F = k' \frac{1}{\rho} I_b, \qquad /2/$$

k' - az emulzió érzékenységére jellemző konstans,
l - a forrás és az emulzió közé helyezett polietilén fólia vastagsága.

Amennyiben $r > 1$, $\rho \sim r$.

A pontszerü forrás körül keletkező azonos feketedésü kör átmérőjére vonatkoztatva /$D = 2r$/, F = konstans esetén az aktivitás kifejezhető a fekete folt átmérőjének függvényében:

$$A = K \frac{D^3}{e^{\frac{\mu(D)D}{2}}} \qquad /3/$$

Az exponenciális tag értékének az átmérőtől való függését numerikus uton vizsgáltuk meg[6]. Azt találtuk, hogy a gyakorlatban előforduló legkisebb és legnagyobb foltátmérő mellett /$D_{min} = 0{,}12$ és $D_{max} = 1{,}2$/ az önabszorpció következtében fellépő spektrumtorzulást figyelembe véve az exponenciális tag értéke 2,4-es faktorral változik, ami az aktivitás háromnagyságrendnyi változása mellett elhanyagolható, tehát az aktivitás jó közelitéssel az általa létrehozott fekete folt átmérőjének /D/ köbével arányos:

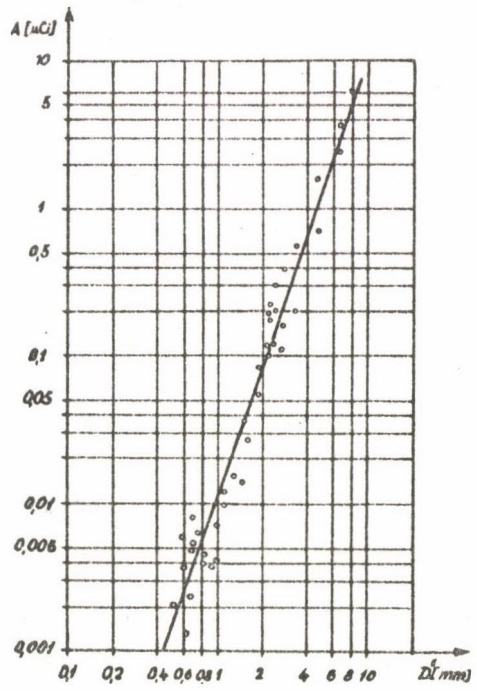
$$A = K'D^3 \qquad /4/$$

ahol K' az összes konstansokat jelenti és kisérleti uton meghatározható. Ha a szemcsék fajlagos aktivitása azonos, a mérési adatokból meghatározhatók a membránszürőn felfogott aktiv szemcsék paraméterei.

A módszer kipróbálására és hitelesitésére Zr-T targetekről leváló aktiv szemcséket gyüjtöttünk membránszürőkre. A Synpor-2 tipusu membránszürőt etanollal átitatva üveglapra helyeztük, majd néhány percre étergőzbe raktuk. Ennek hatására a membránszürő kissé megkocsonyásodik, átlátszóvá válik, az üveglapra jól feltapad, és a rárakódott szemcséket szilárdan rögziti. Az igy előkészitett szürőket fényzáró dobozba helyezve ORWO RD-3 filmmel lefedtük, és 1 hétig exponáltuk. A film szennyeződésének megakadályozására és a β-sugárzás kiszürésére a szürő és a film közé 3,5 mg/cm^2 vastag polietilén fóliát tettünk.

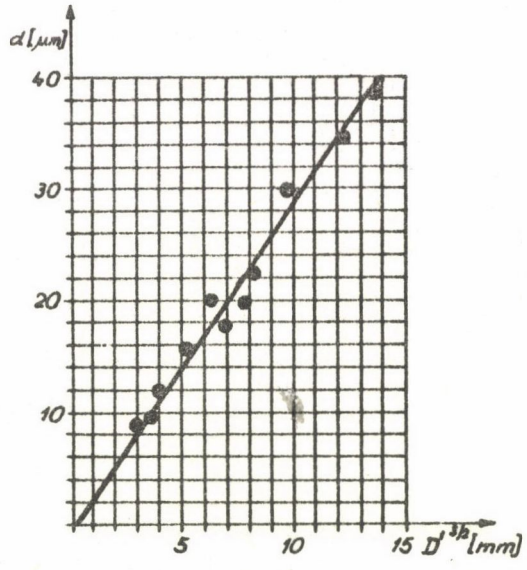
A fékezési sugárzás hatására a tricid-szemcsék felett a film megfeketedett. A filmek alapján az átlátszóvá tett membránszürőkön az aktiv szemcsék azonosithatók és mikroszkóp alatt a lo μm-nél nagyobb átmérőjü részecskék nagysága mérhető. Az egyes szemcséket mikroszkóp alatt kimetszettük, és folyadék szcintillációs módszerrel megmértük az aktivitásukat.

Az autoradiográfiás filmekről hétszeres nagyitásu képeket készitettünk, /$D' = 7D$/ és részecskeméret-analizátor segitségével /Opton TGZ-3/ kisérleti uton meghatároztuk a szemcsék aktivitása és az általuk okozott folt közötti összefüggést. A 2. ábrán látható, hogy a mérési eredmények megegyeznek az előzetes számitásokkal: a tricid-szemcsék aktivitása, valamint az általuk okozott fekete folt átmérője között köbös összefüggés van.



2. ábra

Zr-T részecskék aktivitása és az autoradiogramon kiváltott folt átmérője közötti összefüggés



3. ábra

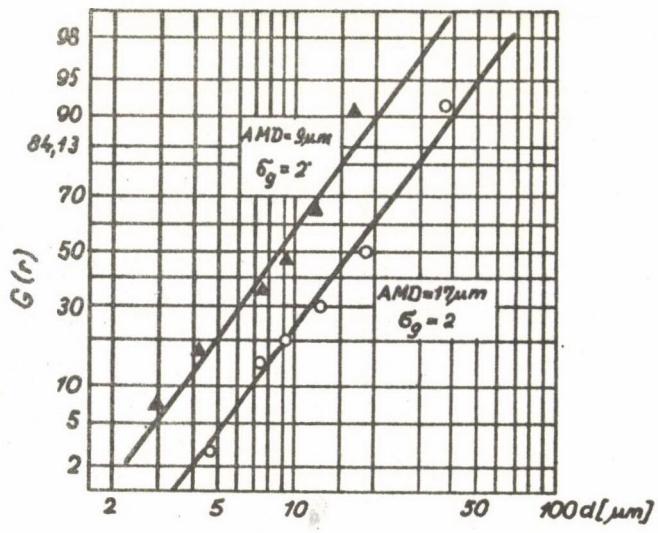
Zr-T részecskék átmérője és az autoradiogramon mért foltátmérő közötti összefüggés

A munkahelyek levegőjének sugárvédelmi ellenőrzése során a neutrongenerátoroknál,beépitett és személyi levegőmintavevő készülékekkel[7], membránszürőn levegőt szivattunk keresztül.

Mikroszkópos felvételek alapján megállapitottuk, hogy a szürőkön felfogott tricid-szemcsék lemez alakuak, amit bizonyit az a megfigyelés is, hogy a részecskék átmérője /d/ és a filmen található fekete folt átmérője /D'/ között 3/2-es összefüggés van /3. ábra/.

Az autoradiográfiás méréseknél,a mintavételnél használt membránszürők mellé,sorozatonként ismert aktivitásu tricid-részecske etalont helyezünk el. A szürőkön felfogott részecskék által létrejött fekete foltok méretét az etalon által okozott feketedéshez viszonyitva, meghatározhatjuk a szürőkön felfogott szemcsék méretét és aktivitáseloszlását.

A tent leirt módszerrel mértük a targetekről leporlódó szemcsék aktivitás-méreteloszlását, és meghatároztuk az "Activity Median Diameter"-t. Két méréssorozat eredményét a 4. ábra mutatja.



4. ábra

A targetekről levált Zr-T részecskék átmérőjének log-normál eloszlása két különböző kisérletben. /G/r/ = aktivitás % egy adott méretnél kisebb részecskékre/

Az AMD-ből a Zr-T sürüségének ismeretében és az alakfaktor figyelembevételével kiszámitottuk az AMAD-ot.

Az AMAD értéke a különböző mérési sorozatokban 23-43 /um volt, tehát megállapithatjuk, hogy a neutrongenerátoroknál dolgozó személyeknél az inhalációs veszély viszonylag kicsi, elsősorban a bőrön keresztül történő inkorporációval kell számolni. Az inkorporáció várható módjának ismeretében megfelelő higiéniai intézkedéseket vezettünk be az inkorporációtól származó dózisterhelés csökkentésére.

IRODALOM

1. Cloutier, R.Z., Am. Ind. Hyg. Ass. J. 24/1963/497
2. Rochlin, R.S., Rev. Sci. Inst. 23/1952/1oo
3. Reasbeck,P., Radioisotopes in the Physical Sciences and Industry II. /1962/157
4. Biró J., Fehér I., Szarvas T., 2nd Symp. on Health Physics, Pécs, Hungary /1966/87
5. Biró J., Fehér I., Proc. Assessment of Airborne Radioactivity, Vienna /1967/5o4
6. Curran S.C., Nature, 162/1948/3o2
7. Biró J., Fehér I., Mészáros I., Aktuelle Strahlenschutzprobleme. Tagungsbericht, Wien /1969/256

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 1-2. szám

Az öntőminták és magok eróziója következtében az öntvényekben képződő nemfémes zárványok autoradiográfiás vizsgálata

BOJADJIEV, L.H., TAZINSKY, J.P., KOSTOV, S.N.

CVIITMAS, Szófia

Módszer a nem-fémes zárványok, valamint az öntőforma sürüsége és az öntés folyamán fellépő korrózió közti kvalitativ összefüggés meghatározására.

Авторадиографическое исследование не-металлических включений в литовках, возникающих в следствии эрозии форм и стержней
Боадиев, Л.Х., Тасинский, Й.П., Костов. С.Н.
Метод для обнаружения не-металлических включений в литовках. Определение качеств енного взаимоотношения между плоскостью форм и эрозией, возникающей при литье.

Autoradiographic investigation of non-metallic inclusions, developing in casts in consequence of erosion of patterns and cores
Boadiev, L.H., Tasinskiy, Y.P., Kostov, S.N.
Method for the determination of non-metallic inclusions. Qualitative correlation between density of patterns and erosion developing during casting.

A nemfémes zárványok jelentősen befolyásolják az öntvények minőségét. Legtöbb esetben lerontják a fém mechanikai tulajdonságait.

Baikov, A. osztályozása szerint a nemfémes zárványokat két csoportra oszthatjuk

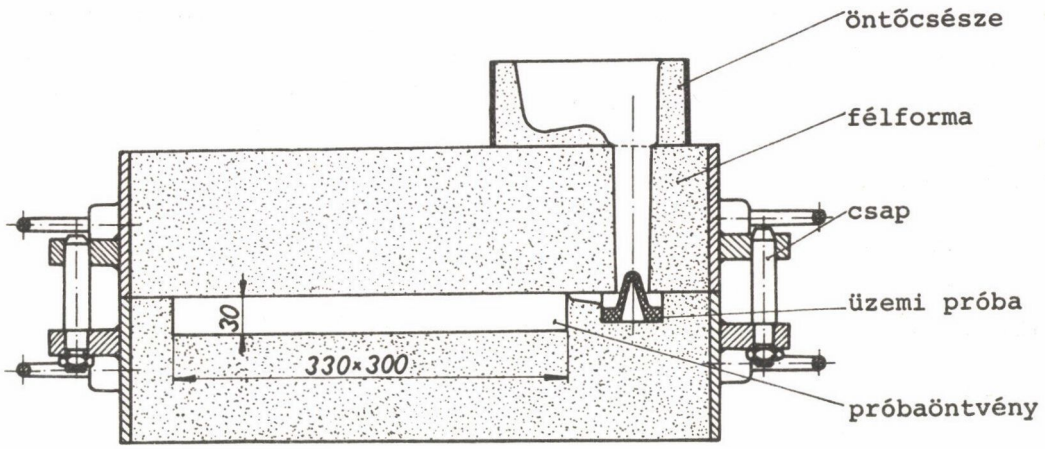
1. endogének, azaz olyanok, amelyek a fémolvadék öntése során végbemenő kémiai és fizikai folyamatok eredményeként keletkeznek;

2. exogének, azaz olyanok, amelyeket a fémolvadék a környezetből - kemencefal, öntőedény, az öntőminta és a mag anyaga, stb. - visz magával.

Az exogén zárványok képződésének és hatásainak tanulmányozása szükségessé teszi felismerésüket és kvantitativ meghatározásukat. Mivel teljes értékü, közvetlen meghatározási módszerek nem ismeretesek, az irodalomban gyakran ellentmondó adatokkal találkozunk.

Munkánk célja az volt, hogy az öntvények nemfémes zárványainak vizsgálatára alkalmas eljárást dolgozzunk ki, amelynek segitségével kvalitativ összefüggést találhatunk a technológiai minták sürüsége és az öntésnél fellépő mintaerózió között.

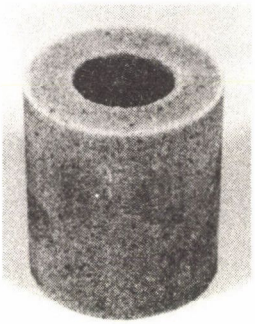
A vizsgálatokhoz 33 x 3o x 3 mm-es öntvénymintákat készitettünk az 1. ábrán látható berendezés segitségével.



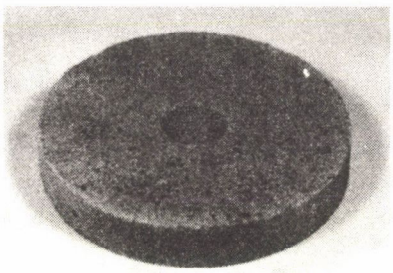
1. ábra

Laboratóriumi olvasztókályha öntvényminták készitéséhez

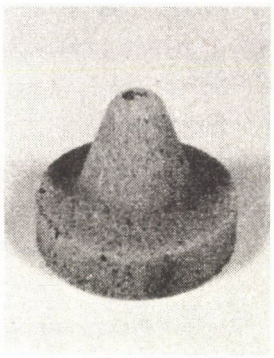
A minták készitése során három különböző technológiai eljárást alkalmaztunk, amelynek során a folyékony fém mozgása az öntőforma kitöltésekor különbözött:



átfolyás



lökés



átfolyás lökéssel

2-3-4. ábra

Kisérleti öntvényminta tipusok

A radioaktiv sugárzást makroautoradiográfiával regisztráltuk, hogy az öntőformáról levált anyagot vizuális kvalitativ vizsgálatnak vethessük alá, anélkül azonban, hogy figyelembe vennénk a mintában való eloszlását.

Előzetes vizsgálataink során kiderült, hogy a céljainknak legmegfelelőbb izotópok a ^{140}La, ^{142}Pr, ^{143}Ce külön-külön vagy keverten, valamint a ^{187}W. A fenti izotópok előnyei a kedvező sugárzási tulajdonságokban, nagy aktiválási valószinüségükben és a viszonylag rövid felezési időben rejlenek. Kisérleteink során főként a ^{187}W-et használtuk.

A minták nagy száma miatt a próbák nyomjelzésére uj eljárást dolgoztunk ki. A nyomjelző anyagot inaktiv formában vittük be a mintákba, majd reaktorban, 10^{12} n/s.cm^2 neutronfluxusban aktiváltuk 18-20 percig.

Használat előtt a mintákat 24 órán át hütöttük. Az öntőformába bevitelkor a minta aktivitása 0,5 mCi/g volt. Az autoradiogramokat Kodak-Kodireks és ORWO AT-66 filmekkel készitettük, amelyek mindkét oldalon fényérzékeny réteggel voltak bevonva. A filmet a sik mintafelületre 100 g/cm^2 nyomással szoritottuk, és 96 óráig exponáltuk.

A kisérleteket azonos szürke öntöttvas alapanyagból hét különböző nyomáson /4, 8, 12, 24, 48, 96 és 144 kg/cm^2/ előállitott mintákon végeztük. Minden esetben megállapitottuk, hogy az öntőforma eróziójából származó nemfémes zárványok a felület alatti 5 mm vastag rétegben koncentrálódnak. Ezt a tényt ugy állapitottuk meg, hogy a felületről 0,2 mm-es rétegeket távolitottunk el mindaddig, amig zárvány már nem volt található.

E jelenség nyilvánvaló magyarázata abban rejlik, hogy a jóval kisebb fajsulyu formálóanyag-részecskék a fémolvadék felületére usznak.

Vizsgálataink egyuttal bebizonyitották, hogy a présnyomás növekedésével a mintaanyag eróziója csökken.

KIADVÁNYOK

RADIOKÉMIA ÉS IZOTÓPTECHNIKA

/NAGY L. GY./ Budapest 197o. Tankönyvkiadó /476 o./

Nagy Lajos György munkája régi hiányt pótol a hazai szakirodalomban, Whitehouse és Putman könyvének 1955-ben megjelent magyar forditása, valamint Haissinsky 1963-as monográfiája óta hosszu idő telt el. A radiokémia területén dolgozó szakembereknek ilyen átfogó ismereteket nyujtó kézikönyv mindeddig nem állt rendelkezésére, bár az egyes részterületekkel foglalkozó müvek a tárgykör egészét kimeritően már feldolgozták. A különféle egyetemi jegyzetek pedig jellegüknél fogva csak szükebb körü olvasótábornak adtak átfogó tájékoztatást. Ez a könyv azonban több, mint a korábban megjelent jegyzetek összefoglalása, mert tárgyalásmódját láthatóan az egységességre való törekvés jellemzi. A szerző munkájában nagymértékben azokra a tapasztalatokra épit, amelyeket e téren közel egy évtizedes egyetemi oktatómunkája során szerzett.

A 4o iv terjedelmet meghaladó munka hét fejezetre tagozódik, a széles tématerületet sulyozva tárgyalja, kiemelve a fontosabb tudnivalókat, ami különösen egyetemi tankönyv esetében nyilvánvaló didaktikai követelmény. Bizonyos mértékig egyéni a megitélés abban, hogy a sulyozás a legcélszerübb-e, de az oktatás és a képzés bizonyára ezt követelik meg. Személy szerint ugy érzem, hogy az adott terjedelem mellett a magfizikai összefüggések ilyen mélységü és ilyen magas szinvonalu tárgyalásának rovására a magkémia gyakorlatibb problémái érdemeltek volna bővebb ismertetést, talán éppen azért is, mert a kémiai aspektusokat a hasonló tárgyu külföldi munkák is kissé mostohán kezelik.

Mintaszerü a könyvnek a sugárzás és anyag kölcsönhatásával foglalkozó része, és kellően mértéktartó, ugyanakkor hasznos információkat nyujtó fejezet a magsugárzások méréstechnikájának tárgyalása. A függelékben lévő táblázatok hasznos adatokkal egészitik ki a munka általános ismeretanyagát.

Nagy Lajos György átgondolt felépitésü munkájával hozzájárul az egyetemi oktatás eredményességéhez, a szakemberképzés és továbbképzés magasszintü fejlesztéséhez.

Lengyel Tamás

FESTKÖRPERDOSIMETRIE IONISIERENDER STRAHLUNG

/FRANK, M., STOLZ, W./ Leipzig 1969. Teubner B.G. Verlagsgesellschaft /283 o./

A téma első német nyelvü összefoglaló monográfiája, amely feldolgozza a gyógyászati alkalmazást, a sugárvédelmet, a termolumineszcencia-dozimetriát, a radiofotodozimetriát /üvegdozimetriát/, a szcintillációs módszereket, a félvezetők vezetőképességváltozásain nyugvó módszereket is.

EINFÜHRUNG IN DIE PHYSIKALISCHEN GRUNDLAGEN DER KERNENERGIEGEWINNUNG

/KESSLER, F.R./ Wirtschaftliche Taschenbücher, 6o. kötet, Berlin 1969, Akademie-Verlag /224 o./

A könyvecske kutatóknak és technikusoknak igen hasznos segédeszköz; energiafüggvényeket, a stabil anyagok magfelépitését, a magenergia felhasználásának lehetőségeit, a radioaktiv magreakciókat és a sugárvédelmet kézikönyvként, táblázatosan dolgozza fel.

DIE ANALYTISCHE CHEMIE DER TRANSURANELEMENTE

/BAECKMANN, A. von/ Atompraxis, Sonderheft /különkiadás/ "Transurane" No.1. /1969/ 15 o.

A transzurán-elemek kémiai analizisének főbb problémáit és a legfontosabb elemzési eljárásokat irja le.

BIOMEDICAL ENGINEERING

/JUPPE, G./ JNRC-Ispra Estab. /cikk/ eurospectra Vol. IX /197o/, No.3. 72-78.o.

A müszaki orvosbiológia definicióját és jövőbeni fejlődési lehetőségeit adja, a diagnosztika, a terápia és a rehabilitáció területén az ultrahangkutatás, a lázer- és a száloptika eredményeinek a hasznositására.

PRODUCTION AND PROPERTIES OF TRANSURANIUM ELEMENTS

/MÜLLER, W./ Előadás, Seminar on Radiation Protection Problems to Transuranium Elements, Karlsruhe 197o. szept. 21-25.

A transzurán-elemek előállitását tárgyalja a különböző erősségü neutronfluxusban. Vizsgálja a keletkező nehézmagok stabilitását és a magfizikai, -kémiai folyamatokat, valamint ezek alkalmazását, az elválasztástechnikát /ioncsere, extrakció, extrakciós kromatográfia, mikrotechnika/. Speciális radiográfiai alkalmazásokat közöl, jellemezve és birálva azokat.

AUTOMATIC ISOTOP ANALYSIS BY INTERFEROMETRY

/Di BRANCO, G., NASTRI, G., BERTHELOT, C.A./ JNRC-Geel Estab. /report/ EUR 4529 e /197o/

Fabry-Pérot spektrométert használtak Li-izotópkeverék elemzéséhez. Az adatokat IBM 18oo computerrel, FORTRAN IV-es programmal dolgozták fel. Igy a mérési eredményeket automatikusan és igen nagy pontossággal kapják, az elemzéssel csaknem egyidőben.

HIREK

ATOMERŐMÜVEK

Egy New-York-i statisztika szerint a világon hétszáznál több atomreaktor van részben üzemben, részben épités alatt. Negyvenhét országban 367 kutatóreaktor müködik; 1971-ben 91 energiatermelő kezdi meg munkáját.
Magyar Nemzet, 197o. december 6.

Az atomerőmü igen gazdaságos lehet, ha gyorsszaporitó reaktorral müködik. Az angol ipar 1972-re épiti fel az első gyorsreaktoros erőművét, amelynek teljesitőképessége 25o MW lesz. A nátriumhütésü reaktortól a beruházási költségek jelentős csökkenését várják az egyéb erőművekéhez képest.
Atomwirtschaft-Atomtechnik, 1971. január

Ötven atomerőművet épitenek Japánban a következő tiz esztendőben. Az atomerőművek épitése mellett nemcsak gazdasági okok szólnak, hanem egészségügyi szempontok is. A hőerőművek ugyanis nagymértékben szennyezik a levegőt.
Magyar Nemzet, 197o. december 2.

A General Electric Co. részére az USA kormánya loo ooo dollárt biztositott tengerfenékre épülő atomerőmü kifejlesztéséhez. A tervek szerint az 1 MW-os erőmü 3o km-re a parttól épülne, 8o m mélységben. Az atomerőmü szabályozásának lehetőségeit vizsgálják majd a vizalatti körülmények között.
Kerntechnik, 197o. október

Uszó atomerőművet tervez két japán óriásvállalat. A 2ooo MW teljesitményü erőművet a parttól 5-6 kilométeres távolságban, loo méter mély vizben fogják lehorgonyozni. Az uszó erőmü létesitése 4oo millió dollárba kerül.
Petőfi Népe /Kecskemét/, 197o. november 15.

Jelenleg a Szovjetunióban 5oo MW-os atomerőmü-blokkokat épitenek, de a szovjet kutatók még nagyobb, looo-3ooo MW-os atomenergetikai blokkok tervein is dolgoznak.
Figyelő, 197o. november 11.

Gray, az Atomic Energy of Canada, Limited elnökének multévi tárgyalásai értelmében a Szovjetunió 1971-ben 55 t D_2O-t szállit az AECL-nek.
Atomwirtschaft-Atomtechnik, 1971. január

Statistischen Amts der Europäischen Gemeinschaften /SAEG/ felmérése szerint
1967-ben 3571 kg ^{235}U, illetve 13,9 kg Pu
1968-ban 1638 kg ^{235}U, illetve 83,6 kg Pu
1969-ben 3255 kg ^{235}U, illetve 145,o kg Pu
hasadóanyagot használtak fel a Közösség államai.
Atomwirtschaft-Atomtechnik, 1971. január

BÁNYÁSZAT

Az ukrán szénbányákban 12oo darab radioaktiv izotópos berendezést használnak a bunkerek töltési szintjének, a szállitószalagon lévő szén haladási sebességének, a csillék üritésének és egyéb technológiai müveleteknek szabályozására.
Népszava, 197o. november 15.

Az angol St. Austel melletti kaolitbánya bányáit boritó iszapréteg radioaktivitását a talaj felett 15o m-rel repülőgépre szerelt gamma-spektrométerrel határozták meg.
Magyar Nemzet, 197o. december 15.

Az USAEC Pacific Northwest Laboratory uj eljárást dolgozott ki a tenger mélye érctartalmának meghatározására. A ^{252}Cf neutronforrás 1-2 percig tartó besugárzásával aktiválnak, majd γ-detektorral mérik az indukált γ-aktivitást. Ezzel a módszerrel 2o-3o elemet azonositottak.
Atomwirtschaft-Atomtechnik, 1971. január

IPAR

A Dunai Vasmü Izotóplaboratóriuma és Metallográfiai Főosztálya a kohóban kialakuló elegysuly meghatározására ^{198}Au-at használt.
MTI, Népszava, Magyar Nemzet stb. 197o. december 5.

Japánban és az USA-ban atomenergiát felhasználó kohómüveket épitenek. Az atomreaktorban folyékony ólom hőcserélőt alkalmaznak, amely a kohó hőcserélő rendszerében a fuvószél, a földgáz /a redukálógáz/ kb. 12oo°C-ra történő felhevitését szolgálja.
Technika, 197o. december

Az Ajkai Erőmüben a kazándobok vizállásának szabályozására izotópos vizszintjelző berendezést helyeztek üzembe, amely biztonsággal müködik.
Népszava, Kisalföld, Nógrád, stb. 197o. november 14.

A leningrádi Agrofizikai Intézet kutatói nedvességjelző automatákat dolgoztak ki a mezőn fejlődő növények nedvességellátásának követésére.
Fáklya, 197o. november 8.

Japánban az injekciós tük sterilizálására nagynyomásu etilén-oxid gőzzel kombinált ^{60}Co γ-besugárzást használnak jó eredménnyel.
Atomwirtschaft-Atomtechnik, 1971. január

1971. közepére Melbourne közelében üzembe helyeznek egy 200 000 Ci-s ^{60}Co γ-besugárzó állomást, amelynek befogadási kapacitása 1,5 millió Ci ^{60}Co. A besugárzó laboratórium elsősorban gyógyászati célokat szolgál.
Atomwirtschaft-Atomtechnik, 1971. január

A robbanómotorok égésterében lejátszódó oxidációs folyamatot a vanádium aktivációs analizisével kisérik nyomon az NSZK-ban. A módszerrel loo g próbaanyagban 1 ppm $\pm$2% pontossággal mérhető.
Atomwirtschaft-Atomtechnik, 1971. január

A kecskeméti Fém- és Vasipari Szövetkezetnél a hengerelt aluminiumszalag vastagságát folyamatosan, a gyártási folyamat megszakitása nélkül, ezredmilliméter pontossággal mérik,radioaktiv izotópos szalagvastagságmérő készülékkel.
Petőfi Népe /Kecskemét/, 197o. december 3.

ASZTRONAUTIKA

A Lunohod-1-ben a holdéjszaka alatt, amikor az energiaszükségletet fényelemmel /napelemmel/ nem lehet biztositani, a kabin hőmérsékletét ^{238}Pu izotópos hőgenerátorral szabályozzák.
MTI, Népszabadság, Keletmagyarország, 197o. december 12.

ARCHEOLÓGIA

A cseppkövek és barlangok kormeghatározására eddig csaknem kizárólag ^{14}C izotópot használtak: igy azonban "szük" az időkeret, csak lo-2o ezer évet vizsgálhattak. Francia kutatók felismerték, hogy a ^{238}U izotóp a barlangi cseppköves képződményekben ugyanugy nincs egyensulyban a bomlástermékeivel, mint az már egyéb, tengeri karbonátos üledékkőzeteknél kimutatható volt. A módszer a vizsgálható időszakot 4oo ezer évre szélesiti, igy lehetőség nyilik a geológiai változások mellett a klimaváltozások meghatározására is.
Napló /Veszprém/, 197o. október 6.

Dán kutatók loo ezer évre visszamenően klimatológiai adatokat tudtak kinyomozni a grönlandi Camp Century környékén végzett jégvizsgálatokból. A jégminták oxigénizotóp-eloszlását vizsgálva azt kutatták, hogy az emlitett időszakon belül milyen klimaingadozási periódusok voltak. Eredményeik elég jó összhangban vannak más természetü vizsgálatok alapján készült ingadozási periódusokkal.
Napló /Veszprém/, 197o. október lo.

A grenoble-i Atomkutató Központban uj eljárást dolgoztak ki az egyiptomi papiruszok megóvására. A papiruszrostokat folyékony akril-mügyantával itatják át, amelyet azután γ-sugárzással szilárddá tesznek. Ez az eljárás nemcsak a mechanikai sérülésektől óvja meg a papiruszt, hanem a baktériumoktól is megvédi. Munkacsoportok dolgoznak a tartósitási eljárás különböző anyagokra való alkalmazásán.
Élet és Tudomány, 197o. december 11.

MEZŐGAZDASÁG

A szegedi Gabonatermesztési Kutatóintézetben az izotópokat belső biokémiai változások előidézésére /gabonanemesités/, növényélettani kisérletekben /nyomjelzéses módszer/ és a vetőmag fertőtlenitésére használják.
Polgári Védelem, 197o. november 28.

Olaszországban atomreaktorba helyezett buzaszemekből a közönségesnél sokkal ellenállóbb és gazdagabb termésü buzafajtát hoztak létre. Besugárzás segitségével ujfajta rizst nemesitettek, amely 6o nappal előbb érik be és kétszer több fehérjét tartalmaz, mint a közönséges.
Dolgozók Lapja /Tatabánya/, 197o. október 22.

A Nemzetközi Atomenergia Ügynökség szerződéses megbizást adott a budapesti Központi Élelmiszeripari Kutatóintézetnek a füszerek és füszerkeverékek radioaktiv sugárzással való csirátlanitására. A steril füszerkeverékek sokat javitanának a husipari készitmények minőségén. A kisérleteket ^{60}Co izotóp alkalmazásával nemrégiben kezdték meg.
Dolgozók Lapja /Tatabánya/, 197o. november 15.

Az NSZK-ban a besugárzással történő konzerválás egyelőre tilos: import utján azonban már került az NSZK-ba besugárzott champignon-gomba.
Közért /Budapest/, 197o. október 9.

197o. elején az NSZK-ban 5 éves élelmiszerbesugárzási komplex kutatási program kezdődött. A 19 ország együttmüködésével folyó kutatásokhoz az NSZK kb. évi 3oo ooo dollárral járul hozzá.
Kerntechnik, 197o. december

A champignon-gomba az első radioaktiv sugárral kezelt mezőgazdasági termék, amelyet az Európai Gazdasági Közösség piacra visz. Az eljárást a wageningeni /Hollandia/ kisérleti telepen az Euratom és a Holland Mezőgazdasági Atomkutató Központ közösen kisérletezte ki. A radioaktiv sugárzással kezelt gomba tartósabb, izletesebb és tetszetősebb is.
Zalai Hirlap, Északmagyarország, 197o. november 12.

A nagyüzemileg kezelt tojások kb. 3%-a törik el szállitás közben; ez egyedül az USA-ban évi 25 millió dolláros kárt eredményez. A kár csökkentésére a vékony és vastaghéju tojások roncsolásmentes szétválasztását dolgozták ki ^{1o6}Rh ^{1o6}Ru radioaktiv forrás alkalmazásával. A tojás héján szóródó β-sugárzás mérésével, a müszer hitelesitett skálájáról közvetlenül le lehet olvasni a héjvastagságot.
Zalai Hirlap, Keletmagyarország, 197o. december 3.

Francia kutatók módszert dolgoztak ki a borok évjáratának megállapitására. Azt használták fel, hogy az atomrobbantások következtében a légkör radioaktiv ^{14}C mennyisége változik s ezt követi a borokban található ^{14}C tartalom.
Magyar Nemzet, 197o. december 13.

Egy csehszlovák delegáció Angliában tárgyalásokat folytatott csehszlovák-angol müszaki és ipari együttmüködésről. Ez az együttmüködés széles területet ölelne fel, és főleg a távközlés, a fakitermelés, az élelmiszeripar,a gépipar, a nukleáris energia, a radioaktiv izotópok és az automatizálás terén nyilvánulna meg.
Külkereskedelem, 197o. december

GYÓGYÁSZAT

A dohányzás ártalmait vizsgálva megállapitották, hogy a dohányzók csontszöveteiben - ellentétben a nemdohányzókéval - nagyobb mennyiségü ^{21o}Pb és ^{21o}Po izotóp található. A radioaktiv polónium a dohányfüstben is megtalálható, és feltehetően ezzel is magyarázható a dohányzás rákkeltő hatása. A különböző dohányfajták Po-tartalma a talaj összetételétől is függ, ahol a dohányt termelik.
Magyar Nemzet, 197o. november 7.

A radioaktiv izotópok diagnosztikai felhasználásával az Ohio állami egyetem radiológusai kimutatták, hogy a rosszindulatu sejtburjánzás a szervezetben kb. 6 hónappal előbb fedezhető fel, mint a hagyományos röntgensugaras eljárással. A csontdaganatok ^{18}F, a tüdőrák ^{13}N, ^{15}O, az agydaganatok ^{99m}Tc izotópok felhasználásával térképezhetők fel.
Élet és Tudomány, 197o. december 4.

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA KÖNYVTÁRA

309.024

IZOTÓPTECHNIKA

14. ÉVFOLYAM 3. SZÁM

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA IZOTÓP INTÉZETE

IZOTÓPTECHNIKA

14. ÉVFOLYAM 3. SZÁM

BUDAPEST 1971. MÁRCIUS

MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA

Szerkeszti és kiadja a Magyar Tudományos Akadémia Izotóp Intézete

A szerkesztő bizottság:

Bába Miklós
Fehér László
Földiák Gábor, a kémiai tudományok doktora /felelős főszerkesztő/
Gróz Péter
Gyimesi Zoltán
Illy József /titkár/
Kocsár László, az orvostudományok kandidátusa
Koncz József
Kovács Lórántné /munkatárs/
Medveczky László, a fizikai tudományok kandidátusa

A szerkesztőség cime: MTA Izotóp Intézete, Bp. 114. Pf.77. Telefon: 166-547/154

Számunk irói:

Petroszjanc, Andronyik akadémikus
a Szovjetunió Állami Atomenergia Bizottságának elnöke,
a KGST Atomenergia Békés Felhasználási Állandó Bizottságának elnöke

Földiák Gábor, a kémiai tudományok doktora
MTA Izotóp Intézete, Budapest 114, Pf. 77.

Simon József, a mezőgazdasági tudományok kandidátusa
Központi Élelmiszeripari Kutatóintézet, Budapest, II., Herman Ottó u.15.

Zsoldos László
Kertészeti Egyetem, Budapest, XI., Ménesi ut 44.

Fehér László, Gács Ferenc
Fővárosi Közegészségügyi és Járványügyi Állomás, Budapest, XIII., Váci ut 174.

Felelős kiadó: Földiák Gábor, az MTA Izotóp Intézetének igazgatója

Készült a MTA Központi Fizikai Kutató Intézetének házi sokszorositójában F.v.: Gyenes Imre

Eng.sz.: III/4oo/s/215/71. Budapest
1971. 3. szám
Egyes szám ára: 2o.- Ft
Csekkszámla száma: egyéni 6 128o, közületi 6 1o66
Előfizethető a Pósta Központi Hirlapirodánál
Budapest,V., József nádor tér 1. Telefon: 18o-85o
és bármely póstahivatalnál

Törzsszám: 71-5635
Megjelent: 2oo példányban
Évi előfizetési dija: 24o.- Ft

T A R T A L O M

lo éves a Kölcsönös Gazdasági Segitség Tanácsa Atomenergia Békés Felhasználási Állandó Bizottsága 5
Petroszjanc, A.

10 лет Постоянной комиссии по использованию атомной энергии в мирных целях Совета Экономической Взаимопомощи
Decennary of the Standing Commission for the Peaceful Uses of Atomic Energy of the Council for Mutual Economic Assistance

Ujabb szempontok és módszerek a magyarországi ipari izotóp-alkalmazásban 13
Földiák G.

Некоторые новые аспекты и методы применения изотопов в промышленности Венгрии
Novel aspects and methods of isotope applications in industry of Hungary

Kertészeti célu izotópalkalmazás helyzete és távlatai külföldön és hazánkban 25
Simon J., Zsoldos L.

Положение и перспективы применения изотопов в садоводстве и плодоводстве зарубежных стран и Венгрии
Conditions and perspectives of the use of isotopes and radiation techniques in horticulture of foreign countries and of Hungary

197o-ben elősör kritikus reaktorok 34

Érvényben lévő sugárvédelmi jogszabályok 35
Fehér L., Gács F.

Действующие правовые формы защиты от излучения
Operative statutes of radiation protection

KIADVÁNYOK 5o

HIREK 52

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 3. szám

10 éves a Kölcsönös Gazdasági Segitség Tanácsa Atomenergia Békés Felhasználási Állandó Bizottsága

PETROSZJANC, A.
a Szovjetunió Állami Atomenergia Bizottságának elnöke,
a KGST Atomenergia Békés Felhasználási Állandó Bizottságának elnöke

A Bizottság tevékenységének és eredményeinek lényegesebb vonásai.

IO лет Постоянной комиссии по использованию атомной энергии в мирных целях Совета Экономической Взаимопомощи
Петросянц, А.
Некоторые основные черты деятельности и результатов работы Комиссии.

Decennary of the Standing Commission for the Peaceful Uses of Atomic Energy of the Council for Mutual Economic Assistance
Petrosyants, A.
A sketch of the main activities and achievements of the Commission.

196o. októberében, a Kölcsönös Gazdasági Segitség Tanácsa 13. ülésszakának határozata alapján létrehozták a Tanács Atomenergia Békés Célu Felhasználásával Foglalkozó Állandó Bizottságát. A Bizottság 19., a rendkivüli ülést is számitva a 2o. ülésén tehát lo éves tevékenységére emlékezünk. E jubileum alkalmából célszerü közös munkánk eredményeit számbavenni.

A szocialista országok tudományos és müszaki együttmüködése az atomenergia békés felhasználásában 1955-ben kezdődött, kétoldalu megállapodások alapján. Az első évek legfontosabb feladata az volt, hogy a Szovjetunió tudományos és müszaki segitséget nyujtson ezen országoknak hazai atomtudományuk és technikájuk megteremtéséhez és kifejlesztéséhez: kutatóreaktorok, gyorsitók, sugárhatáskémiai és fizikai laboratóriumok épitéséhez, és - ami különösen fontos - a tudományos kâderek kiképzéséhez. A későbbiekben ez az együttmüködés egyes tudományos és müszaki problémák kidolgozásában, uj nukleáris fizikai müszerek, speciális berendezések és védelemtechnikai eszközök megteremtésében, a radioaktiv izotópok és a radioaktiv izotópos müszerek termelésének megszervezésével folytatódott.

A baráti szocialista országokban rövid idő alatt berendezések és laboratóriumok épültek, amelyek azután a nukleáris tudományos központok megteremtésének kiindulópontjaivá váltak. E központok épitésében és használatbavételében a hazai szakembereken kivül több mint looo jól képzett szovjet szakértő is résztvett, akik átadták tudásukat és tapasztalataikat. Ezen kivül a szocialista országokból több mint 3ooo szakember és fiatal kutató kapott kiképzést és továbbképzést a Szovjetunióban; közülük sokan, disszertációjuk megvédése révén,kandidátusi, ill. doktori fokozatot szereztek.

196o-ban, a többoldalu együttmüködés kiszélesitésére és tervszerüségének növelésére létrehozták a KGST Atomenergia Békés Célu Felhasználásával Foglalkozó Állandó Bizottságot. A Bizottság létrehozása az együttmüködés első szakasza továbbfejlődésének törvényszerü és természetes következménye volt, mivel eddigre a KGST tagországokban az atomenergia népgazdasági felhasználásával kapcsolatban uj problémák merültek fel.

Az olyan hatalmas tudományos-müszaki problémák sikeres megoldásához, mint az atomenergia ipari felhasználása, nagy ráforditásokra, bonyolult és nagyértékü berendezésekre, az egymáshoz kapcsolódó iparágak magas fejlettségi szintjére, a kutatók és szakemberek nagy kollektiváinak létrehozására van szükség. E körülmények között különös jelentőségre tett szert a szocialista országok többoldalu együttmüködése, a munkamegosztás és az együttmüködés. A Bizottságon belül az együttmüködés olyan fontos irányait tüzték ki, mint a nukleáris müszerépités, az izotópok és jelzett vegyületek, a sugárvédelem és a védelmi technika, a radioaktiv izotópos módszerek és berendezések alkalmazása a népgazdaság különböző ágaiban. Több ország javaslatára 1965-ben a Bizottság együttmüködést szervezett a reaktorfizika és -technika, valamint a nukleáris energetika területén.

Az elmult lo év alatt a Bizottság nagy munkát végzett a magfizikai és radioaktiv izotópos berendezések kidolgozásában. A nukleáris müszerépitési munkacsoport 2o ülést tartott, sok tudományos-müszaki, valamint ipari problémát vitatott meg, és ennek során 55 javaslatot dolgozott ki, köztük a sugár-detektorok, elektronikus egységek és felszerelések, dozimetriai és radioaktiv izotópos berendezések stb. szabványositására vonatkozókat.

Napjainkig a szocialista országokban nukleáris müszerek termelésére több mint 65 millió rubelt, tudományos kutatómunkára és fejlesztésre több mint lo millió rubelt forditottak. A nukleáris müszergyártásra a választékbőség a jellemző /több mint loo müszertipus és looo müszerfajta/.

A Bizottság komoly figyelmet szentelt a nukleáris technikai müszerek gyártása szakositásának, illetve az együttmüködésnek; javaslatokat vitatott

meg és fogadott el több mint 7o tudományos, ipari, mezőgazdasági és orvosi rendeltetésü termékcsoport gyártásszakositására.

Néhány példát emlitünk a müszerépités szakositására:

gamma-defektoszkópiai berendezések	Bolgár Népköztársaság, Lengyel Népköztársaság, Szovjetunió
nukleáris orvosi müszerek	Magyar Népköztársaság, Szovjetunió
nukleáris számlálók	Lengyel Népköztársaság Német Demokratikus Köztársaság
szcintillátorok	Csehszlovák Szocialista Köztársaság, Magyar Népköztársaság
sokcsatornás analizátorok	Magyar Népköztársaság, Szovjetunió.

A KGST 23. /rendkivüli/ ülésszakának határozatával kapcsolatban a nukleáris müszerépitési munkacsoport megvitatta az együttmüködés uj formáira vonatkozó javaslatot, a nukleáris müszerek területén létrehozandó tudományos, termelési és kereskedelmi együttmüködést szervező Nemzetközi Gazdasági Szervezet /"Interatominsztrument, IAI"/ létrehozását. A Bizottság 1969. októberi rendkivüli ülésén e kérdést felvette a "komplex programjába", a 18. ülés, 197o. juniusában pedig megvitatta, javasolva a KGST tagállamoknak, hogy hozzanak létre ilyen szervezetet.

Amint ismeretes, lengyel barátaink szervezték meg az IAI előkészitő bizottságának első ülését. E bizottságnak sikeres munkát kivánunk.

A Bizottság egyik legfontosabb munkaterülete a radioaktiv izotópok és az ionizáló sugárzások előállitásában és felhasználásában való együttmüködés fejlesztése.

Napjainkban valamennyi KGST tagországban szervezett izotóptermelés és jelzett vegyület-előállitás folyik, főleg kutatóreaktorokhoz és részecskegyorsitókhoz kapcsolódóan. Ez teremtette meg a feltételét annak, hogy az országok szorosan együttmüködjenek az izotóptermelés módszereinek kidolgozásában, a termékek ellenőrzésében, a termelés szakositásában, az izotópok és jelzett vegyületek alapparamétereinek és egyéb jellemzőinek egységesitésében, valamint a tapasztalatcserében.

Manapság a KGST országok radioaktiv izotópos gyártmányainak választéka több, mint 5ooo készitményt és sugárforrást ölel fel, köztük kb. 8oo izotópot és szervetlen vegyületet, kb. 9oo jelzett szerves vegyületet, mintegy

3oo radioaktiv orvosi készitményt, 4oo fajta etalonoldatot és folyadék-szcintillátor-oldatot, 9oo stabilis izotópot és stabilis izotóppal dusitott terméket, és több, mint 2oo-féle zárt sugárforrást.

A Bizottság 52 termelésszerüen gyártott radioaktiv izotóp, kb. 3oo szervetlen készitmény és mintegy 6oo jelzett szerves vegyület gyártásszakositási javaslatát fogadta el. A Bizottság javaslatára kiadták a KGST tagországokban gyártott radioaktiv izotópok és jelzett vegyületek összesitett katalógusát.

A Bizottság, munkája során, megvizsgálta azon értékelt tájékoztató anyagokat, amelyek a radioaktiv izotópoknak és magsugárzásnak a tagországok különböző ágaiban: a gépgyártásban, kohászatban, a geofizikában, a bányaiparban, az olajbányászatban, vegyiparban és az épitőiparban való felhasználására vonatkoznak. E tájékoztató anyagok alapján a tagországok kicserélik termelési tapasztalataikat, müszaki dokumentációikat, müszereiket és berendezéseiket.

A KGST tagországokban 7ooo vállalatnál és szervezetnél használnak izotópokat, jelzett vegyületeket és sugárforrásokat, köztük 36oo iparvállalatnál, 9oo orvosi intézménynél és több, mint 16oo tudományos kutatóintézetnél. Az utóbbi időben a KGST országokban azon vállalatok és szervezetek száma, amelyek izotópot és jelzett vegyületet alkalmaznak, évenként kb. lo%-kal nőtt, egyes tagországokban azonban 3o-4o%-kal is.

A Bizottság 1968. novemberében tartott 15. ülésén megtárgyalta a "Jelentés a radioaktiv izotópoknak és a magsugárzásnak a KGST országok népgazdaságában történő felhasználásával kapcsolatos munka helyzetéről és további irányáról" c. anyagot. E jelentés értékelt adatai arra utalnak, hogy a különböző iparágakban jelenleg kb. 4o ooo radioaktiv izotópos müszert használnak, s ezekből az országok jelentős gazdasági hasznot huznak.

Az 197o. juniusi, 18. ülésen megvitatták és elfogadták az izotóptermelésben való együttmüködés további kiszélesitésére vonatkozó, 1971-1975-re szóló programot. E program előirányozza a gyártásszakositásra és együttmüködésre, az egységesitésre és szabványositásra vonatkozó kérdések komplex megoldását, a tudományos és müszaki együttmüködést, valamint az információs rendszer tökéletesitését.

1965-ben hozták létre a reaktorfizikai és -technikai, valamint nukleáris energetikai munkacsoportot, amely azóta már 11 ülést tartott. Ezzel kapcsolatban a Bizottság több, e területre vonatkozó fontos kérdést tárgyalt.

A kétblokkos, VVER-4oo tipusu, 8oo eMW teljesitményü atomerőmü épitésével kapcsolatos müszaki és gazdasági adatok megvitatása, valamint a már

müködő atomerőmüvek tervezése, épitése és üzemeltetése során szerzett tapasztalatok csereje döntő jelentőségü volt abban, hogy a KGST tagországok kidolgozzák nemzeti atomenergia-programjukat és döntsenek atomerővek épitéséről.

Napjainkban a KGST tagországokban a nukleáris energetika az energiagazdálkodás uj ágaként fejlődik.

A Bolgár Népköztársaságban az atomerőmü első, 44o eMW teljesitményü blokkját 1974-ben tervezik üzembe állitani, az 198o-ig terjedő időszakban pedig 26oo eMW összteljesitményü atomerőmüvet inditanak meg.

A Csehszlovák Szocialista Köztársaságban viz-vizes tipusu atomerőmüvek épitését tervezik, és épül a nehézvizes reaktoros erőmü. Összteljesitményük a becslések szerint 1985-re eléri az 5ooo-6ooo eMW-ot.

A Német Demokratikus Köztársaság ugy tervezi, hogy 198o-ra az atomerőmüvek összkapacitása meghaladja a 3ooo eMW-ot. A müszaki és gazdasági számitások arra utalnak, hogy a nukleáris uton termelt elektromos energia olcsóbb lesz, mint a barnaszéntüzelésü hőerőmüvekben termelt.

A Román Szocialista Köztársaságban 198o-ig 18oo-24oo eMW összteljesitményü atomerőmüvet terveznek épiteni, amelyekben dusitott és természetes uránt használnak.

A Szovjetunióban végrehajtják az átmenetet az első kisérleti atomerőmüvekről a nagyteljesitményü atomerőmüvekre, főképp a Szovjetunió európai részén. Egyes területeken, ahol nincs szerves fütőanyag, az atomerőmüvek épitése következtében fellépő teljesitménynövekedés a következő évtizedekben az összteljesitmény növekedésének nagyobbik részét teszi ki.

Célszerü megjegyeznünk, hogy a világ atomerőmüveinek teljesitménye napjainkban már több, mint 17 ooo eMW. A fejlődés világprognózisa szerint az atomerőmüvek összteljesitménye 198o-ra meghaladja a 3oo ooo MW-ot, ami az összes elektromos erőmüvek 15%-át teszi ki.

A KGST tagállamok többségében az 198o-199o-es évekig tervezett nukleáris energetikai fejlődés Bizottságunk, országaink kutatói és tervezői elé komoly tudományos és müszaki feladatokat állit.

A nukleáris energetika ipari méretü fejlesztése bonyolult és fontos népgazdasági probléma, a tudományos intézmények és a határos iparágak vállalatai közti összehangolt munkát, a KGST tagállamok együttmüködésének elmélyitését és tökéletesitését követeli meg. E probléma feldolgozására a Bizottság 197o-1972-ben több intézkedést tervez, a KGST többi illetékes szervével együtt.

Fejlődik és tökéletesedik az együttmüködés

a nukleáris orvostudomány területén is, ezen belül a módszerek és megfelelő berendezések kidolgozásában, különösen a radioaktiv izotópos szcintigráfiában;

a sugárzástechnikai folyamatok, valamint a kisérleti és ipari rendeltetésü besugárzó berendezések kidolgozásának területén, főképp az anyagok sugárzásos sterilezése és a sugárhatáskémiai folyamatok ipari meghonositása céljából.

A sugárzásos folyamatok népgazdasági meghonositása nagyjelentőségü lehet az emberiség jólétének növelésében. A sugárzásos kezelés lényegesen meghosszabbitja sok élelmiszer tárolhatósági idejét, könnyiti a szállitást, csökkenti a veszteséget, s szinte érintetlenül megőrzi a jó minőséget. Mindennek nagy gazdasági jelentősége van.

A 19. ülés napirendjén a Magyar Népköztársaság delegációja és a sugárzásos technikai ideiglenes munkacsoport beszámolója szerepel, amelyben a területre vonatkozó együttmüködésre tesznek javaslatot.

A müszaki haladásban, a jó minőség biztositásában, a termékek megbizhatóságában és tartósságában nagy szerepet játszik az egységesités és a szabványositás. lo éves müködése folyamán a Bizottság nagy munkát végzett a nukleáris technikai és a radioaktiv izotópos termékek egységesitése és szabványositása területén.

Amikor összegezzük a KGST Atomenergia Békés Célu Felhasználásával Foglalkozó Állandó Bizottság lo éves munkáját, meg kell jegyeznünk, hogy e munka főiránya a tudományos és müszaki együttmüködés, a tudományos és müszaki kutatások összehangolása volt.

A tudományos és müszaki kutatások 1966-7o-es időszakra vonatkozó koordinációs tervében több mint 3o téma szerepelt a reaktortechnika és nukleáris energetika, a magfizikai müszerek és radioaktiv izotópos berendezések, az izotópkészitmények és a sugárvédelem területéről.

Az elvégzett kutatások eredményeiről szóló tudományos és müszaki információk kicserélése végett a Bizottság három kiállitást és szemináriumot szervezett a nukleáris technikai berendezésekből és müszerekből, Moszkvában, Varsóban és Lipcsében; emellett 18 szimpóziumot és konferenciát rendezett.

E tudományos és müszaki rendezvények közül különösen az alábbi tudományos konferenciákat és szimpóziumokat emeljük ki, a szervező ország feltüntetésével:

Csehszlovák Szocialista Köztársaság
- radioaktiv hulladékok feldolgozása és temetése;
- a besugárzott nukleáris fütőanyag feldolgozása.

Lengyel Népköztársaság
- kutatóreaktorok fizikája és technikája;
- radioaktiv izotópok előállitásának uj módszerei.

Magyar Népköztársaság
- nukleáris reaktorok vezérlése és ellenőrzése, atomerőművek felszerelése;
- aktiválásos analitikai berendezések;
- nukleáris orvosi müszerek.

Német Demokratikus Köztársaság
- a radioaktiv hulladékok feldolgozása;
- magreaktorok vizüzeme és hütőközegei;
- nukleáris müszerépités termékei.

Szovjetunió
- gyorsreaktorok;
- viz-vizes reaktorok;
- a nukleáris müszerek paramétereinek további javitása;
- nukleáris energetika és nukleáris anyagkutatás.

A Bizottság 18. ülésén uj koordinációs tervet fogadtak el az 1971-1975 évekre, a tudományos és müszaki kutatások területén. E terv előirányozza a tudományos és müszaki együttmüködés további szélesitését és tökéletesitését. E terv szerint és a Bizottság éves terveinek megfelelően a jelenlegi ötéves időszak alatt is rendeznek szimpóziumokat és konferenciákat.

Az atomenergia ipari felhasználása világszerte terjed, ezért jelenleg az Egyesült Nemzetek Szövetsége Közgyülése, a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség, az Európai Gazdasági Közösség és más nemzetközi szervezetek az atomenergiának a környezetre gyakorolt hatását tanulmányozzák. A légkör, a talaj, a viztárolók általános szennyeződése, ezen belül radioaktiv szennyeződése megelőzésével foglalkozott a NAÜ speciális szimpóziuma 1970-ben. Tervezik, hogy ugyanerről a témáról az Európai Gazdasági Közösség 1971-ben Prágában, az ENSZ pedig 1972-ben Stockholmban rendez konferenciát.

A Bizottság 1971-1972 évi munkatervében széleskörü együttmüködési programot ir elő a sugárvédelem és védelmi technika, ezen belül a nukleáris berendezésekkel végzett munka biztonságának és veszélytelenségének biztositása, a módszerek és müszerek, a védelmi intézkedések területén.

Az utóbbi két évben a KGST tagországok együttmüködése a Kölcsönös Gazdasági Segitség Tanácsának 23. és 24. ülésszaka határozatainak megfelelően fejlődik. Ezen ülések a kommunista és munkáspártok vezetői és a kormányfők részvételével folytak.

E határozatok a tudományos és müszaki, valamint gazdasági együttmüködés további fejlődésének és tökéletesitésének minőségileg uj alapjait teremtették meg: a szocialista tábor gazdasági integrációjának növelését, az együttmüködés mind hatékonyabb formáit és módszereit.

Az utóbbi évtized folyamán a Bizottságon belüli együttmüködésünk állandóan fejlődött a konkrét gyakorlati kapcsolatok megteremtése, az uj és uj feladatok és problémák megoldásának kölcsönös kutatása utján.

Ezért fő célunk, hogy a további közeledés és együttmüködés, a szocialista gazdasági integráció minden egyes ország és az egész szocialista tábor gazdasági érdekeit szolgálja.

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 3. szám

Ujabb szempontok és módszerek a magyarországi ipari izotópalkalmazásban

FÖLDIÁK G.
az MTA Izotóp Intézete, Budapest

A nagykapacitásu, folyamatos és automatikus üzemekben mindenekelőtt az integrált áramkörös nukleáris műszerek bizonyultak megbizhatóknak. A gyakorlati alkalmazásban számitógépek is dolgoznak. A jelen népgazdaság-irányitási rendszerben az iparági célprogramok jelentik az izotópalkalmazás leghatékonyabb szervezeti formáját.

Некоторые новые аспекты и методы применения изотопов в промышленности Венгрии
Фэльдиак, Г.
В предприятиях высокой мощностью, работающих по автоматическому и бесперебойному режиму, оказались пригодными прежде всего ядерные приборы с интегрированными цепями. В многих областях их применения работают и электронические вычислительные машины. В рамках условий нашей нынешней экономической политики основными организационными формами применения радиоизотопов являются отраслевые целевые программы.

Novel aspects and methods of isotope applications in industry of Hungary
Földiák, G.
In high capacity, continuous and automatic plants the integral circuit nuclear instruments proved to be highly reliable. In many fields of application computers are also in work. The present management system of national economy makes the special industrial branch programmes to be the most effective organisational form of isotope applications.

A modern ipar alapvető eljárásainak, technológiáinak fejlődése mindig három, egymástól többé-kevésbé jól elválasztható szakaszban játszódik le. Első ezek közül a természettudományos felismerés, második a müszaki megvalósitás, harmadik pedig a mindenkori gazdasági versenyképesség biztositása.

A heterogén katalitikus szénhidrogénkémia kialakulása voltaképpen Sabatier 1910-ben laboratóriumban végzett krakkolási kisérletével vette kezdetét, de nagyipari eljárássá csak a második világháborut követő években vált. A fejlődés ma is tart, egyre gazdaságosabban használható katalizátorokat keresnek és találnak.

Még közelebb van szakterületünkhöz az atomenergia hasznositása: Einstein 1916-ban fedezte fel az általános relativitás elméletet, Hahn és Strassmann pedig 1939-ben a maghasadást. Lényegében a két "alapkutatás" eredményén alapult az első atombomba elkészitése 1945-ben, a katonai találmányokhoz képest is meglepően rövid idő alatt. De ugyanakkor csak napjainkban élesedik a gazdasági harc az atomenergia és a klasszikus "fosszilis" tüzelőanyagok között a gazdaságos energiatermeléssel kapcsolatban, holott ennek elvi alapjai azonosak az atombombáéval.

Hasonló a helyzet az izotópok alkalmazásával is. A magyar származásu Hevesynek az izotópos nyomjelzéstechnika lehetőségeit felismerő megállapitása /1911/ és a mesterséges radioaktiv izotópoknak Curie, F.J. által 1934-ben történt felfedezése óta mintegy harminc évnek kellett eltelnie ahhoz, hogy a radioaktiv izotópok alkalmazása betörjön az ipari automatizálásba, a vegyipari müveletek és eljárások megismerésébe, az anyagvizsgálatba, a kémiai és biológiai technológiákba stb., pontosabban ezek egy-egy területére. Az utóbbi 3-4 évben pedig már a gazdaságosság lépett elő alapvető szemponttá az izotópalkalmazás területeit, technikai és szervezeti módszereit illetően.

Magyarországon az izotópalkalmazásra jelenleg alapvetően az jellemző, hogy kiépültek a technikai bázisok, kiképeztük a vezető szakembereket, megindult a kutató és fejlesztő munka, és több területen elértük a rendszeres alkalmazást. A közeljövőben stabilizálnunk kell az elért eredményeket,egyidejüleg növelve a rendszeres alkalmazások volumenét. Nem számithatunk arra, hogy szakembereink rendszeresen jelentősebb felfedezésekkel és ujabb alapvető megállapitásokkal fognak hozzájárulni az izotóptechnika fejlődéséhez. Ezért ugy itéljük meg, hogy rendszeres kutatómunkát kell ugyan folytatnunk, de főfeladatunk a szakemberképzés, a külföldi eredmények megismerése, kritikai értékelése és ennek alapján történő átvétele. Gondosan figyelemmel kisérjük tehát a világban kialakuló tendenciákat, amelyeket megfelelően értékelve igyekszünk hazai viszonyaink között realizálni. Az emlitett szempontok magyarázzák azt is, miért tulajdonitunk különös jelentőséget a nemzetközi - elsősorban a KGST - együttmüködésnek.

Magyarországon az izotóp-előállitás és -alkalmazás bázisintézménye intézetünk, a Magyar Tudományos Akadémia Izotóp Intézete, amely ezt a feladatát - hatósági funkciói mellett - több, mint 12 éve igyekszik betölteni. Különösen a gazdaságirányitás uj módszerének bevezetése, tehát négy év óta ez az igyekezet egyre hatékonyabb és kezdi megközeliteni a magyar adottságoknak megfelelő reális, optimális szinvonalat, mind az izotópok előállitását, mind pedig a tudományban és az iparban történő alkalmazását illetően.

Intézetünk bevált törekvése: a radioaktiv izotópok ipari alkalmazása nem cél, hanem a müszaki fejlesztés sokesetben legcélszerübb, leggazdaságosabb eszköze.

A következőkben egyenként kivánok foglalkozni a magyar ipar izotópalkalmazási problémáival, illetve a fejlődés uj eszközeivel, éspedig a következő szempontok szerint:

1. Az ipari termelési folyamatok korszerüsitése, az izotóptechnikával szemben mutatkozó kereslet uj vonásai.

2. A nukleáris módszerek gazdaságosabbá tétele, az izotóptechnika kínálati lehetőségeinek szélesitése.

3. Az alkalmazott szervezeti formák fejlesztése.

1. Az ipari termelési folyamatok korszerüsitése révén az izotóptechnikával szemben mutatkozó kereslet uj vonásai

Napjaink ipari fejlődésére két, egymással szorosan összefüggő tendencia jellemző: az eljárások automatizálása és a méretek növelése. Mindkét tendencia a termelés gazdaságosságának javitását célozza: az automatizálás révén főleg munkaerő takaritható meg, de a termék egyenletes minősége szempontjából is előnyös, a méretnövelés pedig a fajlagos beruházási költség csökkenésével jár, ami végeredményben szintén a termék olcsóbbá válását eredményezi. Többek között a méretnövelés is fontosabbá teszi a minőségi kérdéseket, éspedig mind gazdaságossági /anyagmegtakaritási/, mind balesetvédelmi szempontból.

A radioaktiv izotópos müszerek kezdetben csak jelzési, nemegyszer pedig pusztán demonstrációs célokat szolgáltak. Ennek az volt az oka, hogy az akkori müszaki szinvonalnak /élettartamnak, megbizhatóságnak/ megfelelő müszerek többre nem is voltak alkalmasak. Ez a helyzet ugyanakkor bizonyos fokig le is járatta az izotópalkalmazást: pl. gamma-relékkel üzemi csarnokokban lévő nyitott kádak viz- vagy oldatszintjét jeleztük, holott a munkások magát a folyadékszintet legalább olyan kényelmesen tudták szemmel követni, mint az edény falára szerelt lámpák szinét.

A nukleáris müszerek közül folyamatos mérésre és automatikák vezérlésére először a szintmérők és a vastagságmérők váltak alkalmassá. Magyarországon az első vastagságmérő felszerelésére 1958-ban egy papirgyártó üzemben, az első folyamatos szintszabályozó üzembehelyezésére pedig 1965-ben egy 800 m^3-es nagykohónál került sor, anélkül azonban, hogy hazai elterjedésük mértéke a kivánt szintet megközelitette volna. Ennek főokát a magyar ipari nukleáris müszergyártás ipari hátterének hiánya, illetve a KGST tagországok vállalatainak igen hosszu szállitási határidői és a devizanehézségek jelentették.

Minőségi változást hozott a uj gazdaságirányitási rendszer bevezetése, mindenekelőtt abban a vonatkozásban, hogy - gazdaságossági megfontolásokból és ugyanakkor a KGST szakositásnak megfelelően - a magyar müszeripar programjáról lekerült az önálló ipari nukleáris müszergyártás terve. Ugyanakkor vállalataink számára megszüntek a devizakorlátozások: igy sem a KGST relációju, sem - a baráti államok tul hosszu szállitási határidői vagy tulzott árai esetén - a kapitalista import nem okoz különösebb gondot. Világos, hogy az utóbbi megoldás nem ideális, ugyanakkor még elkerülhetetlen. Mivel lehetne ugyanis indokolni, hogy például egy - véleményünk szerint - 4 hónapos megté-

rülési idejü vastagságmérőt csak 1-2 év mulva vegyen valamely üzem használatba, ha erre 4 hónap alatt is megvan a lehetősége? A ráfizetés ez esetben a müszer árának 2-5-szöröse lenne. Ezért tulajdonitunk nagy jelentőséget a KGST integráción belül egy jól kereskedő, gyorsan szállitó müszergyártó-forgalmazó szervezetnek.

A magyarországi vastagságmérő, illetve szabályozó berendezések száma ma 8o körül van és előreláthatólag 1-2 év alatt eléri a hazai piac teljes telitettségét. Ezt követően elsősorban korszerüsitésükkel és ezzel kapcsolatban esetleg cseréjükkel kell foglalkoznunk.

A vastagságmérőkkel szemben a folyamatos szintszabályozók nálunk nem terjednek különösebben gyorsan, ami különféle okokra vezethető vissza. Ezek a müszerek ritkán olyan hatékonyak és gazdaságosak, mint a már emlitett kohóelegy-szintmérőknél, vagy mint a timföldiparban az expanziós tartályoknál. A szintmérési, szintkövetési feladatok megoldásának nem annyira a közvetlen gazdaságosság, mint inkább a munkaerőhiány és az üzembiztonság fokozott igénye ad jelentőséget. Egyre kevésbé lehet ugyanis olyan betanitott munkásokat foglalkoztatni, akik például tartályok szintjének leolvasására óránként körbejárnak egy-egy teljes tartályparkot, és megbizhatóan feljegyzik az egyes tartályok szintjét. Ezért - a teljes leürülések, illetve tultöltések megakadályozására - elkerülhetetlen az esetleg izotópos elven müködő távmérés és az adatoknak a diszpécserpultra történő koncentrálása, akár mérés, akár regisztrálás, akár automatizálás céljából.

Bizonyos fejlődés mutatkozik a sürüségmérők iránti igényeknél is, éspedig elsősorban nem a különösen érzékeny, hanem a viszonylag egyszerü és olcsó, ugynevezett durva, tehát mindössze kb. ±2-3% pontosságu müszerek iránti igényeknél. Ezen a területen elsősorban a bányászat és az épitőipar /pl. a vizépités/ szempontjait kell szem előtt tartanunk, mivel a szilárd anyagok csővezetékben zagyként történő szállitásának egyre nagyobb a jelentősége. Mivel pedig például a csővezetéki szállitásnál fontos, hogy a zagy szárazanyagtartalma az optimális értéket megközelitse, az e célra szinte egyedül használható izotópos megoldások iránti igény nőttön nő. Ha ugyanis a szárazanyagtartalom tul nagy, a vezeték eltömődik, ha pedig az optimálisnál kisebb, az energiát és a kapacitást feleslegesen viz szállitására pazaroljuk.

Ezzel át is tértünk már a nukleáris elven müködő folyamatos méréstechnika és automatika leginkább előre mutató területére, a folyamatos kémiai analitikára. Ennek a módszernek a legegyszerübb fajtája lényegében a sürüségmérés, amit pl. lug töménységének mérésénél a timföldiparban a feltáráshoz szükséges optimális arányok beállitására alkalmazunk.

Némileg bonyolultabb igényt jelent a szén hamutartalmának folyamatos ellenőrzése gamma-reflexióval. Magyarországon ebből a szempontból speciális i-

gényt jelent az 1800-2000 kcal/kg fütőértékü, tehát igen rossz minőségü tőzeg ellenőrzése. Ennél ugyanis a főfeladat - a szakirodalomból ismert célkitüzések mellett, illetve azok helyett - az égés folyamatosságának biztositása. A hamutartalom állandó ellenőrzése révén - esetleg automatikusan - megoldható, hogy ha a szilárd tüzelőanyag fütőértéke bizonyos érték alá süllyed, a készenléti tartályokból megfelelő mennyiségü fütőolaj is jusson a kazánba, és igy a folyamatos üzemmenetet ne veszélyeztessük. Erre a célra egyébként nem izotópos elven müködő automatikák is elterjedtek /pl. állandó hőáram-levegőáram szabályozás/.

Még bonyolultabb az egyes szervetlen rendszerek nedvességének folyamatos ellenőrzése. Az elmult években a fejlesztő munkát jelentős siker koronázta Magyarországon is, a korszerü öntődék homokja nedvességének és egyes szilikátipari nyersanyagok /pl. egészségügyi porcelánok/ nedvességének automatikus szabályozásában.

Magfizikai szempontból analóg módszer rendkivül gyorsan terjed a kőolajkutatásban is. Az elmult évtizedben kapott teljes polgárjogot a szénhidrogén kutatása polonium-berilliumos neutron-neutronos karottázs módszerrel. Ennek az elvnek a továbbfejlesztéseként most vezetik be geofizikusaink az impulzusüzemü neutrongenerátorral történő neutron-élettartammérést, amely az olajtároló rétegnek a sósvizes rétegektől való megkülönböztetésére alkalmas.

Az elmult években társintézeteink jelentős eredményeket értek el a neutrongenerátoros aktiválásos analitika átfutási idejének röviditése terén is. Ma már pl. az acélgyártásban a mintavételtől számitva mindössze 6-8 perc szükséges ahhoz, hogy a meghatározott oxigén-tartalom ismeretében az üzemviszonyokat kellően korrigálni lehessen. Még ujabb tendenciát jelent az aktiválásos analitika on-line alkalmazása radioaktiv neutronforrással a timföldiparban, a bauxitösszetétel folyamatos ellenőrzésénél, ami a feltárás optimális körülményeinek biztositása érdekében szükséges.

Megkezdtük az izotópos röntgen-fluoreszcenciával történő analitika fejlesztését,illetve bevezetését is, részint folyamatos, részint pedig geológiai terepi mérésekben.

Az ércek flotálási technológiájának kutatás-fejlesztésénél a nukleáris müszerek nyomjelzéstechnikával történő kombinálása jelent uj lehetőséget: valamelyik fázist nyilt izotóppal jelöljük, és a fázishatárt megfelelő módszerrel mérjük, illetve szabályozzuk.

A korábbiakban már szó esett arról, hogy a termelési folyamatok növekvő gazdaságossága érdekében a méretnövelés is napjainknak megfelelő irányzat, amely azonban, főleg biztonságtechnikai szempontból, némi veszéllyel is jár.

A müszaki veszélyek közül elsősorban a tartalékegységek hiánya emlithető meg: nyilvánvalóan luxus lenne pl. 2oo MW-os vagy nagyobb erőművi egységekhez állandóan üzemkész, tehát "meleg" tartalékturbinákat készenlétben tartani, a berendezés meghibásodásából esetleg adódó hirtelen zavarok megelőzésére. Ezért a különösen fontos gépegységek /pl. turbinák/ igen alapos radiográfiai vizsgálata az izotópos szakemberekre is sok feladatot ró. Ezek keretében 1971-ben megkezdjük a betatronos vizsgálatokat is.

Hasonló a helyzet a kőolaj- és gáz-csővezetékekkel. A kormány jóváhagyta a gázprogramot, amely általános terv alapján - a helyi gázvezetékek figyelembevételével - országos "magisztrális" földgázvezeték-rendszer épitését tervezi, amelynek biztonságtechnikai okokból minden egyes varratát radiográfiával kell ellenőrizni.

Teljesen más jellegü, balesetelháritó, egészségvédő feladat, amelyet szintén zárt izotópokkal oldanak meg: a sugárzásos sterilezés. Ismeretes, hogy egyes fertőző betegségek, igy a hepatitis terjedése részint a hagyományos injekciós tük nem mindig kifogástalan sterilezésére vezethető vissza. Ezen igyekeznek segiteni az ugynevezett atraumatikus tük, amelyeket gyárilag sterileznek, és csak egy alkalommal használnak, majd eldobnak. Ebben a vonatkozásban a gazdaságosság kérdése alárendelt, hiszen az egészségvédelem mindig "ráfizetéses". Ennek ellenére remény van arra, hogy azonos termékminőségre /tisztaságra/ vonatkoztatva módszerünk - legalábbis speciális esetekben - gazdaságilag is versenyképessé válik, például az etilén-oxidos módszerrel szemben.

2. A nukleáris müszerek gazdaságosabbá tétele, az izotóptechnika kinálati lehetőségeinek szélesitése

Eddigi tapasztalataink szerint, ha valamely feladat megoldására több müszaki lehetőség van, azok közül mindig az izotóptechnikai a legdrágább: pl. az uszós szintmérőkhöz képest a gamma-relék, a dielektromos állandómérésen alapuló nedvességmérés helyett a neutronlassitáson alapuló megoldások általában egyértelmüen költségesebbek. Ahhoz tehát, hogy az általunk terjeszteni kivánt eljárások alkalmazásának egyre szélesebb lehetőségei legyenek, alapvetően olcsóbbá kell vagy kellene ezeket tennünk. Lényegében azonban hasonló a helyzet azoknál a megoldásoknál is, amelyeknél a nukleáris megoldás müszaki okok miatt monopolhelyzetben van.

A nukleáris müszerek iparban történő alkalmazásának alapvető feltétele megbizhatóságuk és hosszu élettartamuk. Az 196o-as évek elején megjelent elektroncsöves rendszerek ennek a feladatnak csak kivételesen tudtak eleget tenni: **élettartamukat** legfeljebb looo - 2ooo órára lehetett becsülni. Még hátrányosabb volt a detektorok élettartama: az akkori,ipari vonatkozásban

szinte egyeduralkodó GM-csövek mindössze 10^7-10^8 impulzus élettartamuak voltak, ami párszáz óra üzemidőnek felelt meg. Negativ tényezőként kell figyelembevennünk az elektroncsöves berendezések nagy hely- és energiaigényét, továbbá a hibakimutatás nehézkességét és a javitás időigényességét is.

1964-65 körül jelent meg a nukleáris ipari müszerek második generációja: a tranzisztoros, nyomtatott áramkörös megoldások, illetve másrészt a szcintillációs detektorok. E rendszerek energiaigénye legalább egy nagyságrenddel kisebb az elsőgenerációs elektroncsöves müszereknél, amellett, hogy méreteik esetenként kisebbek is. Ma Magyarországon ez a legáltalánosabban használt elv: 6o-7o%-ra tehető az elterjedtségük az összes nukleáris müszerekhez képest. Előállitásuknál előny az is, hogy egyes egységeik előregyárthatók, hiszen egyaránt használhatók pl. reléknél, sürüségmérőknél, stb.

1969-ben kezdtük meg a harmadikgenerációs müszerek szerkesztését és üzemi alkalmazását, egyelőre főleg az ipari rate-métereknél. Az integrált áramkörös megoldásoknak a nukleáris müszerek vonatkozásában - a hely- és energiaigény további csökkenése mellett - előnye, hogy a konstrukció könnyitését is lehetővé teszik, hiszen bizonyos funkciókra kész integrált rendszerek kaphatók. Minthogy pedig az ipari nukleáris müszerekkel szemben alapvetően egyedi igényeket támasztanak, és igy a "kisipari", "taylor-made" megoldások a jövőben is elkerülhetetlenek lesznek, az integrált áramkörös müszerépités - tapasztalataink szerint - távlatilag is gazdaságos.

Érdekes megemliteni, hogy néha a megrendelő vállalatok elzárkóznak ez elől a felépitési elv elől, a nagy müködési sebességü digitális áramkörök némely esetben előforduló nagyfoku zavarérzékenysége miatt.

Ugyancsak nagyot léptünk előre a gyors hibafelismerés és -javitás terén. Egyes müszerek "melegtartalékkal" készülnek, illetve üzemelnek: ha valamely egység meghibásodik, a rendszer automatikusan tartalékra vált át, tehát a technológiai folyamat szabályozásában nincs fennakadás. Ugyanakkor lámpa, csengő vagy egyéb jelzőberendezés jelzi a hiba tényét. Mivel pedig a müszerkonstrukciók általában csereszabatos kártyarendszerüek, a müszerkezelő rövid idő alatt kicserélheti a meghibásodott kártyát a "hidegtartalékból" és igy a javitásra végeredményben az üzem zavarása nélkül kerülhet sor.

A megbizható, hosszu élettartamu konstrukciók lehetővé tették a sokcsatornás elv széles körü alkalmazását is. Ez a megoldás alapvetően olcsóbbá és áttekinthetőbbé teszi a müszerek felépitését, illetve ellenőrzését azáltal, hogy csak egy melegtartalékkal rendelkező áramellátó rendszert használ, amely tápfeszültséggel látja el az egy-egy "kártyának" megfelelő reléket, illetve detektorokat. Ez a rendszer különösen az erőmüveknél és a szilikátiparban ter-

jed, ahol a szilárd anyagokat "silótelepekben", koncentrált tárolóhelyen raktározzák. Intézetünk eddig főleg 12 és 24 csatornás megoldásokat készitett /tranzisztorizált kivitelben kártyarendszerrel, nagy üzembiztonsággal/, amelyek megbizhatósága vagy élettartama ellen nem merült fel kifogás, és emellett egy-egy relére, illetve szerelésére vonatkozó fajlagos költség alatta marad az egyedi megoldások költségeinek.

A sokcsatornás megoldásoknál különös jelentősége van a gyors hibafelismerésnek, illetve javitásnak. Bár ezeknél a müszereknél is van "melegtartalék", de az csak átmenetileg vehető igénybe, nehogy más meghibásodásnál már ne legyen tartalékunk. Ezért minden egyes fiók előlapján egy 7-kivezetéses dugaszolóaljzat van, amelybe közvetlenül dugaszolható a hibabehatároló kézimüszer. Ez utóbbi berendezés segitségével nemcsak a hiba ténye, hanem oka is rövid idő alatt megállapitható. A hibás kártya a tartalékból könnyen cserélhető és miután kijavitottuk, a megjavitott kártya tartalékba kerül.

A sokcsatornás elvü gamma-relék bizonyos egyszerü szabályozási feladatokra is alkalmasak: pl. a bunkerek töltését a tultöltés előtt leállitják vagy a tároló kiürülése előtt más tárolóra kapcsolnak át. Lényegesen nagyobb azonban az izotópos müszerek automatizálási érzékelőkénti alkalmazása a felületi suly mérésével és a kémiai analitikával kapcsolatban.

Az automatizálási feladatokat Intézetünk mindig automatikai rendszerek létesitésére specializált intézetekkel és vállalatokkal kooperációban végzi. Következetesen azon az elven vagyunk, hogy legcélszerübb és leggazdaságosabb, ha mindenki azzal foglalkozik, amihez legjobban ért és mi ugyanugy nem értünk az automatika részleteihez, mint ahogyan az automatizáló intézmények is csak közelitőleg ismerik az izotóptechnikát. Általában a mi feladatunk az automatikák vezérléséhez szükséges szabványositott paraméterü /URS/ jelek megbizható biztositása, ezek további hasznositása azonban már az automatizáló szakemberek feladata.

Nem annyira a termelés gazdaságossá tételét, mint a termék bizonylati jellegü minősitését és a balesetvédelmet szolgálja az automatikus nagynyomásu palackellenőrző rendszer, amelyet szintén kooperációban dolgoztunk ki. Ehhez a nukleáris mérőmüszerhez célszerü kis computer csatlakozik, amely a vizsgálati bizonylaton számszerüen kinyomtatja a palack minimális falvastagságát, hiszen a maximálisan megengedhető nyomás szempontjából ez, és nem az átlagos falvastagság a legfontosabb müszaki adat.

A számitógépi módszerek egyéb vonatkozásban is rohamosan terjednek az izotóptechnikában. Eddig még alig esett szó a nyomjelzéstechnikáról, amelynek pedig főleg a berendezések, készülékek stb. megismerése szempontjából lenne nagy a jelentősége. Rendkivül akadályozza azonban ennek a biológiában, mezőgazdaságban és kémiai reakciókinetikában gyorsan terjedő technikának az ipari vizsgála-

tokban történő elterjedését, hogy viszonylag lassu és drága. Intézetünk ezért e vizsgálatok értékelését ma már szinte kizárólag számitógéppel végzi. A folyamatos ipari mérés során a mérési adatokat nem olvassuk le, hanem a müszer maga lyukszalagon rögziti. Az értékeléshez szükséges számitógépi programot munkatársaink már a mérés előkészitése során elkészitik és ellenőrzik. A helyszini mérést követően tehát a kapott lyukszalagok közvetlenül beadhatók a rendelkezésre álló számitógépbe, amely az adatokat táblázatszerüen és - szükség esetén - grafikusan is rendelkezésünkre bocsátja. Igy a korábbi több hetes vagy hónapos számitási idő néhány napra zsugorodik, és szellemi kapacitásunkat a kapott számitási eredményekre alapozott kritikai értékelésre összpontosithatjuk.

Igen eredményesen alkalmazzuk a számitógépi technikát a nagy ^{60}Co besugárzó berendezések dózisteljesitmény-terének feltérképezésére is. A számitások az egyes sugárforrások aktivitásából, méretéből és a rendszerben elfoglalt helyéből indulnak ki, és a sugártér tetszés szerinti pontjára vonatkozólag ±5-1o% relativ pontosságu dózisteljesitmény-adatokra vezetnek. Az abszolut dózisteljesitmény ismeretéhez természetesen közvetlen mérésekre van szükség, amelyeket részint Fricke-dozimetriával, részint oszcillometriás klór-benzolos dozimetriával végzünk. Bár az abszolut dózisteljesitmények megismeréséhez szükséges közvetlenül végzendő mérések száma a kellő pontosság érdekében igy is sok száz, a számitógépi technika sok időt és munkát takarit meg. Még fontosabb segitséget jelent ez a módszer a nagy besugárzó berendezések sugárforrásai tervezésénél az optimalizáláshoz: az adott feladatokhoz alkalmazandó minimális aktivitás és legcélszerübb sugárforrás-elrendezés megállapitásához.

Az azonos cél elérésére szolgáló aktivitások csökkentése egyébként is az izotóptechnika uj irányzataihoz tartozik, többek között a sugárvédelem tömege, illetve a rendszer költségei csökkentésének érdekében.

A radiográfia egyre inkább igényel nagy fajlagos aktivitásu "pontszerü sugárforrásokat" /pl. 4o Ci aktivitásu ^{192}Ir izotópot 2 x 2 mm-es henger alakjában/. Igy viszonylag éles felvételekhez jutunk, tehát az azonos hibafelismerhetőséget a felvételi távolság csökkenthetősége miatt kisebb aktivitással vagy rövidebb idejü expozicióval lehet elérni. Mindkét tendencia gazdaságilag kedvező: az előző a sugárvédelmi megtakaritások előnye mellett költséget takarit meg, az utóbbi pedig növeli a defektoszkóp kapacitását. Ami a defektoszkópok szerkezetét illeti, a távvezérelhető, részint automatizált berendezések hóditanak tért. Nálunk Magyarországon még főleg ólom-védelmü berendezésekkel dolgoznak, mivel az importálható urán- és volfrám-betétes defektoszkópok egyelőre tul drágák.

A nagynyomásu kőolajtermékek /pl. propán-bután/ szintészlelésénél a gamma-relék felváltása neutronrelékkel, tehát ^{60}Co-forrás helyett plutonium-berillium forrás használata szintén a szükséges sugárvédelem tömegét csökkenti. Mivel pedig a neutronokat a vastag acélfalak alig nyelik el, az eredmények szinte függetlenné válnak a tartályfal vastagságától. Sok esetben a mérés még pontosabb is, mint a vékonyabb falvastagságu berendezések γ-sugárzás mérésénél.

3. Az alkalmazott szervezeti formák fejlesztése

Az izotópalkalmazás fejlődésére természetesen a szervezési formáknak is jelentős a befolyása. Minden időszakban biztositani kell, hogy a speciális területek szervezetei is megfeleljenek a tudományos és müszaki kutatás és fejlesztés, illetve végeredményben az egész népgazdaság irányitása mindenkori formájának.

Magyarországon az izotópalkalmazás "őskorában" /1954-1958 között/ a kutatók, orvosok és müszaki szakemberek munkahelyeinek izotópokkal történő ellátása központi állami költségvetés terhére történt, tehát a felhasználó számára ingyenes volt. Ez a megoldás az izotópfelhasználás meginditását, az alkalmazás könnyebbé tételét célozta, és ennek a feladatnak meg is felelt.

1958-ra azonban a magyarországi izotópfelhasználók száma már tullépte a 6o-at, a szállitmányoké pedig meghaladta az évi 8oo-at, és igy ezt a dotáció jellegü juttatást már nem lehetett és nem is volt szükséges fenntartani. Ettől kezdve tehát az izotópokat pénzért hoztuk forgalomba: 197o-ben több, mint 75oo tétel hagyta el Intézetünket.

A magyarországi izotópforgalom az Izotóp Intézet monopol joga és kötelessége, de egyes izotópkészitmények elkészitésére más intézetekkel vagy egyetemi tanszékekkel is magánjogi szerződést kötünk.

Tendenciájában ugyan hasonlóan, de "ütemezésében" eltérően alakult a helyzet az izotópalkalmazások területén 1967-ig, tehát az uj gazdaságirányitási rendszer bevezetéséig, szinte valamennyi izotópalkalmazási munka: a tudományos, orvosi, mezőgazdasági és müszaki kutatási és az ipari megvalósitás, egyaránt az állami költségvetés terhére történt. A feladat tehát valamely kutatóintézet vagy klinika tervében szerepelt, és az intézet ellátmányából finanszirozta a témát. A szükséges pénzt igy az intézet főhatósága, minisztériuma juttatta az intézethez és ezen belül a témához.

Az Országos Atomenergia Bizottság, annak Izotópalkalmazási Szakbizottsága, illetve az Izotóp Intézet ugyanakkor - kormányhatározat alapján - az egész országra kiterjedően, főként adminisztrativ eszközökkel és - elvben - átgondolt káderfejlesztési és beruházási politikával összefüggésben igyekezett elősegi-

teni az izotópalkalmazás szélesitését. A beruházási támogatás nemcsak az izotópalkalmazó kutatóintézetek segitését célozta, hanem a klinikák és iparvállalatok ellátását is nukleáris müszerrel, illetve berendezéssel. Ez a szervezési forma megfelelt az akkori irányitás elvének, és végeredményben lehetővé tette a magyarországi széles izotópalkalmazási bázis kialakulását. A munka eredményességét főként a meg nem felelő müszerellátottság, a devizahiány és a vállalatok érdektelensége akadályozta.

Az 1968 elején bevezetett uj gazdaságirányitási rendszerrel együtt az izotópalkalmazási tevékenység jellegét is felül kellett vizsgálni. Háttérbe szorultak az adminisztrativ intézkedések, és előtérbe kerültek a gazdasági ösztönző tényezők. Megszünt az intézmények költségvetés terhére történő általános ellátása is: az ipari kutatóintézeteknek teljes egészében, az akadémiai intézeteknek pedig növekvő arányban kell magukat vállalatokkal, intézményekkel vagy hatóságokkal kötött polgári jogi szerződésekre épülően finanszirozniuk.

Az Izotóp Intézet idejében felismerte, hogy módszereit meg kell változtatnia és haladéktalanul korszerüsitette azokat. Jelentős részben ennek tulajdonitható, hogy a hazai ipari izotópalkalmazás volumene az elmult három év alatt ugrásszerüen nőtt, ugyanakkor - ezzel szoros összefüggésben - az Izotóp Intézet ma már - az izotópforgalom mellett - az izotópalkalmazás terén is valóban a hazai bázisintézménnyé lett, ahogyan azt már az alapitó levél is előirta. Természetesen az izotópalkalmazási tevékenységbe is bevonunk más vállalatokat, intézeteket és egyetemi tanszékeket: az Intézet tehát a változatlan vagy csökkenő költségvetési dotáció ellenére növekvő mértékben és nem adminisztrativ eszközökkel,hanem polgári jogi szerződésekkel segiti a hazai ipari izotópalkalmazási kutatási-fejlesztési kapacitás teljes mértékü és optimális irányu kihasználását és fejlődését.

Érdekes tapasztalatunk, hogy az iparvállalatok többre becsülik azokat a müszaki fejlesztési munkákat, amelyekért fizetniök kell, mint amelyekhez ellenszolgáltatás nélkül jutnak hozzá. Ez előbbi esetben ugyanis az érintett müszaki szakembert vagy gárdát szakmai önérzete és gazdasági felelőssége egyaránt kötelezi, amellett, hogy az intézettel szemben is fokozott igényeket támaszthatnak.

Ismeretes azonban, hogy a müszaki fejlesztés, illetve az érdekében végzett kutatás sokszor költséges és jelentős kockázattal is jár. E terhek néha nagyobbak annál, mint amennyit egy-egy vállalat végeredményben saját nyereségét kockáztatva az adott időszakban vállalni tudna. E nehézségek kiküszöbölésére alakult ki - a tudománypolitikai irányelveknek megfelelően - a célprogramrendszer. Ennek lényege az, hogy valamely népgazdaságilag kiemelten fontos müszaki-fejlesztési feladatot az érdekelt vállalatok és hatóságok közösen finanszironak, ugyanakkor valamely intézet vállalja a kutató-fejlesztő munkák végzésének e-

gészét, amelybe - szükség esetén - más intézményeket is bevon. Valamennyi említett kapcsolat szigoruan polgári jogi és nem adminisztrativ jellegü.

Az érintett iparág szakértőinek bevonásával készülő 5 - 15 éves iparági izotópalkalmazási célprogramok alapvető feladata, hogy az izotóptechnika az adott iparág müszaki fejlesztésében gazdaságilag optimális szerepet kapjon. Általános tapasztalat, hogy valamely módszer, amely az egyik iparágban jól bevált, a másikban teljesen ismeretlen is lehet /a nedvességmérést az öntődei homok nedvességvizsgálatára növekvő mértékben használják, de a legtöbbször fajlagosan értékesebb termékeket gyártó szilikátiparban még nem/. Az "egyenletes terités" feladata tehát tudományosan és müszakilag nem csillogó, de gazdaságilag annál eredményesebb, mivel az izotópalkalmazás müszaki-gazdasági lehetőségeinek teljes kihasználása irányába hat, és az e technikából adódó gazdasági eredmények volumenét alapvetően növeli. Az iparági célprogramrendszer másik előnye, hogy az összehangolt megvalósitás több vállalatnál gyorsabb és fajlagosan olcsóbb, hiszen a fejlesztési költségek megoszlanak.

A szükséges költségeknek átlagosan mintegy 5o%-át az érdekelt vállalatok, 25-25%-át pedig a felügyeleti minisztérium és az Országos Müszaki Fejlesztési Bizottság /Országos Atomenergia Bizottság/ fedezi. A célprogramok témánként és évi ütemezésben tervezik a feladatokat mind tudományos-müszaki, mind pénzügyi szempontból, a szükségletnek megfelelően évenként helyesbitve azokat.

Az izotópalkalmazási célprogramok rendszerét az Izotóp Intézet már néhány éve fokozatosan kiépiti. Az első ilyen munkára még a régi gazdaságirányitási rendszer időszakában, 1966-67-ben került sor, és a hazai ipar szempontjából kulcsfontosságu timföldiparral függött össze. 1968-69-ben a kohó- és gépipar részére készitettünk, jelenleg pedig az épitőipar, épitőanyagipar és a városfejlesztés számára készitünk elő ötéves izotópalkalmazási célprogramot, egyenként mintegy 4o-8o millió forintnak megfelelő keretösszegben. Már foglalkozunk a további célprogramok előkészitésével is.

Az ipar egészének a termék minőség és a gyártás gazdaságossága érdekében tett müszaki fejlesztési törekvései és az izotóptechnika fejlődése rendkivüli mértékben fellenditette a müszaki-gazdasági szempontból indokolt nukleáris módszerek iránti igényeket. Ugyanakkor igazoltnak tekintjük azt a paradoxont is, hogy a fejlődés gyorsabb, amióta a vállalatoknak nem ingyen, hanem pénzért dolgozunk, és amióta nem szervezzük adminisztrativ eszközökkel "felülről" az izotópalkalmazást.

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 3. szám

Kertészeti célu izotópalkalmazás helyzete és távlatai külföldön és hazánkban

SIMON J.,[x] ZSOLDOS L.[xx]

[x]Központi Élelmiszeripari Kutatóintézet
[xx]Kertészeti Egyetem

A radiomutációs nemesités, a radiostimuláció, a sugárzásos tartósitás eredményei, az izotópindikáció felhasználása.

Положение и перспективы применения изотопов в садоводстве и плодоводстве зарубежных стран и Венгрии
Шимон, Й., Жольдош, Л.
Результаты радиационной генетики, радио-стимуляции и стерилизации, использования метода меченых атомов. Темы и итоги венгерских институтов.

Conditions and perspectives of the use of isotopes and radiation techniques in horticulture of foreign countries and of Hungary
Simon, J., Zsoldos, L.
Achievements in the field of radiomutation improvement of plants, radiostimulation and conservation of horticultural products, and the use of tracer method. Research topics and results in Hungarian institutes.

1. A kertészeti izotópalkalmazás nemzetközi helyzete

Az irodalom tanulmányozása alapján megállapitható, hogy a kertészeti izotópalkalmazás a következő területeken folyik:

I. Sugárforrások alkalmazása
   a/ Radioaktiv izotópok felhasználása a kertészeti növények nemesitésénél,
   b/ Stimulációs besugárzások,
   c/ Tartósitás céljából végzett besugárzások,
   d/ Sugárzás segitségével történő vizsgálatok.

II. Izotópokkal való jelölés
   a/ Izotópjelölés gyümölcsfáknál,
   b/ Izotópjelölés szőlőnél,
   c/ Izotópjelölés zöldségféléknél,
   d/ Izotópok alkalmazása egyes növényi részek külön megjelölésére.

III. Kertészeti termékek radioaktiv szennyeződésének vizsgálata

A speciálisan kertészeti tárgykörök mellett a kertészet hasznositja, illetve a kertészeti kutatásban alkalmazzák az általános talajtani, agrokémiai,

növényélettani, növényvédelmi izotópos vizsgálatokat.

1.1. Radioaktiv izotópok felhasználása a kertészeti növények nemesitésénél

A kertészeti izotópalkalmazással foglalkozó közlemények mintegy fele nemesitési kérdéseket tárgyal. Ma már nyilvánvaló, hogy a radiomutáció, ha megfelelő nemesitési munkával párosul, más nemesitési módszerekkel szemben igen sokszor gazdaságosabbnak mondható. Különösen nagy a jelentősége a kertészeti növényeknél.

Az osztrák növénynemesitők 1969-ben szervezett nemzetközi értekezletén felszólaló Gottschalk szerint jelenleg az üzemi termesztésben 77 mutációs uton előállitott, államilag elismert fajta van, ezekből 61 disznövény.

Sigurbjörsson közli, hogy a fenti mutánsok közül 67 a direkt mutáns, a többi keresztezéssel kombinált. E mellett loo-ra tehető azon disznövény-mutánsok száma, amelyeket szaporitanak, de még nem nyertek állami elismerést. A mutánsokat elsősorban sugárzással állitották elő. Kémiai mutagénekkel eddig csak egyetlen használható fajtát sikerült előállitani!

A radiomutánsok termesztési területe mezőgazdasági növényeknél mintegy 3 ooo ooo ha; a kertészeti növényeknél 2-3oo ooo ha.

A hollandi agrárnukleáris kutatócentrumban, Wageningenben /ITAL/ a mutációs program keretében - főleg az EURATOM megbizásából - gyümölcsfákkal /alma, körte, cseresznye/, disznövényekkel /rózsa, tulipán, dália, krizantém, szegfü, fokföldi ibolya stb./ 14o mutációs témát visznek.

A besugárzás elsősorban a nemesitési alapanyag előállitásánál látszik hasznosnak, mivel a létrejövő pozitiv megváltozások igen gyakran nem magukban jelentkeznek, hanem más, kevésbé kedvező tulajdonságokkal kapcsolódnak.

A besugárzások használata különösen hasznos a következő célok elérésére:

1. Ellenállóság kialakitása a betegségekkel és kártevőkkel szemben. A hagyományos nemesitési módszerekkel ez a feladat csak nehezen, többszöri keresztezéssel oldható meg, ezenkivül feltétele, hogy az illető faj vagy vele keresztezhető rokonsága rendelkezzék a kivánatos tulajdonsággal.

2. A termőképesség javitása. Számos kutatónak sikerült besugárzással a kiinduló formánál nagyobb zöldhozamot vagy szemtermést elérni anélkül, hogy a fajta egyéb hasznos tulajdonságai változtak volna. A mutációk öröklődő jellegénél fogva - a hibridizálással csak jóval nehezebben elérhető eredmény - besugárzással könnyebben megvalósitható.

3. Termesztési szempontból fontos uj tulajdonságok indukálása. Közlemények sora számol be arról, hogy rövidebb tenyészidejü, megváltozott foto-

periódus-igényü, a trágyázást jobban hasznositó mutánsokat sikerült előállitani besugárzás alkalmazásával.

4. Kémiai tulajdonságok megváltozása. Részben a beltartalmi összetevők abszolut mennyisége növelhető besugárzással, például nőhet a cukortartalom, az összes szárazanyag, emelkedhet az akaloidtartalom, más esetekben olyan formák jönnek létre, amelyekben az egyes összetevők aránya kedvezőbben alakul, például a fehérjefrakción belül növekszik az esszenciális aminosavak aránya.

5. Szomatikus mutációk előállitása vegetativ uton szaporitható növényeknél. Ilyen esetben a kedvező forma megjelenésével a nemesitői munka be is fejeződött, mivel nincs szükség arra, hogy további bonyolult eljárásokkal a kapott megváltozást homozigóta állapotba hozzák. Leggyakrabban a gyümölcstermő és disznövények minőségi jellegeinél használható eljárás.

6. Tisztavonalas fajtákban a variációs szélesség növelése pontmutációk indukálása révén. Lényege, hogy a tisztavonalas fajtákon belül csak mutáció révén jöhet létre megváltozás /a rekombinálódás lehetetlen/. Ilyenkor besugárzással széles variációs skálával rendelkező alapanyag állitható elő a további kiválogatás számára.

Zöldségfélék közül a borsóval foglalkoztak a legtöbbet. Rövidebb tenyészidejü, termékenyebb, nagyobb hüvely- és ezermagsulyu, egyöntetübb érésmenetü formákról számolnak be. Babnál radiomutációval az eredeti fajtánál termékenyebb, szálkátlan, bakteriózisnak ellenálló egyedeket kaptak. Paradicsomnál a besugárzás hatására gyakori a termőképesség növekedése, nagyobb bogyó, tenyészidő rövidülése, cukortartalom növekedése, az eltarthatóság javulása. Burgonyánál nagyobb termőképességü, rövidebb tenyészidejü, nagyobb keményitőtartalmu, fitoftorának, burgonyaráknak ellenálló alakokat kaptak. Uborkánál, dinynyénél nagyobb beltartalmi értékü, termőképességü fajtákról számolnak be.

Gyümölcstermő növényeknél a besugárzások felhasználása egyelőre még kevesebb eredményt tud felmutatni. Ennek oka részben az, hogy nagy részük poliheterozigóta, életciklusuk kevés kivételtől eltekintve hosszu, igy egy esetleges recessziv megváltozás rögzitéséhez szükséges minimálisan két nemzedék vizsgálatához egy egész évtizedre van szükség. Másrészt a gyümölcs értékét számos mutató együttesen határozza meg,és bármelyik tulajdonság javitása csak a többi tulajdonság legalább szinten tartása mellett hoz gyakorlatilag értékes formát.

Almánál szinváltozásról, fagyállóképesség fokozódásáról, nagyobb terméshozamu formákról tudósitanak. Cseresznyénél kompaktabb növekedésü, öntermékenyülő formákat sikerült előállitani. Több gyümölcstermő növénynél a sugárkezelés hatásosnak bizonyult az öninkompatibilitás megszüntetésére. Szőlőnél szinválto-

zást, fagyállóság-növekedést értek el.

Disznövényeknél elsősorban az alak- és szinbeli változásoknak van jelentősége. A vegetativ szaporithatóság sok esetben megkönnyiti a nemesitő munkát, mivel ilyen esetben a kedvező forma megjelenése tulajdonképpen a nemesitő munka végét jelenti, csupán az elszaporitás marad hátra. Disznövényeknél igen sok uj fajtáról számoltak be.

1.2. Stimulációs besugárzások

Viszonylag gyors, nagyüzemileg is alkalmazható eredményekkel kecsegtet a stimulációs besugárzás, bár az irodalmi adatok sok tekintetben ellentmondóak. Általában a szovjet irodalom a kérdést sokkal pozitivabban értékeli, mint a nyugati. A Szovjetunióban néhány, elsősorban kertészeti növénynél, mint retek, sárgarépa, dinnye, a módszert a nagyüzemi gyakorlatba is bevezették. 15-3o%-os termésemelkedést, koraiság-fokozódást, minőségjavulást /C-vitamin, karotintartalom, cukortartalom növekedése/ érnek el vele.

Problémát jelent, hogy az optimális dózis nem jól reprodukálható. A stimulációs görbe gyakran két maximumu,és ennek megfelelően a legkedvezőbb dózis alatt és felett is előfordulhat negativ hatás. Az optimális hatás függ a fajtától, a mag nedvességtartalmától, sőt a termőhely viszonyaitól is. Ennek következtében az egyes szerzők ugyanarra a növényre néha nagyságrendileg eltérő optimális dózist adnak meg. Ezért igen fontos, hogy az adott termőhelyre, a hazai viszonyokra is kidolgozzák a stimulációs hatás reprodukálhatóságához szükséges valamennyi elsődleges és másodlagos faktor határértékét.

1.3. Tartósitás céljából végzett besugárzások.

Az ilyen besugárzások inkább az élelmiszeripari tevékenység körébe tartoznak, de közvetlenül érintik egyes kertészeti termékek jobb értékesithetőségét.

A burgonya, a hagyma gyakorlatban is alkalmazott eljárásai mellett a kertészeti termékek közül egyelőre az alma, a gomba, a gesztenye, a szamóca, a vágott virágok tartósitása látszik a hazai gyakorlatban könnyen bevezethetőnek.

Igen jelentősnek látszik az az irodalmi adat, hogy a hagyma virágrügyszöveteinek igen nagy a sugárérzékenysége, már 2oo rad körüli dózis elegendő a virágot hozó hajtás képződésének teljes meggátlására, ugyanakkor a levélzet még normálisan fejlődik. Ez a sugárdózis a stimulációs tartomány körül van, és ezért esetleg elérhető a dughagyma egyszeri besugárzásával a felmagzásgátlás és a stimuláció.

1.4. Sugárzás segitségével történő vizsgálatok

Az irodalom a magvak életképességének vizsgálatára javasolja a lágy γ-sugarakkal való átvilágitást, mert igy az embrió nagysága, állapota jól észlelhető. Ugyancsak ajánlják az izotópos tömegmérést egyes növényi részek /gyümölcsök, káposztafej/ növekedési ütemének regisztrálására. Sugárabszorpcióval vizsgálható a gyümölcsfák vizháztartása is.

A sugárzással való analizis fontos területe az aktivációs analizis. A kertészet területén aktivációs analizist felhasználó dolgozattal nem találkoztunk, viszont megjelenés alatt van a szőlőpollen ásványi összetételével foglalkozó hazai dolgozat.

1.5. Izotópjelölés gyümölcsfáknál

Elsősorban a ^{32}P, ^{42}K izotóp felvételt, vándorlást tanulmányozták. Lényegesebb megállapitások:

Sürü gyökérzet esetén elegendő a fák körül egyes zónák tárgyázása. Az ásványi tápanyagok nemcsak felfelé mozognak a törzsben, hanem visszafelé is áramlanak,és bekerülnek a radioaktiv mütrágyával nem érintkező gyökerekbe is. Az egyes ágak felvételi dinamikája eltérő. A trágyázatlan fák több jelzett foszfort vesznek fel, mint a trágyázottak. Foszforhiányos talajon növő fáknál a hordozó nélkül és hordozóval adott jelzett foszfor fán belüli megoszlása nagyságrendileg is eltérő képet mutat. ^{59}Fe segitségével megállapitották, hogy a kelátokból való vasfelvétel különösen gyökéren keresztül többszöröse az ásványi formában felvettnek. A réz jelenléte a vas szállitását csökkenti. Stabil nitrogén izotóp alkalmazásával megállapitották, hogy az almafák nitrogénfelvételének sebessége, a megelőző nitrogénellátottságtól függ. Nitrogénhiányban szenvedő fák a fejtrágya nitrogénjét lassabban vették fel, mint a rendszeresen trágyázottak.

1.6. Izotópjelölés szőlőnél

A ^{32}P felvétel intenzitása két maximumot mutat, az első a megnyulásos növekedés végén, a másik a szüret utáni időben jelentkezett. A szőlő alanya és nemes része közti kapcsolatot vizsgálva megállapitható volt, hogy a ^{32}P felfelé vándorlásánál az oltási hely nem képez akadályt, de fékezi a lefelé szállitást.

Kiderült, hogy a zöld szőlőszemek a levegő szén-dioxidjából, vagy cukorból maguk állitják elő az almasavat és borkősavat. Almasav a levelekben is képződik. Éréskor az almasav egy része cukorrá alakul. A savtartalom csökkenése tehát nemcsak a légzés következménye.

1.7. Izotópjelölés zöldségféléknél

Szintén a ^{32}P a leggyakrabban használt izotóp. Megállapitották például, hogy a korai káposzta a fejlődés kezdetén elsősorban a szuperfoszfátból veszi fel a foszfort. Foszforfelvétel szempontjából a tenyészidő kezdetén a sekélyen, a tenyészidő végén a mélyen bemunkált müt ágya bizonyult kedvezőbbnek.

A paradicsom vasfelvételét a molibdéntartalom erősen befolyásolja,és a közepes molibdéntartalomnál a legnagyobb.

1.8. Izotópok alkalmazása egyes növényi részek külön megjelölésére

Megvalósitható a pollen jelölése, ami mikroautoradiográfiás, mikroszkópos vizsgálatot igényel.

1.9. Kertészeti termékek radioaktiv szennyeződésének vizsgálata

E kérdéssel viszonylag sok dolgozat foglalkozik. Megállapitják, hogy a zöldségfélék több ^{137}Cs-t és ^{9o}Sr-t vesznek fel, mint a takarmányok, vagy mint a gabonafélék.A szennyezettség a trágyázással bizonyos mértékig csökkenthető. A radioaktiv szennyeződés a késztermékekben is megjelenik. Bor esetében függ a borkészités technológiájától. Vörösboroknál nagyobb, mint a fehéreknél.

2. A hazai alkalmazások felmérése és elemzése

2.1. A növénynemesités, a radiomutáció és a radiostimuláció területén megindult a munka, ha nem is olyan intenziven, mint amilyenre a lehetőségek és adottságok biztositva vannak.

Ma már nem kétséges, hogy például a disznövénynemesitésnek a leggyorsabban eredményt hozó módszerei közé tartozik az indukált radiomutáció. Erre már hazai példa is akad. Az első ilyen uton előállitott krizantém fajtajelöltet 1969 őszén jelentette be a Kertészeti Egyetem Disznövény Tanszéke az állami fajtaversenybe. A mutánsokat az OAB célhitel programjának keretében állitották elő 1966-ban.

A szigetcsépi sugárkert 1967-ben megkezdte a szisztematikus munkát, amelynek kezdeti eredményei már jelentkeznek.

A Kertészeti Egyetem Nemesitési Tanszékének kezelésében müködő szigetcsépi sugárkertben eddig a következő növényeknél különitettek el radiomutánsokat és kezdték meg azok vizsgálatát: tulipán, dália, krizantém, rózsa, borsó, bab, paradicsom, szőlő, kajszi, szamóca.

A szőlőnél például a Hamburgi Muskotály fajtához hasonló, annál értékesebbnek látszó, korai mutánst, kajszinál piroslevelü mutánsokat emeltek ki.

Borsónál egészen korai mutánst találtak. Paradicsomnál, csemegekukoricánál sikerült az egymással nem kereszteződő fajták inkompatibilitását besugárzott pollen alkalmazásával /4oo rad dózissal/ megszüntetni. Szin és alakmutánsok jelentkeztek dáliánál, rózsánál, krizantémnál és tulipánnál. Ezeket elkülönitették és jelenleg szaporitják.

A szigetcsépi forrás ^{60}Co aktivitása jelenleg 15o Ci. Az eddigi megfigyelések szerint az optimális mutációs sáv a legtöbb növény esetében a forrástól mintegy 12-14 m-re helyezkedik el.

Értékes radiomutációs eredményei vannak a Gyógynövénykutató Intézetnek. Uj, nagy hatóanyagtartalmu menta mutánst állitottak elő; olyan uj anyarozs törzseket produkáltak, amely nemcsak rozson tenyészthető,és 4 hét alatt termőre fordul; Solanum Laciniatumból 4o%-kal nagyobb hatóanyagtartalmu törzset, édesköményből lo% fölötti hatóanyagtartalmu tipust szelektáltak besugárzással való kezelés után.

A Buzatermesztési Kutató Intézet /Szeged/ paprikanemesitési csoportja foglalkozik a füszerpaprika radiomutációs nemesitésével. A gyors neutron- és γ-sugárzással kezelt anyag szelekciója folyik.

Tudomásunk van még Cymbidium sejtkulturák besugárzásáról /Sasad MTSz/, amelyekből számos mutáns növényt neveltek fel; pollensteril paradicsomnutánsról, amelyet Kecskeméten állitottak elő,és a tarcali szőlőnemesitő telepen folyó intenziv radiomutációs munkáról /gyors neutronokkal és γ-sugárzással kezelték a magokat, illetve a dugványokat/.

A radiostimuláció alkalmazására a kertészeti növények közül elsősorban a paradicsommal végeztek Gödöllőn és Kecskeméten vizsgálatokat.

Gödöllőn korábbi érésről számoltak be. Kecskeméten a paradicsom fejlődésének kezdeti időszakában volt kimutatható stimulációs hatás, terméshozamban ez már nem jelentkezett.

A paradicsommagvak hazai stimulációs kezelésénél kapott előnyös beltartalmi és formai megváltozások arra utalnak, hogy nemcsak a termés mennyiségének és koraiságának lehet a jövőben szerepe, hanem konzervipari értékeknek is. Az 1969. évi stimulációs kisérletek adataiból az látszik, hogy a termés mennyisége nem változott, de a bogyók száma szignifikánsan megnőtt, miközben méretük kisebb lett és egymáshoz képest egalizálódott.

E kezdeti próbálkozásoktól eltekintve nálunk a kertészeti növények magvainak stimulációs célból történő besugárzásával nem foglalkoztak, pedig éppen a kertészeti növények esetében várható a módszer üzemi elterjeszthetősége. A növényházi, fólia alatti termesztésnél előnyös lehet a tenyészidő lerövidülése,

és több növény van, amelyeknél a gyorsan növő vegetativ részeket értékesitik. A stimulációs hatás pedig többnyire a vegetativ tömeg növekedésében mutatkozik meg reprodukálható módon.

2.2. Nyomjelzéses technika

Az egyes intézmények a nyomjelzéses technikát a gyakorlatilag fontosnak látszó kérdések vizsgálatánál igyekeztek alkalmazni. A témaválasztás mégsem volt mindig jó, mert egyik-másik esetben a kérdés megoldása nem feltétlen kivánt volna izotópos vizsgálatot. A vizsgálatokat főleg ^{32}P-vel és néhány γ-sugárzó izotóppal végezték. Lágy β-sugárzók korszerü mérésére alkalmas folyadékszcintillációs berendezés egyik laboratóriumnak sincs. Az intézmények nukleáris müszerparkja nagyrészt 1960 előtt gyártott készülékekből áll.

A nyomjelzéses technika terén végzett fontosabb vizsgálatok:

A Kertészeti Egyetemen vizsgálták a talajok foszfor- és kálium-adszorpcióját. Az irodalomban gyakran előforduló véleményekkel szemben leszögezték, hogy a talajokban végbemenő tápanyagmozgás megitélésére az izotópmegoszlás miatt a jelölt atomokkal történő vizsgálat általában nem alkalmazható. Előfordult, hogy ugyanazon talaj erősebben trágyázott, nagy tápanyagtartalmu parcelláin, illetve az erről származó mintáknál kisebb volt az aktiv foszfor- és káliummozgás, mint a kis tápanyagtartalmu talajon. Ugyanakkor az abszolut tápanyagkimosódás jelentős volt.

A Kertészeti Egyetem Szőlőtermesztési Tanszéke a Csepeli Fémművek Központi Izotóp Laboratóriumával közösen aktivációs analizissel vizsgálta a szőlőpollen mikroelemtartalmát.

A Keszthelyi Agrártudományi Főiskolán foglalkoztak a zöldségnövények nyomelemfelvételének izotópos vizsgálatával.

2.3. Javaslatok a szakterület továbbfejlesztésére

Az ismertetett anyagból kiderül, hogy a kertészeti kutatásban és gyakorlatban hazánkban még igen nagy lehetőségei vannak az atomtechnikának. A növénynemesités terén igen időszerü volna a kertészeti növényeknél a radiomutáció hazai alkalmazásának kiszélesitéséhez megteremteni a feltételeket. Az ilyen irányu alkalmazások világviszonylatban tapasztalható előrehaladottsága miatt ez a közeljövőben nálunk is napi probléma. A radiomutációs disznövény, szőlő, gyümölcs nemesitésére tanulmányozni kellene Hollandiában /Wageningen/, az NDK-ban /Gatersleben/ és Dániában /Riső/ folyó hasonló munkákat. Egyidejüleg főhatóságunknak hivatalosan kutatási témává kellene nyilvánitania a mutációs témát.

A kertészeti rádiomutációs nemesités céljára a szigetcsépi sugárkert elő-állit mutációs anyagot, azonban továbbszaporitása és szelekciója a jelenlegi helyzetben megnyugtató módon nincs megoldva. Szükséges lenne a szelekciós idő lerövidítése a téli munkalehetőségek megteremtésével, a dugványok, palánták előnevelésének, a szelektált anyatövek továbbszaporitásának, remontálásának megoldása.

A kertészeti növényeknél igen gazdaságosnak látszik a stimulációs effektus hasznositása. E téren néhány évi kisérleti munka után jelentős, gyakorlati hasznositás lehetséges.

Felmerült az a gondolat, hogy a stimuláció kertészeti gyakorlatba való bevezetése akkor lenne indokolt, ha a - magtételenként esetleg változó - optimális stimulációs dózist az üzemi besugárzás előtt kisérleti uton mindig meg lehetne határozni. Gyors vizsgálatokat kellene kidolgozni, melyeknél valamilyen jól mérhető változás /pl. csirázási sebesség, kezdeti zöldtömeg növekedés, ^{32}P felvétel, ^{14}C asszimiláció, stb./ párhuzamba állitható az üzemi viszonyok között jelentkező stimulációs hatással. Ennek lehetősége valószinünek látszik. Ha az elképzelés beválna, minden magtételnél a megkivánt besugárzási időpont előtt külön besugárzással megállapitanák az optimális dózist,és ezzel végezve a besugárzást, a stimuláció garantálható lenne.

A stimuláció bevezetése a kertészet terén elsősorban a korai zöldségtermesztésben látszik indokoltnak. Első ütemben az üvegházi, fólia alatti korai zöldségtermesztésben célszerü a bevezetése, itt látszik a legnagyobb hatásfokunak az eredmény,és ezeknek az üzemeknek a vetőmagbesugárzása jól megszervezhető.

197o-ben elõször kritikus reaktorok

1969.XII.1. - 197o.XI.3o.

Teljesitményreaktorok, kisérleti teljesitmény-reaktorok

Név	Ország	Telephely	Tipus	Teljesitmény	Megrendelő	Épitő	Először kritikus
Rapsodie-Fortissimo	Franciaország	Cadarache	gyors,Na-os	41 MW_{el}	CEA	CEA	7o.VIII.
Fukushima-1	Japán	Honshu	elgőzölögtető	44o MW_{el}	Tokyo Electric Power Co.	GE/USA/	7o.VII.5.
Mihama-1	Japán	Niu	nyomottvizes	34o MW_{el}	Kansai Electric Power Co.	Mitsubishi Westinghouse/USA/	7o.VII.29.
Gentilly	Kanada	Gentilly	CANDU-BLW D_2O/H_2O	25o MW_{el}	Quebec Hydro Electric Comm., AECL	AECL/ Quebec Hydro Electric Commission	7o.XI.12.
Novo-Voronyezs-2	Szovjetunió	Novo-Voronyezs	nyomottvizes	365 MW_{el}	--	--	69.XII.23.
Ginna	USA	Brookwood	nyomottvizes	47o MW_{el}	Rochester Gas et. Electric Co.	Westinghouse	69.XI.9.
Dresden-2	USA	Grundy-County	elgőzölögtető	8o9 MW_{el}	Commonwealth Edison	GE	7o.I.7.
H.B. Robinson-2	USA	Hartsville	nyomottvizes	7oo MW_{el}	Carolina Power et. Light Co.	Westinghouse	7o.IX.2o.

Kutatóreaktorok, nullenergiáju reaktorok, kritikus kisérletek

Tapiro	Olaszország	Casaccia	Nullenergiás termikus gyorsreaktor	1 kW_{th} később 5 kW_{th}	CNEN	CNEN	1969.vége
ROSPO	Olaszország	Casaccia	nyomottvizes tank	o,2/2 kW_{th}	CNEN	CNEN	7o.I.19.
Slowpoke	Kanada	Chalk River	tank	2 kW_{th}	AECL	AECL	7o.IV.
Ermine	Franciaország	Fontenay-aux-Roses	nullenergiás termikus gyorsreaktor		CEA	CEA	7o.nyara
BFS-2	Szovjetunió	Melekessz	termikus gyorsreaktor		--	--	1969.vége

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 3. szám

Érvényben lévő sugárvédelmi jogszabályok

FEHÉR L., GÁCS F.

Fővárosi Közegészségügyi és Járványügyi Állomás

A balesetmentes munkavégzést biztositó sugárvédelmi jogszabályok és előirások magyarázó értékelése.

Действующие правовые формы защиты от излучения
Фехер, Л., Гач, Ф.
Оценка и выяснения правовых форм и предписаний : щиты от излучения, обеспечивающих безопасность работы.

Operative statutes of radiation protection
Fehér, L., Gács, F.
An evaluation of and commentary on statutes and regulations, ensuring safety of work with radiation.

Bevezetés

Magyarországon a mesterséges radioaktiv izotópokat 1954-től alkalmazzák a tudomány, az ipar, a mezőgazdaság stb. területén. A nemzetközi irodalom számos sulyos balesetről számol be, amelyek oka a radioaktiv izotópok nem megfelelő alkalmazása, az előirások, óvórendszabályok megsértése. Hazánkban ilyen balesetek nem fordultak elő, amit annak tulajdonithatunk, hogy rögtön az izotópalkalmazás fellendülésekor nagy figyelmet forditottak a sugárvédelemre. Ebben a tevékenységben élen járt az MTA Központi Izotóp Bizottság, majd az OAB Izotópalkalmazási Szakbizottság, és a müszaki és egészségügyi szakemberek. Szabványokat, óvórendszabályokat alkottak, amelyek nagymértékben segitették a felhasználókat a biztonságos izotópalkalmazásban. Később tervezési irányelveket dolgoztak ki a sugárveszélyes munkahelyek célszerü kialakitására. Ma már a sok érvényes jogszabály, szabvány, tervezési irányelv között tájékozódni nemcsak a felhasználóknak, de sokszor a sugárvédelemmel foglalkozó hatóságoknak is gondot okoz. Ugyanakkor a szakmai ismeretek mellett a sugárvédelmi előirások ismerete is fontos, mert ez nagy szerepet játszik a balesetmentes munkavégzésben. A magyar sugárvédelmi jogszabályok jellegükben is a megelőzést szolgálják, de alkalmasak is funkciójuk betöltésére. Szükségesnek látjuk, hogy felhivjuk a figyelmet a jelenleg érvényes jogszabályokra, esetenként konkrét példával magyarázzuk alkalmazásukat.* Ugy véljük, hogy ezt méltán tehetjük meg, hiszen a Fővárosi Közegészségügyi és Járványügyi Állomás az elmult 12 év alatt e jogszabályokra támaszkodva végezte munkáját.

* Megjegyezzük, hogy a tárgyalás során nem foglalkozunk ipari és orvosi röntgen-felhasználásra vonatkozó előirásokkal.

1. Sugárveszélyes munkahelyek létesitésére, engedélyezésére vonatkozó jogszabályok

A sugárveszélyes munkahelyekre érvényesek az egyéb munkahelyek létesitésére vonatkozó előirások is. Ezek közül kiemeljük az Állami Közegészségügyi-Járványügyi Felügyeletről szóló 18/1968. Korm. sz. rendeletet és az ennek végrehajtására kiadott 2/1968. Eü.M. sz. rendeletet. Ezt azért emlitjük meg, mert ezek a rendeletek biztositják a Felügyelet számára a hatósági jogkört. E jogszabály kimondja, hogy bármely létesitményt csak a közegészségügyi, jelen esetben a sugáregészségügyi feltételek betartásával lehet telepiteni, felépiteni és üzemeltetni. E jogszabály biztositja a jogot bármely objektum előzetes és folyamatos közegészségügyi ellenőrzésére az objektumon belül és annak környezetében.

Fentieken tulmenően sugárveszélyes munkahelyek létesitésére külön jogszabályok is vannak érvényben."A Magyar Forradalmi Munkás-Paraszt Kormány 10/1964. /V.7./ sz. rendelete sugárzó /radioaktiv/ anyagokról és készitményekről", valamint ennek végrehajtása tárgyában kiadott 1/1964. /V.7./ Eü. M. sz. rendelet is foglalkozik sugárveszélyes munkahelyek létesitésének kérdéseivel.

E szerint "A" és "B" tipusu izotóplaboratóriumot, valamint hasonló veszélyességü más sugárveszélyes munkahelyet csak az épitésügyi miniszter által erre kijelölt intézet terveznet, "C" tipusu laboratóriumot bármely tervező intézet is.*

Jelenleg az Iparterv Radiológiai Osztálya végzi az "A" és "B" szintü izotóplaboratóriumok tervezését. A "C" szintü munkahelyek tervezéséhez rendelkezésre áll a MOTI 31-68. "Tervezési irányelvek radioaktiv anyagokkal végzendő "C" osztályu munkákra szolgáló kémiai laboratóriumok, munkahelyek" cimü kiadvány. A közelmultban érvénybe lépett az MSZ 62-69. "Radioizotópok sugárzása elleni védelem" cimü szabvány, szintén foglalkozik sugárveszélyes munkahelyek tervezési kérdéseivel. Uj munkahelyek tervezésénél - mint speciális előirásokat - a fentieket kell figyelembe venni. Amennyiben valamely intézet, vállalat régebben létesitett kémiai laboratóriumban kiván radioaktiv anyagot felhasználni, az egészségügyi hatóságok engedélyét kell kérni. Ebben az esetben a tervjóváhagyás - tekintve, hogy megépült létesitményről van szó - nem szükséges. Az egészségügyi hatóságok előzetes helyszini szemle alapján, a szabvány előirásainak figyelembevételével, feltételek előirása mellett vagy e nélkül, engedélyezik az izotópfelhasználást a meglévő munkahelyen. Ugyanez vonatkozik pl. ipari üzemekben felszerelendő radioaktiv-izotópos müszerek engedélyezésére is.Uj létesitmények terveinek elbirálását sugáregeszségügyi -sugárvédelmi szempontból is el kell végezni. Az ezzel a feladattal megbizott állami közegészségügyi-járványügyi felügyelő /ÁKJF/

*"A", "B", "C" tipusu /szintü/ izotóplaboratórium, munkahely: inkorporációs veszély alapján a laboratóriumokat, munkahelyeket 3 csoportba soroljuk: az "A" tipusu magas, a "B" tipusu közepes, a "C" tipusu munkahely alacsony szintü izotópfelhasználást tesz lehetővé.

a tervre vonatkozó : véleményét megküldi az illetékes épitési osztálynak, amely azt az épitési engedély kiadásakor kötelezően figyelembe veszi. A vonatkozó rendeletek /1/1964. Eü.M. sz. és a módositására kiadott 1/1965. Eü. M. sz. rendelet, valamint a 8/1965. Eü.M. sz. utasitás/ értelmében "A" szintü munkahelyek /mint pl. az MTA Központi F ikai Kutató Intézete és az MTA Izotóp Intézete/ terveinek elbirálását és a létesitmények rendszeres közegészségügyi felügyeletét az Egészségügyi Minisztérium látja el. Ugyanezen rendelkezések értelmében "B" és "C" szintü munkahelyek terveinek elbirálása, a rendszeres közegészségügyi felügyelet, a területileg illetékes KÖJÁLok hatáskörébe tartozik. Országos jellegü sugárveszélyes munkák engedélyezése,függetlenül a felhasználási szinttől,az Egészségügyi Minisztérium hatáskörébe tartozik.

Jelenleg még érvényben lévő Egészségügyi Minisztérium 22/1966. sz. utasitása a "Radioaktiv sugárzás veszélyének kitett dolgozók balesetelháritó és egészségvédő óvórendszabálya. Sugárvédelmi normák" tiltó rendelkezést is tartalmaz sugárveszélyes munkahely létesitésére. E szerint "lakóházakban radioaktiv anyagot felhasználó laboratóriumokat, intézményeket és vállalatokat elhelyezni, vagy radioaktiv anyagokkal bármilyen rendszeres munkát végezni tilos". Esetenkénti elbirálás alapján nagymértékü környezeti szennyeződés veszélyével járó munkahelyek telepitésénél az Egészségügyi Minisztérium védőövezet létesitését rendelheti el.

Konkrét megfogalmazásban sugárveszélyes munkahely létesitésénél az alábbiak szerint kell eljárni:

Tételezzük fel, hogy valamely intézetben nyitott radioaktiv izotópok felhasználására szolgáló munkahelyet kivánnak létesiteni. Első lépésként az izotópot felhasználóknak el kell dönteni, hogy a várható munka jellegénél fogva milyen izotópokból milyen aktivitásmennyiségeket kivánnak alkalmazni. A laboratóriumi izotópfelhasználási szintre /"A","B","C" szintre/ vonatkozóan, a szabvány tartalmaz utmutatást is. Ebből megállapitható, hogy adott izotópfajta és mennyiség felhasználásához milyen szintü izotóplaboratórium szükséges. Amennyiben a felhasználási szint pl. "B" tipusu izotóplaboratórium létesitését teszi szükségessé, ugy megkeresik a kijelölt tervező intézetet. A tervezesi munkák megkezdése előtt helykijelölési eljárást kell végezni, amelyre az egészségügyi hatóságokat is meg kell hivni. Elképzelhető - és volt már rá példa -,hogy a tervezett helyen sugárveszélyes munkahely létesitését, üzemeltetését az egészségügyi hatóságok nem engedélyezik.

A tervek jóváhagyását beruházási program, tanulmányterv szinten is el lehet kezdeni. Felhivjuk a figyelmet, hogy a terveket vizjogi engedély megszerzése céljából az illetékes vizügyi hatóságokkal is engedélyeztetni kell. A kivitelezési munkákat a jóváhagyott terveknek, az épitési engedélyben kö-

zölt előirásoknak a figyelembevételével kell végezni. Amennyiben valamilyen oknál fogva ettől el kell térni, ugy az engedélyező hatóságok felmentése szükséges. Ellenkező esetben előfordulhat, hogy az elkészült létesitmény müszaki átadásához, üzemeltetéséhez nem járulnak hozzá.

A jóváhagyott tervek szerint elkészült sugárveszélyes munkahelyek müszaki átadására meg kell hivni a területileg illetékes egészségügyi hatóságokat is. A müszaki átadáskor az egészségügyi hatóságoknak mód nyilik arra, hogy a kivitelezési munkákkal kapcsolatosan sugárvédelmi, sugáregészségügyi szempontból észrevételt tegyenek. A müszaki átadást az engedélyező hatóságok részéről üzembehelyezési eljárás követi. Erre az időpontra a munkahelyet alkalmassá kell tenni az izotópfelhasználásra; ezen azt értjük, hogy pl. a sugárveszélyt jelző táblától a hulladékgyüjtő edényig bezárólag minden berendezési tárgynak a helyén kell lennie. Az üzembehelyezés során az egészségügyi hatóságok megszabják, hogy egyidejüleg az adott munkahelyen hány személy végezhet izotópos munkát. A kiadott felhasználási engedély tartalmazza az egyszeri felhasználásnál igénybevehető maximális radioaktiv-izotóp-mennyiséget, valamint a tárolható összaktivitást. Az adott munkahely veszélyességi fokának megitélésénél figyelembe kell venni és az engedélyben közölni az évente felhasználható radioaktivizotóp-mennyiséget is.

2. Radioaktiv izotópok forgalmazása

A lo/1964. Korm. számu rendelet, valamint az 1/1964. Eü.M. számu rendelet szerint sugárzóanyagot /vagy -készitményt/ kizárólag az MTA Izotóp Intézete, illetve az Intézet rendelkezése alapján eljáró szerv hozhat forgalomba. Ezzel kapcsolatosan felhivjuk a figyelmet arra, hogy adott sugárveszélyes munkahely csak abban az esetben adhat kölcsön, vagy véglegesen át radioaktiv anyagot más munkahely részére, ha ehhez az Intézet engedélyét megszerezte. Az MTA Izotóp Intézetén kivül az Intézet megbizásából esetenként külkereskedelmi szerveken keresztül is forgalmazhatók radioaktiv izotópok. Ez müszerek tartozékaként beérkező radioaktiv anyagokra vonatkozik.

3. A radioaktiv izotópok felhasználásának személyi és tárgyi feltételei

Az 1/1967. Eü.M. sz. rendelet,amely a lo/1964. Korm. sz. rendelet, s az 1/1964. Eü.M. sz. rendelet módositása, a sugárveszélyes munkahelyen dol gozó személyek szakképesitésére vonatkozóan az alábbiakat irja elő:

"/1/ A sugárzó anyagokra és készitményekre vonatkozó termelési, illetve felhasználási /szállitási/ engedélyben meghatározott munkakörben csak olyan személyek foglalkoztathatók, akik a munkakörben megkivánt iskolai végzettségen, vagy egészségügyi képesitésen felül az engedélyben meg-

határozott szakképzettséget is megszerezték.

/2/ Szakképzettséghez kötött munkakörre kivételesen olyan személy is alkalmazható, aki a munkakörre meghatározott szakképzettséggel nem rendelkezik. Az ilyen személy köteles azonban a szakképzettséget az alkalmazástól számitott egy éven belül megszerezni. A munkáltató köteles gondoskodni arról, hogy az alkalmazott személyt - még munkájának megkezdése előtt - a sugárvédelmi megbizott és a kijelölt szakképzett dolgozó szakmai és sugárvédelmi oktatásban részesitse. Az igy kioktatott dolgozó sugárzó anyagokkal, vagy készitményekkel csak szakképzett dolgozó jelenlétében és ellenőrzése mellett végezhet munkát."

Szakmunkásoknak és kisegitő munkát végző dolgozóknak nem kell szaktanfolyamot végezni. Az ilyen személyeket a sugárvédelmi megbizott köteles kioktatni a munkájukkal kapcsolatos sugárvédelmi ismeretekre. Izotóptanfolyam végzése alól történő ideiglenes felmentést a területileg illetékes egészségügyi hatóságok adják meg. Megjegyezzük, hogy az egyetemi tanulmányok alatt végzett radioaktiv izotópos munka egyelőre nem jogosit izotóptanfolyam alóli végleges felmentésre.

Minden zárt vagy nyilt izotóppal dolgozó szakembernek izotóptechnikai-sugárvédelmi tanfolyamon kell résztvennie, melyet az orvosi izotópalkalmazással foglalkozók részére az Orvostovábbképző Intézet, a többiek számára pedig a Budapesti Müszaki Egyetem Továbbképző Intézete szervez. A tanfolyamot végzettek az Egészségügyi Minisztérium képviselőjéből és más szakemberekből álló bizottság előtt tett vizsga alapján jogosultak sugárveszélyes munkákra. Az "A" és "B" szintü izotóplaboratóriumok sugárvédelmi megbizottjai részére kiegészitő képzés is szükséges, melyre 1-2 éven belül várhatólag ismét mód nyilik. Valamennyi szinten kötelező a rendszeres ismétlő továbbképzés is.

A személyi feltételeknél emlitjük meg, hogy a 10/1964. Korm. sz. rendelet alapján a sugárveszélyes munkahelyen dolgozók a felvételkor, s a továbbiakban "A" szintü izotóplaboratóriumoknál negyedévenként, a "B" szintü izotóplaboratórium esetében félévenként, "C" szintü izotóplaboratóriumok esetében évente egyszer az egészségügyi miniszter által előirt orvosi vizsgálaton kötelesek résztvenni. E vizsgálatokat mindig a területileg illetékes szakrendelőkben végzik el. Kivételt képez az olyan munkahely, ahol megfelelő üzemorvosi rendelés van /pl. Csepel Vas- és Fémmüvek/.

A 8/1965. Eü. sz. utasitás alapján radioaktiv anyagok átvételére a területileg illetékes egészségügyi hatóságoktól beszerezhető engedéllyel kell rendelkezni. Az engedély kéréséhez az alábbi adatok megadása szükséges: név, beosztás, személyi igazolvány száma,szakképesités, valamint az Intézet megnevezése.

A radioaktiv izotópok felhasználásának tárgyi feltételeivel összefüggő jogszabályokat részben a munkahelyek létesitésével kapcsolatosan tárgyaltuk. A munkahelyen kivül az izotópos munka tárgyi feltételeihez tartoznak a munkahelyek berendezési tárgyai, eszközei. A szabvány részletesen tárgyalja a különböző radioaktiv munkálatoknál alkalmazandó védőeszközöket, laboratóriumi butorokat, izotóptároló kiképzésére vonatkozó követelményeket. A tárgyi feltételek biztositásánál kiemelnénk azt a követelményt, hogy minden munkahelyen az adott radioaktiv izotóppal való szennyeződés mérésére megfelelő müszerrel kell rendelkezni. Minden munkahelyen kötelező dekontaminációs készülék tartása. Az 1/1964. Eü.M. sz. rendelet szabályozza a minimálisan szükséges dekontaminációs készlet tartalmát.

4. Biztonságos munka végzésére vonatkozó jogszabályok

Radioaktiv munka végzése során esetlegesen fellépő sugársérülések, balesetek elkerülésére, a biztonságos munka végzésére, a jelenleg érvényben lévő óvórendszabály tartalmaz előirásokat. Foglalkozik nyitott, zárt izotópok felhasználásával és a felhasználásra előirt biztonságos munka feltételeivel. Az óvórendszabály jelenleg átdolgozás alatt áll, s az uj óvórendszabály megjelenése ebben az évben várható.

5. Bejelentési kötelezettségek

Az 1/1964. Eü.M. sz. rendelet alapján a sugárveszélyes munkahelyeken foglalkoztatott személyek körében vagy szakképzettségében bekövetkezett változásokat a munkáltató köteles 8 napon belül az egészségügyi hatóságoknak bejelenteni. Ugyanezen rendelet szerint, ha valamely munkahelyen olymérvü radioaktiv szennyeződés történik, amelynek értéke a megengedett szint alá nem csökkenthető, vagy a radioaktiv munkahelyen kivül eső területet is érint, azt a szükséges intézkedések megtétele érdekében az illetékes egészségügyi hatóságoknak távbeszélőn azonnal, majd ezt követően irásban kell jelenteni.

Ha valamely munkahelyen bármely okból feleslegessé válik sugárzó anyag, azt kötelesek az MTA Izotóp Intézetének bejelenteni. Amennyiben az Intézet nem tart igényt a kérdéses radioaktiv készitményre, csak abban az esetben lehet radioaktiv hulladékként átadni.

6. Nyilvántartások vezetése

Minden munkahelyre beérkezett radioaktiv anyagról,azok felhasználásáról nyilvántartást kell vezetni. A nyilvántartáshoz szükséges naplót az MTA Izotóp Intézete bocsátja a felhasználók rendelkezésére. Az óvórendszabályban közöltek figyelembevételével az egészségügyi hatóságok még a következő nyilvántartások vezetését követelik meg:

az orvosi vizsgálatok eredményeinek,
a dózisterheléseknek,
az oktatás megtartásának és tematikájának,
a munkahelyi radioaktiv szennyezettség ellenőrzésének,
a radioaktiv hulladékok gyüjtésének,
a kibocsátott szennyviz ellenőrzésének /csak "A","B" szintnél/ nyilvántartása.

7. Radioaktiv izotópok szállitása

Radioaktiv izotópok szállitásának kérdésével az 1/1964. Eü.M. sz. rendelet és az MSZ 62-69. sz. szabvány foglalkozik. A rendelkezések értelmében szállitási engedélyt mindig az a területileg illetékes KÖJÁL adja, amelynek az illetékességi területéről a szállitás történik. Például, ha egy veszprémi izotóplaboratórium dolgozója kiván radioaktiv izotópot Budapestről szállitani, akkor a szállitási engedélyt a Fővárosi KÖJÁL-tól kell kérni. Abban az esetben, ha valamely vállalat országos jellegü munkák elvégzése céljából az ország különböző helyeire kiván radioaktiv anyagot szállitani, az engedély kiadása az Egészségügyi Minisztérium hatáskörébe tartozik.

A szállitással kapcsolatos előirások közül különösen felhivnánk a figyelmet arra, hogy radioaktiv anyagot közhasználatu személyszállitó járműveken /autóbuszon, villamoson, taxin/ szállitani tilos. A szállitás végezhető pl. vállalati gépkocsin. A gépkocsit a rendelet értelmében sugárveszélyt jelző tárcsával, valamint baleset esetére a helyszin ideiglenes lezárására szolgáló jelzőtáblákkal kell ellátni. Igen fontos, hogy a rakomány a gépkocsin rögzitve legyen. A gépkocsin mást nem szabad szállitani. A szállitási utvonalat, a szállitási engedély számát a menetlevélen fel kell tüntetni. A szállitás befejezése után szennyezettségmérést kell végezni.

A szállitóeszköz külső felületén a dózisteljesitmény nem haladhatja meg a 2oo mR/h értéket. A személyek tartózkodási helyeitől olyan biztonsági távolságokat kell betartani, hogy a személyi dózisok a szállitás során ne haladják meg a besugárzási kategóriának megfelelő, megengedhető maximális értékét.

8. Radioaktiv hulladékok kezelésére vonatkozó előirások

Az 1/1964. Eü.M. sz. rendelet értelmében a Fővárosi KÖJÁL gyüjti be és szállitja az általa fenntartott izotóphulladék-tárolóba az ország különböző munkahelyein keletkező radioaktiv hulladékot. Az érvényben lévő szabvány definiciókat tartalmaz a radioaktiv hulladék fogalmára vonatkozóan. E szerint szilárd hulladéknak tekinthető minden olyan hulladék, amelynek fajlagos aktivitása több mint ezerszerese az ivóvizre vonatkozó MMK* értéknek.

* Az ivóvizre vonatkozó MMK érték: egyes izotópoknak az ivóvizben megengedhető maximális koncentrációi közvetlenül a népesség részére.

Amennyiben a hulladék fajlagos aktivitása ez alatt az érték alatt van, a hulladék közönséges szemétként kezelhető. Szükségesnek tartottuk ezt azért kiemelni, mert tapasztalataink szerint a felhasználók részéről sok esetben az átadásra kerülő hulladék fajlagos aktivitása nem éri el a radioaktiv hulladékokra megállapitott értéket.

Folyékony hulladékoknál különbséget kell tenni 6o napnál rövidebb, illetve 6o napnál hosszabb felezési idejü hulladékok között. A 6o napnál rövidebb felezési idejü hulladékok csak akkor tekinthetők radioaktiv hulladéknak, ha fajlagos aktivitásuk több mint százszorosa, 6o napnál hosszabb felezési idejü hulladékok esetében pedig több mint tizszerese az ivóvizre megengedett MMK értéknek. E fajlagos aktivitás alatti folyékony hulladék közönséges hulladékként eltávolitható. Felhivjuk a figyelmet azonban arra, hogy a szabvány bizonyos korlátozó előirásokat is tartalmaz a környezetbe eltávolitható hulladékok mennyiségére, módjaira vonatkozóan. Az óvórendszabály is foglalkozik radioaktiv hulladékok kezelésével. Bizonyos vonatkozásban eltérések tapasztalhatók a szabványban és az óvórendszabályban foglaltak között. Anélkül, hogy az eltérésekkel részletesen foglalkoznánk, megemlitjük, hogy a szabványban foglaltak az irányadók.

Radioaktiv hulladékok laboratóriumi kezelésére és begyüjtésére a Fővárosi KÖJÁL is kiadott 196o-ban körlevelet. Ennek módositása 1972-ben várható. Az uj rendelkezés megjelenéséig a hulladékkezelés elősegitése érdekében a következő tájékoztatást adjuk.

A Fővárosi KÖJÁL jelenleg csak a szilárd radioaktiv hulladékokat gyüjti be. Begyüjtésre kerül a 3o napnál hosszabb felezési idejü radioaktiv hulladék. A hulladékot szolgáltatóknak levélben kell kérni a hulladék elszállitását. A levélben a következő adatokat kell közölni:

Zsákos hulladék esetében:

a zsákok számát, a dózisteljesitmény értékét a zsák felületén /a felülettől 1 m-re/, a szennyezőizotópok megnevezését, hozzávetőleges aktivitásértékét.

Zárt sugárforrások esetében:

a sugárforrások számát, fajtáját, tényleges aktivitását, valamint a sugárforrás méretére vonatkozó adatokat.

Hordós hulladékok esetében:

amennyiben valamely munkahelyen nagymennyiségü, nagy fajsulyu /pl. beton/ hulladék keletkezik, a csomagolás előtt fel kell venni a kapcsolatot a Fővárosi KÖJÁL-lal. A Fővárosi KÖJÁL közli a csomagolásra vonatkozóan a

követelményeit. Legtöbbször 150-200 l-es fémhordókba való csomagolás a megengedett. A hordókat előzőleg korrózió ellen védeni kell, majd a hulladék belehelyezése után légmentes lezárást kell biztositani.

A laboratóriumi hulladékkezelés során a következő hiányosságok fordulnak elő leggyakrabban.

A hulladék átadásakor nem tudnak pontos adatokat szolgáltatni a hulladékban lévő izotóp fajtájára, mennyiségére vonatkozóan. Sok esetben a hulladékot alkotó inaktiv anyagokra sem tudnak felvilágositást adni. Ennek a hiányosságnak a kiküszöbölését szolgálja a fentebb emlitett radioaktiv hulladékok kezeléséről szóló nyilvántartás vezetése. Sok esetben a polietilén, PVC zsákba csomagolt hulladék olyan szilárd anyagokat is tartalmaz /üveg, stb./,amelyek a zsákok mechanikai sérülését okozhatják,és ezáltal radioaktiv szennyeződést idéznek elő a szállitásnál. Ezért esetenként szükségessé válik a hulladék ujbóli átcsomagolása. Ez megelőzhető azzal, hogy a sérülést kiváltó anyagokat a zsákokbahelyezés előtt pl. kartondobozba csomagolják.

9. Egyéb sugárvédelmi rendelkezések

4/1965. Eü.M. sz. rendelet a sugárártalomnak kitett munkahelyen dolgozók sugárterhelésének ellenőrzésével foglalkozik. E feladat ellátásával az Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézetet bizták meg. Az Intézet havonta filmdozimétereket küld dijtalanul azokra a sugárveszélyes munkahelyekre, ahol 5 mCi-t meghaladó γ-sugárzó anyagot használnak fel. Ha valamely dolgozó filmje havi 1,5 R-nél, vagy három egymást követő hónap alatt 3 R-nél nagyobb sugárterhelést mutat, az Intézet haladéktalanul értesiti a területileg illetékes KÖJÁL-t, amely intézkedéseket tesz az ellenőrzés során talált hiányosság megszüntetésére.

A Filmdozimetriai Szolgálattal kapcsolatosan felhivnánk a figyelmet arra, hogy egyes munkahelyekről megkésve küldik be a filmdozimétereket, s ezért a filmek értékelése akadályokba ütközik. Dózisterhelések kivizsgálásánál az tünik ki sok esetben, hogy a kapott értékek a filmdoziméterek nem rendeltetésszerü használatából eredtek /pl. munkaköpenyeknek és azzal együtt filmdozimétereknek a sugárveszélyes munkahelyen való tárolása a munka befejezése után.

Radioaktiv anyagot tartalmazó müszer gyártásával kapcsolatban megemlitenénk, hogy az Egészségügyi Minisztérium tájékoztató közleménye szerint /Eü.K. 18/1965./ sugárzó anyagot tartalmazó müszert sorozatgyártás megkezdése előtt tipusvizsgálatra kell beküldeni az Országos Mérésügyi Hivatalba.

lo. MSZ 62-69. Radioizotópok sugárzása elleni védelem cimü szabvány

Külön kivánunk foglalkozni a szabvánnyal mint jogszabállyal, elsősorban azért, mert az MSZ 62-69. szabvány a közelmultban lépett érvénybe, s szeretnénk a figyelmet felhivni az előző /MSZ 62-61./ szabványhoz képest bekövetkezett változásokra. A szabvánnyal kapcsolatban megállapitható, hogy tükrözi azokat a szükséges változásokat, amelyek kiadását indokolták. A továbbiakban néhány - a felhasználókat elsősorban érintő - változást emlitenénk meg.

A szabvány szerint a ^{14}C, ^{51}Cr a közepesen veszélyes csoportba tartozik, ezt megelőzően a kevéssé veszélyes izotópok csoportjába volt sorolva. Ennek következményeként pl. a "C" szintü izotóplaboratóriumok felhasználási szintje ^{14}C izotópból lo mCi-ről 1 mCi-re csökkent. Ugyanakkor a természetes urán és tórium a nagyon veszélyes csoportból a kevéssé veszélyes izotópok csoportjába került.

Az uj szabvány - igen helyesen - foglalkozik a zárt izotópok fogalmának meghatározásával, valamint a zártság ellenőrzésének kérdésével. A régi szabvánnyal ellentétben nem tartalmazza az izotópfelhasználásra vonatkozó biztonsági előirásokat. Ezt azért tartjuk jónak, mert a biztonsági előirások közlése nem a szabvány, hanem a közeljövőben megjelenő óvórendszabály körébe tartozó kérdés.

Emlitést tesz a szabvány a szabadforgalmu aktivitásról és a szabadszintü izotópfelhasználásról. A szabadforgalmu aktivitásra vonatkozó értékeket az 1/1964. Eü.M. sz. rendelet tartalmazza. A rendeleti megfogalmazás szerint ez az izotópmennyiség a veszélytelen radioaktivitás mértéke, s igy erre a rendelet nem vonatkozik. Ez lehetőséget biztosit arra, hogy egyik izotóplaboratórium a másik részére engedély nélkül, a rendeletben meghatározott radioaktiv anyagmennyiséget átadjon. Természetesen az átadás tényét az izotópfelhasználási naplóban rögziteni kell.

A szabadszintü izotópfelhasználáshoz nem kell izotópfelhasználási engedély. Az engedély nélkül felhasználható radioaktiv anyag mennyiségére vonatkozóan a szabvány tartalmaz értékeket. A szabadszintü izotópfelhasználásnak elsősorban azért van jelentősége, mert lehetőséget nyujt izotóplaboratóriummal nem rendelkező intézetek részére az izotópfelhasználásra.

Felhivjuk a figyelmet, hogy a most megjelent szabványban az ivóvizre és a levegőre közölt MMK értékek nyomdahiba következtében felcserélődtek /11-12-13. oldal/. Ennek figyelembevétele azért is fontos, mert a radioaktiv hulladékok fogalmának meghatározása az ivóviz MMK értékein alapszik. Ugyanezen ok miatt emlitést érdemel, hogy az ivóvizre vonatkozó MMK értékek az uj szabványban esetenként nagyságrendekkel kisebbek, mint a régi szabványban.

11. Rendszeres közegészségügyi felügyelet

A vonatkozó rendeletek értelmében "A" szintü munkahelyek ellenőrzése az Egészségügyi Minisztériumra, "B" és "C" szintü munkahelyek ellenőrzése a területileg illetékes KÖJÁL-okra tartozik. Miután nem minden KÖJÁL rendelkezik sugáregészségügyi csoporttal, a Dunántul területén müködő KÖJÁL-ok a Baranya megyei KÖJÁL Sugáregészségügyi Csoportját, a Tiszántul és Észak-Magyarország megyéi a Debrecen Városi KÖJÁL-t, mig a Duna-Tisza közének területén az Országos Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézetet, mint szakközeget veszik igénybe a hatósági felügyeleti munkakör gyakorlásánál.

E szervezeti felépités figyelembevételével tételezzük fel, hogy Miskolcon "A" és "B" szintü munkahely van. Ebben az esetben sugáregészségügyi kérdésekben az "A" szintü munkahely az Egészségügyi Minisztériummal, a "B" szintü munkahely a területileg illetékes KÖJÁL-lal, jelen esetben a Miskolc Városi KÖJÁL-lal van kapcsolatban. A Miskolc Városi KÖJÁL ilyen irányu munkájánál igénybe veszi a Debrecen Városi KÖJÁL Sugáregészségügyi Csoportját.

A rendeletek értelmében az egészségügyi hatóságok minden engedélyes sugárveszélyes munkahelyet évente kétszer ellenőriznek. Az ellenőrzés a rendeletekben foglaltak betartására terjed ki, különös tekintettel
az engedély érvényességére,
az előirt nyilvántartások vezetésére,
a munkahely radioaktiv szennyezettségének ellenőrzésére,
a személyi feltételek ellenőrzésére,
a felhasználás tárgyi feltételeinek ellenőrzésére,
a radioaktiv hulladékok kezelésére,
a munkahely általános higiénés állapotára.
Az ellenőrzés során tapasztalt hiányosságok megszüntetésére az egészségügyi hatóságok a helyszinen szóbeli utasitást, jegyzőkönyvbe foglalt utasitást, továbbá határozatot adnak ki. Sulyos mulasztás esetén pénzbirságot szabnak ki, illetőleg feljelentést tesznek szabálysértési ügyben. Ennek alapján büntető eljárás is indítható azok ellen, akik a foglalkozási szabályok megszegésével egy vagy több ember életét, egészségét veszélynek teszik ki.

Itt emlitjük meg, hogy a 10/1964. Korm. sz. rendelet alapján sugárveszélyes munkahelyek rendészeti felügyeletét a BM. Igazgatásrendészeti Osztálya látja el.

Sugárveszélyes munkahelyek ellenőrzésével kapcsolatos közegészségügyi tevékenység kellő megértése érdekében tételezzük fel a következő esetet:

Az egészségügyi hatóságok a félévenkénti szokásos ellenőrzés alkalmával adott munkahelyen nagyobb mérvü radioaktiv szennyeződést találtak. A szennye-

ződés kiterjedt a környező inaktiv munkahelyekre is. A munkaruházat szennyeződésén kivül szennyeződést találtak a dolgozók utcai ruházatán, valamint néhány személy testfelszinén is. A vonatkozó rendeletek értelmében az egészségügyi hatóságok a következő - részben azonnali - intézkedéseket teszik:

a/ pontosan körülhatárolják a szennyezett területet, amelyet lezárnak, és a további munka végzését, személyek ott-tartózkodását ideiglenesen megtiltják,

b/ személyi szennyeződés esetén azonnali mentesitést rendelnek el, és biztositják a feltételeit annak, hogy a munkahelyről radioaktiv anyaggal szennyezett ruházattal a dolgozók ne távozzanak,

c/ vizsgálatot végeznek a szennyezés okának, felelősének megállapitására, és a vonatkozó rendelkezések szerint járnak el,

d/ további vizsgálatként radioaktivszennyeződés-mérést végeznek az érintett személyek lakásán,és amennyiben szükséges, mentesitést rendelnek el, illetve radioaktiv hulladéknak minősitenek nem mentesithető tárgyakat. Ennek során értesitik az Állami Biztositót, amely az 1/1964. Eü.M. sz. rendelet értelmében megtériti a keletkező személyi károkat,

e/ az érintett személyeknél soron kivül orvosi vizsgálat elvégzését rendelik el, szükség esetén inkorporációs vizsgálatra kötelezneк. Sugársérülés gyanuja esetén 36o8o/1963. Eü.M. sz. hivatalos közlemény /Eü.K. 22/ szerint négy országos intézetbe lehet a dolgozókat beutalni. Ezek a következők: Országos Onkológiai Intézet, Debreceni II. sz. Belklinika, Pécsi I. sz. Belklinika, Magyar Néphadsereg Központi Kórháza,

f/ a munkahelyi szennyeződés eltávolitása érdekében mentesitési terv készitésére és mentesitésre kötelezik az adott intézetet, vállalatot. Teljes mentesités után engedélyt adnak a munka további végzésére, és egyuttal határozatilag intézkedéseket tesznek hasonló esetek megakadályozására,

g/ az inkorporált radioaktiv izotóp mennyiségétől, a kapott dózistól függően rövidebb-hosszabb időre vagy végleg eltiltanak személyeket radioaktiv munkavégzéstől. Vonatkozhat az eltiltás olyan esetekre is, amikor valamely dolgozó radioaktiv izotópos munkája során saját vagy munkatársa egészségét veszélynek teszi ki.

12. Munkajogi rendelkezések

Az alábbi jogszabályok - bár nem tartoznak a szorosan vett sugárvédelmi jogszabályokhoz - emlitést érdemelnek, mert sugárveszélyes munkahelyen dolgozó személyekre vonatkoznak.

Ilyen jogszabály a sugárveszélyes munkahelyeken dolgozó személyek sugárártalmi pótlékával foglalkozó 1o9/1959. MüM. sz. utasitás, valamint a 12o/1966.

MüM. sz. kiegészitő utasitás. E szerint az alapbér 3o%-ának megfelelő összegü sugárártalmi pótlék fizethető azon dolgozók részére, akik rendszeresen naponta 3 óránál hosszabb ideig dolgoznak 1 mCi-t meghaladó zárt γ-sugárforrással, illetve folyamatosan vannak kitéve annak, hogy radioaktiv anyag a szervezetükbe jusson azáltal, hogy 5 /uCi-nél több vagy 6o napnál hosszabb felezési idejü, a szervezetben halmozódó radioaktiv izotóppal dolgoznak.

Tekintettel arra, hogy a sugárártalmi pótlékra való jogosultságot az ÁKJF véleményezi, az a joggyakorlat alakult ki, hogy nyitott radioaktiv anyag felhasználásánál csak a "szabadszintet" meghaladó izotópmennyiség esetében javasolnak 3o%-os bérpótlékot. lo%-os sugárártalmi pótlék fizethető azon dolgozók részére, akik bár nem dolgoznak közvetlenül radioaktiv anyaggal, de egyes feladatok ellátásánál alkalomszerüen naponta három óránál hosszabb ideig dolgoznak sugárveszélyes munkahelyen /pl. izotóplaboratóriummal kapcsolatos vizvezeték-, villanyszerelő, kőmüves munkák/.

A Munka Törvénykönyv az ionizáló sugárártalomnak kitett dolgozók pótszabadságát a munkaügyi miniszter 6/1967. MüM. sz. rendelete alapján a következőkben szabályozza:

az ionizáló sugárártalomnak kitett munkahelyen dolgozó részére, ha naponta legalább 3 órát tölt ilyen munkahelyen, évente 12 munkanap pótszabadság jár. Ha a dolgozó ilyen munkahelyen legalább 5 évet eltöltött, évenként 18 munkanap, ha pedig legalább lo évet eltöltött, 24 munkanap pótszabadság illeti meg.

A heti munkaidőre vonatkozó ugyanezen rendelet 1.§-a szerint az ionizáló sugárártalomnak kitett munkahelyen legalább napi 3 órát dolgozó személy munkaideje heti 36 óra.

Az öregségi nyugdijra vonatkozóan a 67/1958. Korm. sz. rendelet végrehajtása tárgyában kiadott 1958. évi 4o. sz. tvr. 2.§./2/ bekezdése tartalmaz utmutatást. E szerint 5 évi korkedvezményben részesül, és ennek megfelelően öregségi, teljes vagy résznyugdijra jogosult az az 55. életévét betöltött férfi, aki 25 éven át, illetőleg az az 5o. életévét betöltött nő, aki 2o éven át a Minisztertanács rendeletében meghatározott korkedvezményre jogositó munkakörben dolgozott. Korkedvezményre jogositó munkakörben dolgoznak a sugárveszélyes munkahelyen dolgozó személyek is.

Ezuton mondunk köszönetet Bonyár Zoltán munkatársunknak a jogszabályok összeállitásában nyujtott segitségéért.

Felhasznált jogszabályok

A Magyar Forradalmi Munkás-Paraszt Kormány 1o/1964. /V.7./ sz. rendelete a sugárzó /radioaktiv/ anyagokról és készitményekről.

1/1964. /V.7./ Eü.M. sz. rendelet a 1o/1964. /V.7./ Korm. sz. rendelet végrehajtásáról.

5/197o. /IV.26./ Eü.M. sz. rendelet, az 1/1964. /V.7./ Eü.M. sz. rendelet módositásáról. /4.§./3/ bek./

8/1965. Eü.M. sz. utasitás /Eü.K.5.sz./ a sugárzó /radioaktiv/ anyagokra és készitményekre vonatkozó egyes rendelkezések végrehajtásáról. Ezen utasitás 7.§-át a 8/1967. Eü.M. sz. utasitás /Eü.K.3./ módositotta.

1/1967. /I.6./ Eü.M. sz. rendelete a sugárzó /radioaktiv/ anyagokról és készitményekről szóló 1o/1964. /V.7./ Korm. sz. rendelet végrehajtása tárgyában kiadott 1/1964. /V.7./ Eü.M. sz. rendelet 9.§./1/, /2/ bekezdését módositotta.

1/1965. /II.21./ Eü.M. sz. rendelete, a sugárzó anyagokról és készitményekről szóló 1o/1964. /V.7./ Korm. sz. rendelet végrehajtása tárgyában kiadott 1/1964. /V.7./ Eü.M. sz. rendelet 3.§./1/ bekezdését módositotta.

4/1965. /XII.7./ Eü.M. sz. rendelet, a sugárártalomnak kitett munkahelyeken foglalkoztatott dolgozók sugárterhelésének ellenőrzéséről.

3o453/1962. Eü.M. sz. közlemény /Eü.K.1./ rendelkezik az orvosi vizsgálatok rendjéről, külső sugárexpoziciótól eredő sérülés esetén. Ezt kiegésziti a 36o8o/1963., 3o678/1964. /Eü.K.18./ Eü.M. sz. hivatalos közlemény.

1o9/1959. /6/ MüM. sz. utasitása a sugárártalmi pótlék megállapitásáról.

12o/1966. /11/ MüM. sz. kiegészitő utasitás a sugárártalmi pótlék megállapitására.

67/1958, /XII.24./ Korm. sz. rendelet, a dolgozók társadalombiztositási nyugdijáról szóló 1958. évi 4o számu törvényerejü rendelet végrehajtásáról. /2.§./1/, /2/ bek./

6/1967. /X.8./ MüM. sz. rendelete a munkaidő és pihenőidő egyes kérdéseiről. /12.§./

6133o/1962. Eü.M. sz. közlemény /Eü.K.8./, más munkakörbe, munkahelyre áthelyezett terhes nő szabadságának mértékéről.

22/1966. Eü.M. sz. utasitás a radioaktiv sugárzás veszélyének kitett dolgozók balesetelháritó és egészségvédő óvórendszabálya /sugárvédelmi normák/.

MOTI 31-68. Tervezési Irányelvek. Nyilt radioaktiv anyagokkal végzendő "C" osztályu munkákra szolgáló kémiai laboratóriumok, munkahelyek.

MSZ 62-69. sz. szabvány. Radioizotópok sugárzása elleni védelem.

KIADVÁNYOK

ISOTOPIC SEPARATION OF URANIUM AND RELATED ECONOMICS

Nuclear Engineering 1971. január, február

197o. november 27-én egynapos konferenciát tartottak az ATEN /Group Énergie Nucléaire of the Société de Chimie Industrielle és az ATEN Párizsban/

Az urándusitás lehetséges eljárásait hasonlitották össze az energia és általában a gazdasági ráforditás szempontjából, valamint megvizsgálták az egyes dusitási eljárások prognózisát 198o-ig.

ENVIRONMENTAL ISOTOPE DATA NO.2.

IAEA Kärntner Ring 11. PO.BOX 59o. A-1oll. Bécs. 4o2.o.

Beszámoló az IAEA és a World Meteorological Organization együttes szervezésében lefolytatott világméretü vizsgálatról az ember környezetében felgyülemlő radioaktiv izotópok koncentrációjának alakulásáról, 1964-65 évben. A munka első kötete 1969-ben jelent meg, és az 1953-1963 időszakot vizsgálja. Ez a második kötet a tricium, deutérium és ^{18}O koncentráció változását vizsgálja 229 megfigyelő állomás /65 országból/ adatai alapján a meteorológiai befolyásokkal összevetve.

DECONTAMINATION OF NUCLEAR REACTORS AND EQUIPMENT

AYRES, J.A. /szerk./

/Battelle Memorial Institute/ Ronald Press Company 79 Madison Avenue New York 1oo16 USA 826.o.

A könyv igen hasznos mérnökök, kutató fizikusok és dozimetrikusok számára, tartalmazza mindazokat a dekontaminálási eljárásokat, amelyek az izotóp-

technika és reaktortechnika laborgyakorlatában előadódhatnak. A kézikönyv kiterjed a szabályozástechnika, az izotópelválasztás és a reaktorszabályozás problémáira. A 41 szerző együttműködésével készült könyv a tudományág minden területét érdemben vizsgálja, bemutatva az alkalmazható kémiai, abraziv, hőlégsugaras, ultrahangos dekontaminálási eljárásokat.

DOSIMETRIE MIT EXOELEKTRONEN

KRIEGREIS, W., SCHARMANN, A., SEIBERT, J. Kerntechnik 13. évfolyam 1971. jan.1.

A cikk rövid áttekintést ad a szilárdtest-dozimetriai eljárásról, az exoelektronemisszióról. Vizsgálja annak fizikai alapjait és az effektus dozimetriai felhasználásának lehetőségeit.
Exoelektronemisszió - a szilárdtest felületéről kibocsátott kisenergiáju /1 eV/ lassuelektron-emisszió, amely /Beanspruchung/ mechanikai igénybevétel, illetve ionizáló sugárzás hatására jön létre. A termikusan stimulálható viselkedése a termolumineszcenciával mutat rokonságot; optikai stimulálás is lehetséges. Különösen jó reprodukálhatósága miatt nyujt uj távlatokat a szilárdtest-dozimetriai kutatásban.

RADIOISOTOPE MEASUREMENTS OF THE FLOW PARAMETERS OF THE POSTFLOTATION SLURRY

KORBEL, K. et al. Nukleonika 15 /197o/ No.4. Apr. 365-37o.
/Akademie für Bergbau und Metallurgie, Krakau, Lengyelo./

Vizszintes csövekben lejátszódó flotációs folyamatok transzport jelenségeinek vizsgálatára ^{82}Br izotópot NH_4Br alakjában használtak.

HIREK

NUKLEÁRIS ENERGETIKA

Az USA egyik legnagyobb repülőgépgyára, a Lockheed Aircraft Corporation olyan nukleáris meghajtásu repülőgép épitését határozta el, amely csaknem a hang sebességével 6oo személyt képes igen nagy távolságra szállitani. A repülőgép 1o6 méter hosszu és 6o méter széles lenne, és a világ jelenleg müködő repülőtereit igénybe vehetné.
Magyar Nemzet, 1971. január 4.

A hazai Energiagazdálkodási Intézet felmérései szerint az atomenergia ipari alkalmazása uj távlatokat nyit a vegyiparban. A növekvő kapacitás esetén a fajlagos beruházási költségek csökkenésével várható, hogy a timföldgyártás és az aluminiumkohó együttes energiaellátását hamarosan atomenergia fedezi.
Müszaki Élet, 1971. január 22.

197o-ben kezdték meg Bulgária első atomerőművének épitését Kozlodujban a Duna partján. Az erőmü 44o eMW-os első reaktora 1974-ben kezdi meg müködését. A tervek szerint 1975-re befejeződik az épitkezés, és a teljes erőmükapacitás 88o eMW lesz. A teljes felszerelést a Szovjetunió szállitja.
Magyar Hirlap, 1971. január 23.

A Csukcs-félszigeten, looo méter magasan az északkelet szibériai fennsikon, ahol a lakosságnak az évben legalább 27o napon át fütenie kell és a jégtörő hajók segitsége nélkül csak a néhány hétig tartó sarki nyári időszakban lehet fütőanyagot szállitani a kikötőkbe, 1,5 tMW teljesitményü atomerőművet épitenek. A reaktor 3ooo lakosu település teljes energiaszükségletét fedezi. Kiszolgáló személyzete mindössze 3 fő.
Népszava, 1971. február 7.

A marokkói állami Villamosenergia Gazdálkodási Igazgatóság egyezményt kötött a szovjet Energomasexport vállalattal az ország első nukleáris hőerőművének megépitésére, amely 55 tMW teljesitményü lesz.
Magyarország, 1971. február 14.

A Kaspi-tengerbe nyuló Mangislak félszigeten, Sevcsenko városban gyorsreaktoros atomerőmü épült, amely a tengerviz sótalanitásához ad energiát. Az "édesvizgyár" 65o m^3 vizet állit elő óránként, igy lehetővé vált, hogy a száraz pusztaságon várost épitsenek és a félsziget értékes ásványi kincseit kiaknázzák.
Népszabadság, 1971. február 16.

A IV. ötéves tervben 65 millió forintot forditanak az Április 4. Gépgyár örményesi egységének fejlesztésére. A tervek szerint itt gyártják majd 1974-75 között a paksi atomerőmü tápházának berendezéseit is.
MTI, 1971. február 19.

Az Örmény Szocialista Köztársaság atomerőmü épitését határozta el az Ararát-völgy előhegyi részén. Az erőmü 6,1 milliárd kW/ó tervezett kapacitása nagyobb, mint Örményország összes erőmüvének 1969. évi termelése.
Müszaki Élet, 1971. február 19.

IPARI IZOTÓPALKALMAZÁS

A Magyar Ásványolaj- és Földgázkisérleti Intézet kutatói szabadalmaztatták a csővezetéken átfolyó gázolaj és benzin kéntartalmát stb. folyamatosan ellenőrző, csővezetékre szerelt izotópos mérőmüszerüket. A berendezés prototipusait a Dunai Kőolajipari Vállalatnál szerelték fel.
MTI, 1971. január 29.

Szovjet kutatók kissulyu, radioaktiv izotóppal müködő berendezést terveztek, amely rádiós világitótornyot üzemeltet és lo évig folyamatosan müködik. A berendezésben a ^{9o}Sr-izotóp bomlási hőjét félvezető hőelemek alakitják át villamos energiává. Teljesitménye 2,5 kW, igy a rádióadó hatósugara 2oo km.
Élet és Tudomány, 1971. február 19.

BIOLÓGIA

Uyoto /Japán/ egyetemén kisérleteket folytattak a zöld tea sugárvédő hatásának vizsgálatára. A sugárfertőzöttek gyógyulása nem egyedül a tea tannintartalmának, hanem ennél komplexebb hatásának tulajdonitható. A kijevi Fiziológiai Intézet kutatói egereket erős sugárzásnak tettek ki, majd ezek egy részét teából kivont szerves vegyületekkel kezelték. A teakivonattal kezelt egyedek életben maradtak, a többi elpusztult. A Szovjet Tudományos Akadémia Biokémiai Intézetében megállapitották, hogy a teából nyert katechin vegyi összetétele a P-vitaminéhoz hasonló, csak sugárvédő hatása erősebb, ha C-vitaminnal együtt adagolják.
H.Gy.

A nevadai kisérleti telepen végrehajtott földalatti nukleáris robbantások során szántalanszor tapasztaltak radioaktiv kiszivárgást. Ezek közül a radioaktiv anyagok közül a legveszélyesebb a ^{90}Sr. Több nagyváros /Kansas City, Minneapolis stb./ tejellátásában kimutattak stronciummal szennyezett tejet.
Petőfi Népe /Kecskemét/, 1971. január 14.

Az Eötvös Loránd Tudományegyetem Származás- és Öröklestani Tanszékén kisérleteket végeznek a növényi szervezetek életjelenségeinek vizsgálatára. Radioaktiv izotópos nyomjelzéssel a ^{14}C és ^{32}P beépülését kisérik figyelemmel.
Egyetemi Lapok /Budapest/, 1971. február 8.

Az Élelmiszeripari Kutató Intézet kutatói kisérleteket végeznek a hagyma és burgonya tartósitására. Tapasztalataik szerint kisdózisu γ-besugárzás eredményeként tárolás közben a gumók nem hajtanak ki, és a táplálék tavaszra is jóizü marad.
Tükör, 1971. február 16.

A máktermelés évek óta visszaesést mutatott hazánkban, aminek nemcsak a háztartás, hanem az ipar is érezte hatását, ugyanis a mákgubó morfiumtartalmu gyógyszerek kiindulási anyaga. A mák még a mai fejlett agrotechnika mellett is elsősorban kézimüveléssel termesztett növény. A mák egyelését uj kisérletekkel igyekeznek kiküszöbölni a Gyógynövénykutató Intézet kutatói. A vetőmaghoz kellő dózisu γ-sugárral kezelt mákszemeket keverve el lehet érni, hogy a kikelt egy cm-es növénykék közül a besugárzott magból származók elpusztuljanak, mig a többi továbbfejlődik. Még ebben az évben 2oo-3oo holdon alkalmazzák az uj eljárást a füzesgyarmati és mezőkövesdi kisérleti telephelyeken. Ez az eljárás utat nyit az agrotechnika gépesitésének is.
Népszava, 1971. február 28.

GYÓGYÁSZAT

A Balatonfüredi Szivkórházban az orvosok a bécsi Nemzetközi Atomenergia Ügynökség megbizása alapján a radioaktiv izotópok felhasználásának lehetőségeit kutatják a vérkeringési megbetegedések diagnosztikájában.
Hétfői Hirek, 1971. január 18.

A Semmelweis Orvostudományi Egyetem Orvosfizikai Intézetében megfelelő méretü és tisztaságu, talliummal aktivált nátrium-jodid kristályok előállitásának módszerét dolgozták ki a kutatók. Az eljárást és berendezést szabadalmaztatták és gyártásra átadták a GAMMÁ-nak.
Ujitók Lapja /Budapest/, 1971. január 26.

A modern sebészeti gyakorlat mind gyakrabban igényli az in-, izom- és csontpreparátumokat, amelyeket a sérült szövetek helyére átültetnek. A varsói Orvostudományi Akadémia szövettani tanszékén központi Szövetbankot létesitettek, ahonnan évente kb. 2ooo szövetpreparátumot juttatnak el az ország különböző klinikáira. A preparátumok tartósitását fagyasztással és sugárkezeléssel végzik.
Ország-Világ /Budapest/, 1971. január 2o.

Ausztráliai orvosok sziv-stimulátor táplálására prométium-147 radioaktiv izotópot alkalmazva "örökös" élettartamu, minimális mértékben felmelegedő készüléket fejlesztettek ki. A radioaktiv sugárzás a berendezésben elnyelődik, igy nem fejtheti ki káros hatását az élő szervezetre. A radioaktiv anyagok, mint energiaforrások alkalmazását a szivgyógyászatban los-angelesi orvoskutatók is vizsgálják.
Frankfurter Rundschau, 1971. február 1.

NEMZETKÖZI EGYÜTTMÜKÖDÉS

Az ENSZ közgyülése elfogadta azt a szovjet-amerikai szerződéstervezetet, amely 12 mérföldes parti sávon tul megtiltja a nukleáris fegyverek tárolását a tengerek mélyén.
MTI, 197o. december 9.

Londonban a szovjet-angol müszaki-tudományos és kereskedelmi-gazdasági együttmüködési kormányközi állandó bizottság ülést tartott. A tanácskozásokon kitüntetett helyen szerepelt az együttmüködés a termonukleáris folyamatok kutatása és szabályozása területén.
MTI, 1971. január 17.

Bécsben befejezte ülésszakát a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség 47 ország képviselőiből alakult bizottsága, amely az atomsorompó-szerződés garanciális egyezményének kidolgozásával foglalkozott. A tanácskozáson hazánkat Straub F. Brunó, a Magyar Tudományos Akadémia alelnöke képviselte.
MTI, 1971. február 6.

Moszkvában Gromiko szovjet külügyminiszter, Wilson brit és Bean amerikai nagykövet ünnepélyesen aláirta a nukleáris és más tömegpusztitó fegyverek tengerek és óceánok fenekén és azoknak altalajában való elhelyezésének tilalmáról szóló szerződést. Ugyanakkor Londonban és Washingtonban is sor került az ünnepélyes aláirásra. A szerződést aláiró minden állam jogosult a szerződésben meghatározott térségben a többi részes állam által folytatott tevékenységet megfigyelés utján ellenőrizni.
MTI, 1971. február 11.

VEGYES HIREK

Az Apolló-12 ürhajósai a SNAP-27 nukleáris áramfejlesztőt azért juttatták a Holdra, hogy árammal lássa el azokat a müszereket, amelyeket a második holdexpedició a Holdon hátrahagyott. A berendezés hengeralaku, 46 cm magas, átmérője a hősugárzó bordákkal együtt 4o cm, fütőanyaga plutónium, szerkezeti anyaga főként berillium. Teljesitménye 63 W. A Pu spontán bomlása a félvezető hőelemek révén közvetlenül alakul át elektromos energiává. A Pu töltet 9o év mulva is szolgáltatja az eredeti hőmennyiség 5o%-át.
Élet és Tudomány, 197o. december 25.

Az MTA Atommag Kutató Intézetében figyelemmel kisérik a csapadék radioaktivitásának változásait. Elsősorban a β-aktivitást detektálják, de meghatározzák az α-szennyeződéseket is. A tapasztalatok szerint a hamu, pernye és por tartalmaz leginkább α-sugárzó izotópokat. A nehéz atommagok bomlásánál kb. 2oo fajta hasadvány keletkezik, melyek egy része a csapadékkal kimosódik a légkörből. Kivételt képeznek a nemesgázok radioaktiv izotópjai, amelyek kémiai uton nem hatástalanithatók. A hidrogén- és atomrobbantások révén keletkező ^{85}Kr felezési ideje több mint lo év: felhalmozódása a légkörben hosszadalmas.
Polgári Védelem, 1971. január 9.

Az MTA Izotóp Intézetében sajtóértekezletet tartottak az intézet munkájáról és az izotópok hazai alkalmazásáról az iparban, a mezőgazdaságban és a gyógyászatban.
Esti Hirlap, MTI, Magyar Nemzet, Népszabadság, 1971. március 26-27.

MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA

309.024

IZOTÓPTECHNIKA

14. ÉVFOLYAM 4-5. SZÁM

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA IZOTÓP INTÉZETE

IZOTÓPTECHNIKA

14. ÉVFOLYAM 4-5. SZÁM

BUDAPEST 1971. ÁPRILIS - MÁJUS

Szerkeszti és kiadja a Magyar Tudományos Akadémia Izotóp Intézete

A szerkesztő bizottság:

Bába Miklós
Fehér László
Földiák Gábor, a kémiai tudományok doktora /felelős főszerkesztő/
Gróz Péter
Gyimesi Zoltán
Illy József /titkár/
Kocsár László, az orvostudományok kandidátusa
Koncz József
Kovács Lórántné /munkatárs/
Máté Ferenc, a mezőgazdasági tudományok kandidátusa
Medveczky László, a fizikai tudományok kandidátusa

A szerkesztőség cime: MTA Izotóp Intézete, Bp. 114. Pf. 77. Telefon: 166-547/154

Számunk irói:

Az Izotópos in vitro diagnosztikus tesztek kerekasztal-konferencia anyagát sajtó alá rendezte

Kertész László, az orvostudományok kandidátusa,
Debreceni Orvostudományi Egyetem
I.sz. Belklinika

Kocsár László, az orvostudományok kandidátusa,
Országos "Frédéric Joliot-Curie"
Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi
Kutató Intézet

Csernay László, az orvostudományok kandidátusa,
Szegedi Orvostudományi Egyetem
I.sz. Belklinika

Csirik János, Szegedi Orvostudományi Egyetem
I.sz. Belklinika

Felelős kiadó: Földiák Gábor, az MTA Izotóp Intézetének igazgatója

Készült a MTA Központi Fizikai Kutató Intézetének házi sokszorositójában F.v.: Gyenes Imre

Eng. sz.: III/4oo/s/215/71. Budapest
1971. 4-5. szám

Index-szám: 25.399
Törzsszám: 71-5664

Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető bármely postahivatalnál, a kézbesitőknél, a Posta hirlap-üzleteiben és a Posta Központi Hirlap Irodánál /KHI Budapest V. József Nádor tér 1./ 215-96162 pénzforgalmi jelzőszámára.

Évi előfizetési dija: 24o.- Ft

Egyes szám ára: 2o.- Ft

MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA

T A R T A L O M

IZOTÓPOS IN VITRO DIAGNOSZTIKUS TESZTEK

BEVEZETŐ 6

ВВЕДЕНИЕ
INTRODUCTION

A telitési analizisek formái 6
Kertész L.

Формы анализа насыщения
Forms of saturation analyses

RADIOIMMUNASSAY 8

РАДИОИММУНЭССЕЙ
RADIOIMMUNASSAY

A radioimmunassay elve és módszertani lehetőségei 8
Kocsár L.

Принципы и методические возможности радиоиммунэссея
Principles of radioimmunassay and possibilities in methodology

A radioimmunassay fejlesztési lehetőségei 17
Merétey K.

Перспективы развития метода радиоиммунэссея
Possibilities in the development of radioimmunassay

Inzulin és inzulinellenes antitest radioimmunológiai meghatározása a klinikai gyakorlatban 22
Tamás Gy.

Радиоиммунологическое определение инсулина и антител против инсулина в клинической практике
Radioimmunological determination of insulin and anti-insulin antibodies in the clinical practice

Vita 26

Дискуссия
Discussion

KOMPETITIV FEHÉRJEKÖTÉSI VIZSGÁLATOK 28

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО СОРЕВНУЮЩИМСЯ СВЯЗЯМ БЕЛОК
INVESTIGATIONS ON COMPETITIVE BINDING OF PROTEINS

Pajzsmirigyhormonok kompetitiv kötődése szérumfehérjékhez 28
Bános Cs.

Соревнующаяся связь гормонов железа с сывороточными белками
Competitive binding of thyroid hormones with serum proteins

Vita 34

Дискуссия
Discussion

TELITÉSI ANALIZISSEL KAPCSOLATOS MÉRÉSTECHNIKAI ÉS IZOTÓPELLÁTÁSI PROBLÉMÁK 43

СВЯЗАННЫЕ С АНАЛИЗОМ НАСЫЩЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ПО ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКЕ И СНАБЖЕНИЮ ИЗОТОПАМИ
PROBLEMS OF MEASUREMENT AND ISOTOPE SUPPLY IN SATURATION ANALYSIS

ELIMINÁCIÓS /CLEARANCE/ TESZTEK 51
Molnár Gy.

ИСПЫТАНИЯ ЭЛИМИНИРОВАНИЯ
ELIMINATION /CLEARANCE/ TESTS

Vita 59

Дискуссия
Discussion

ZÁRSZÓ 68

ЗАКЛЮЧЕНИЕ
FINAL SPEECH

Kettős és hármas jelöléssel végzett haematológiai izotópdiagnosztikus vizsgálatok számitógépes kiértékelése 71
Csernay L., Csirik J.

Обработка вычислительными машинами данных, полученных в гематологических исследованиях, совершенных при помощи двойной и тройной маркировками
Computer handling of haematological data obtained by means of double and triple tracing with radioisotopes

KONFERENCIÁK 83

HIREK 87

IZOTÓPOS IN VITRO DIAGNOSZTIKUS TESZTEK

1970. október 3-án rendezték meg a nukleáris medicina hazai szakemberei a Debreceni Orvostudományi Egyetem tudományos üléssorozata keretében, az Országos Atomenergia Bizottság támogatásával a DOTE I. Belklinikája és Hajduszoboszló Városi Tanácsa gondozásában kerekasztal-konferenciájukat. A konferencia célja a tudományterület hazai eredményeinek módszertani elemzése és a jövőbeni fejlesztés számunkra legkönnyebben hozzáférhető utja volt, a nemzetközi viszonylatban elért eredményeket kritikailag elemezve.

Az izotópos vizsgálatok az orvostudományt eddig is nagymértékben segitették a funkcionális és lokalizációs diagnosztika, sőt a terápia területén is. Az izotópalkalkalmazásnak sokat igérő uj iránya a nukleáris medicinában most kezd kibontakozni, alapja az izotópok in vitro alkalmazása sok uj diagnosztikai eljárásban.

A nukleáris medicina kétoldalu tudományként fejlődik: az önállósulás felé tart, ugyanakkor alkalmazott adatszolgáltató is. Mi elsősorban a betegek, a jobb diagnózis érdekében tartottuk ezt a konferenciát és tesszük közzé anyagát.

Petrányi Gyula
a konferencia elnöke

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 4-5. szám

BEVEZETŐ

A telitési analizisek formái

KERTÉSZ L.

Debreceni Orvostudományi Egyetem I. sz. Belklinika, Debrecen

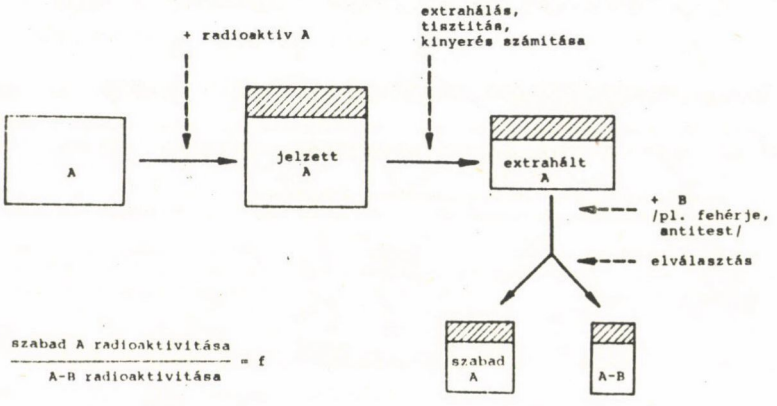
A radioimmunassay-vizsgálatok helye a telitési analitikai folyamatok között.

Формы анализа насыщения
Кертес, Л.
Место испытаний радиоиммунэссея в процессах анализа насыщения.

Forms of saturation analyses
Kertész, L.
Place of radioimmunassay among saturation analytical processes.

A munkánk lényegileg telitési analiziseknek tekinthető, amit más néven kiszoritásos vizsgálatnak /displacement analysis/ vagy radiostereoassay-nek is neveznek. Utalásként főleg Ekins és vele egyidőben, tőle függetlenül Yalow és Berson munkásságát kell megemliteni, akik a telitési analizisek részét képező immunassay-k kidolgozása terén lo-l2 éve a legtöbbet tettek.

A telitési analizis elve:



1. ábra

A telitési analizis elve /Ekins nyomán/.

Ha valamely "A" vegyületet saját radioaktiv megfelelőjével jelezzük, amely vele teljesen egyenértékü, és egyenletesen elkeveredett, "jelzett A" rendszert kapunk. Ha a vegyület olyan mintában, például szérumban van, amelyből minden további nélkül nem határozható meg, extrahálást vagy valamilyen tisztitást végzünk,és a rendszerben lévő radioaktiv nyomjelző egyben a kinyerés mértékének is jó indikátora. Az igy extrahált "A" vegyületet reagáltatjuk valamely alkalmas "B" vegyülettel, amely lehet fehérje, valamilyen antitest stb.,és tulajdonképpen ez az, ami marad,és az "A+B" együttestől elválasztható. Ebben a lépésben tehát megfelelő fizikai kémiai eljárást kell keresnünk, hogy a jelzett szabad és jelzett kötött "A" vegyületünket különválasszuk. Bennünket továbbiakban a kettő aránya /f/ érdekel. A szabad "A" radioaktivitásának és a kötésbe került "A" radioaktivitásának hányadosa adja meg annak mértékét, hogy hogyan oszlott meg az "A" vegyület a "B" vegyület telitése kapcsán. Indikátorunk most már nem az "A" vegyület kinyerésének mértékét jelzi /adjunct label/, hanem a vegyület viselkedését a kötődéskor. A fenti sémát célszerü lesz mindig szem előtt tartanunk, mert alkalmas lesz az elvi és metodikai hibák megvitatására.

A telitési analizis fogalmába tartozó vizsgálati irányok:

1. A radioimmunassay

Itt a telitődő ágens specifikus antitest, immunglobulin. Radioimmunassay-t alkalmazhatunk fehérjetermészetü és egyéb /részben pajzsmirigy hormonok és egyéb haptenek/ hormonok, polipeptidek, szteroid meghatározásához.

2. A kompetitiv fehérjekötési vizsgálatok

A használt telitődő ágens valamilyen fajlagos hordozó-, illetve kötőfehérje /szérum- és szöveti fehérjék és más biológiai kötőágensek/. A kompetitiv kötődéssel vizsgálható anyagok: szteroid hormonok, pajzsmirigy hormonok, vitaminok, egyes nyomelemek és fehérjetermészetü hormonok.

3. A radioenzim-assay-k

Vitaminok meghatározását végezhetjük ilymódon; eddig a fólsavra dolgozták ki az eljárást. A radioenzim vizsgálatok során fajlagos enzimet telitünk. A szubsztrátum olyan nagy mennyiségben van jelen, hogy a kötődés mértékét az enzim mennyisége határozza meg.

4. A radiomikrobiológiai vizsgálatok, ahol fajlagos mikroorganizmusok képezik a telités tárgyát.

5. A szubsztöchiometrikus vizsgálatok anorganikus reagensek telitése utján, nyomelemek kimutatására.

A konferencia csak a felsorolás első két legfontosabb részére korlátozódik.

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 4-5. szám

RADIOIMMUNASSAY

A radioimmunassay elve és módszertani lehetőségei

KOCSÁR L.
Országos " Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézet, Budapest

A radioimmunassay az izotópos és immunológiai módszerek kombinációja, amellyel fehérjék /esetleg nem komplett antitestek/ vagy más biológiai jelentőségü anyagok nano- és pikogramm nagyságrendü mennyisége határozható meg.

Принципы и методические возможности радиоиммунэссая
Кочар, Л.
Радиоиммунэссей - комбинирование изотопных и иммунологических методов, позволяющее определение нанограмного и пикограмного количества белок /или, может быть, иннкомплектных антител/, или других важных биологических материалов.

Principles of radioimmunassay and possibilities in methodology
Kocsár, L.
The radioimmunassay means the combination of isotopic and immunological methods prevailing in the determination of proteins /or perhaps incomplete antibodies/ or other substances of biological importance in the order of magnitude of nanograms and picograms.

A jelzett fehérjék, a jelzett antigének, feltéve, hogy a jelzés folyamán nem denaturálódtak, nem változtak meg antigenitásukban, ugyanugy reagálnak a specifikus ellenanyagokkal, mint a nem jelzett fehérjék, tehát továbbra is antigének. Ez uj lehetőségeket nyujt az immunológiai módszerek és az izotóp módszerek kombinálására. Egyik legáltalánosabb alkalmazási területe e két módszer kombinálásának az un. radioimmunassay, kis mennyiségü fehérje kvantitativ mérése immunológiai rendszerben jelzett antigének felhasználásával. 10^{-9}-10^{-12} gramm nagyságrendü antigén-fehérje is jól mérhető, ha jelzésére nagy specifikus aktivitásu nyomjelzőt használtak. A jelzett fehérje, /pl. inzulin/ már igen kis mennyiségben reagál specifikus ellenanyaggal, kötődik. Az antitesthez kötött és a szabad aktivitás mérése közvetlenül ad értékes információkat.

A jelzett fehérje és a specifikus antitest kapcsolódásából meghatározható:

1. A nem-precipitáló ellenanyag, amely külső bevitelre termelődik az emberben;

2. Az eddig nem-antigén természetünek ismert glukagon, antigén sajátsága, amit csak azért nem sikerült eddig kimutatni, mivel a szokásos módszerek-

kel, amelyek nem közvetlen antigén-antitest kapcsolódást mérnek, hanem bizonyos másodlagos aggregálódást, /precipitációt, agglutinációt/ ugyanis az igen kis molekulasulyu glukagon nem reagál ilyen rendszerekben.

3. Az antigén és antitest közötti elsődleges kapcsolat. A radioimmunassay korai alkalmazásaiban főleg elméleti kérdések szerepeltek: hogyan lehet immunológiai módszerrel tisztázni bizonyos fehérjék, főleg hormonok szerkezetét, egymáshoz való rokonságát, az antigénszerkezet heterogenitását.

4. A jelzett inzulin és a specifikus antitest reakciója egy nem-jelzett partnerrel, a nem-jelzett inzulin reakciójába képes beleszólni, mint az Yalow és Berson vizsgálataiból kiderült, és a kompetició olyan szabályok szerint megy végbe, hogy alkalmassá teszi a rendszert az inzulin mennyiségi meghatározására. Tehát jelzett fehérje és specifikus ellenanyag reakcióját gátoljuk, nem-jelzett, azonos antigenitásu fehérje hozzáadásával és az ellenanyaghoz kötött aktivitás csökkenéséből következtetünk az ismeretlen mennyiségü nem-jelzett fehérjére.

A módszer feltételei:

a/ Igen nagy specifikus aktivitásu jelzett fehérje előállitása. lo-loo µCi/µg a kivánatos fajlagos aktivitás, ami elég nagy probléma éppen fehérjéknél. A szokásos lo µCi/mg körüli fajlagos aktivitással szemben a különbség 3-4 nagyságrendnyi. Ma már bizonyos mértékben meg kell alkudnunk, hiszen a korszerü elválasztási technikák - amelyeket ujabban már egyre gyakrabban alkalmazunk - lehetővé teszik kisebb fajlagos aktivitás alkalmazását is. A hormonvizsgálatoknál szükséges jelzési módszerekhez igen tiszta antigénekre és fehérjeoldatokra van szükségünk. A jelzés után a bomlott, nem-antigén hatásu termékektől, szennyeződésektől való megtisztitás a további használhatóság feltétele.

b/ Specifikus immunszérum előállitása. A vizsgálandó fehérje ellen immunszérumot kell előállitani erre alkalmas állatfajban. Az immunszérummal szemben támasztott főkövetelmény a nagy aviditás, azaz a hozzáadott antigént az immunfehérje erősen kösse, hogy a komplex különböző fizikai kémiai hatásokra se váljon szét. Egyébként ez az alapja a kettős antitest kimutatásának.

c/ A jelzett fehérje ugyanugy reagáljon az immunszérummal, mint a nem-jelzett antigén. Bizonyos támpontot nyerhetünk, ha például immun-elektroforézissel vizsgáljuk a jelzett indulási anyagot és ott antigén-azonosságot találunk. Ez arra mutat, hogy nagy eltérés nem lehet a két fehérje között.

d/ Abban a biológiai rendszerben, amelyben az illető antigént, /hormont/ ki akarjuk mutatni, ne legyen olyan fehérje, amely zavarja a reakciót. Biztositani kell, hogy a szérumban lévő hormon ugyanugy reagáljon, mint a

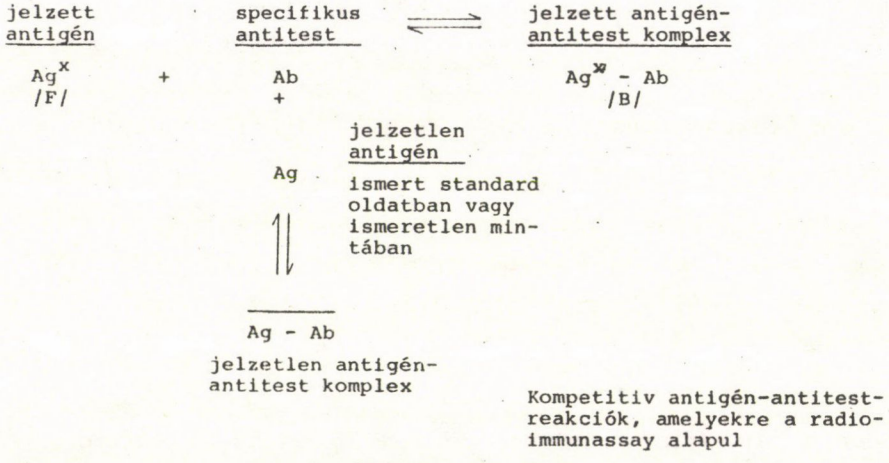
tisztitott, extrahált hormon.

A következő lépés a rendszer érzékenységének a beállitása. Meg kell keresni a jelzett antigénnek azt a legkisebb koncentrációját, ahol még jól mérhető az aktivitás, és az ennek megfelelő ellenanyagmennyiség az ugynevezett ekvivalens antitest koncentráció titrálható. Mivel rendszerint mikroanalizist végzünk, mind a jelzett fehérjét, mind az immunszérumot annyira kell higitanunk, hogy ott már oldott antigén-antitest komplexek jönnek létre. Ez annyit jelent, hogy a jelzett fehérje találkozik a specifikus ellenanyagokkal, de ezek a komplexek már nem aggregálódnak, nem jön létre precipitáció. A precipitáció megakadályozható ugy is, hogy jelzetlen antigén feleslegében játszatják le az antigén-antitest reakciót.

A 2. ábrán látható, hogy a nem-jelzett antigén egy ismeretlen mintában vetélkedik a jelzett antigénnel /ez az un. "tracer"/ az antigén-antitest kötésért, azáltal csökkenti a jelzett antigén kötését.

A módszer megbizhatósága azon alapszik, hogy a standard és az ismeretlen antigén immunológiai azonosságot mutasson. Ez fontos, és nem az, hogy a jelzett és hideg antigén azonos legyen. Ez ugyanis eleve szükséges conditio sine qua non. További fontos követelmény, hogy a nem-specifikus immunreakciókat kontrolláljuk, és figyelembe vegyük. Ez függvénye lehet a sókoncentrációnak, pH-nak, az inkubáló közeg puffer kvalitásának és fehérjetartalmának. Ezekre a zavaró körülményekre ügyelni kell és gyakran szükséges olyan plazma standardot készitení, amely hormont nem tartalmaz, hogy az előbb emlitett hatásokat kontrolláljuk a közegben, amikor plazmamintákat mérünk.

A radioimmunassay fogalmának kiterjesztése nem-immun és nem-hormonális rendszerekre: a "kompetitiv radioassay".
A 2. ábra ilyenkor is érvényes. Az 1. táblázat azon hormonok és más anyagok listáját tünteti fel, amelyeket ezzel az elvvel már meghatároztak.



2. ábra

Kompetitiv antigén-antitest reakciók radioimmunassay-ben.

I. táblázat

A MEGHATÁROZOTT HORMONOK ÉS EGYÉB ANYAGOK: KOMPETITIV RADIOASSAY IMMUNRENDSZER /SPECIFIKUS REAKTOR AZ ANTITEST/

PEPTID HORMONOK		NEM HORMONÁLIS ANYAGOK	NEM PEPTID HORMONOK
inzulin	LH	intrinsic factor	testosteron
növekedési hormon	vasopressin	digoxin	estradiol
ACTH	angiotensin	digitoxin	
parathormon	oxytocin		
glukagon	bradykinin		
TSH	thyreoglobulin		
HCG	α MSH		
FCH	β MSH		
placentaris lactogen	gastrin		
	calcitonin		

NEM - IMMUNRENDSZER

HORMONOK	SPECIFIKUS REAKTOR	NEM HORMONÁLIS ANYAGOK	SPECIFIKUS REAKTOR
tyroxin		B_{12} vitamin	intrinsic factor
cortizol	a plazma	folsav	F.A.-reductase
corticosteron	specifikus-	ciklikus AMP,GMP	phosphodiesterase
cortisone	san kötő	messanger RNA-se	komplementer DNA-se
11-desoxycortisol	fehérjéi		
progesteron			
testosteron			

Kötött és szabad hormon szétválasztása

A hormon radioimmunassay-nél lényeges követelmény:

hogy legyenek használható reagensek, nevezetesen jelzett hormon és specifikus antitest;

hogy legyen ezenkivül megfelelő technika az antitesthez kötött és a szabad "tracer" elválasztására, mivel a szokásos körülmények között az antigén-antitest komplexek spontán nem precipitálnak még nagyobb koncentrációban sem.

2. táblázat

a/ a kötött és szabad tracer differenciál vándoltatása

- kromato-elektroforézis
- elektroforézis
- gélfiltráció
- kromatográfia

b/ szabad tracer izolálása

- ioncsere
- adszorpció, finom szilikáthoz vagy talkumhoz
- adszorpció, detránbevonatu szénhez
- adszorpció cellulóz-porhoz

c/ a kötött tracer izolálása

- kettős antitest precipitáció /filtrációval vagy centrifugálással/
- kisózással
- oldószeres frakcinációval
- dioxán precipitációval
- enzim proteolizissel
- immunradiometriás módszerrel
- szilárd fázisu antitest
  1. kovalens kapcsolás oldhatatlan polimer-hordozókhoz
  2. adszorbeálás a müanyagcső belső falához
  3. adszorbeálás bentonit részecskékhez
  4. cross-linked gélbe való befogás
  5. polimerizált antiszérum

A komplexek az oldatból precipitálhatók egy másik antitesttel , ami specifikus a hormonellenes antitest-globulinra. Ezen kettős antitest-technika különböző változatait dolgozták ki. A komplexeket ki is lehet sózni, akkor, ha a hormon és antitest oldási tulajdonsága lényegesen különböző. Hasonlóképpen az antitest kovalensen kötődik bizonyos szilárdfázisu anyaghoz - mint például a sztirének és politetra-fluoretilén kopolimerjei, vagy Sephadex - igy a komplexek szedimentálhatók, a szabad antigént a szupernatansban hagyva.

Legujabban Catt és Tregaer a specifikus antitesteket a mérőcső müanyagfalára kicsapja. Forditva, sok peptidhormon szabad állapotban erős hajlamot mutat, hogy kötődjék cellulózéhoz, faszénhez, szilikátokhoz, gyantákhoz stb., mig az antigén-antitest komplexek oldatban maradnak. Az első, inzulin-assayhez használt elválasztási technika is ezen alapult, a szabad inzulint papircsikon adszorbeáltatják. A kötött és szabad inzulint könnyen lehet szétválasztani papir-elektroforézissel, vagy egyszerü visszáramlásos kromatográfiával: A szabad hormon az origonál adszorbeálódik, az antitest-kötött hormon szérumfehérjékkel vándorol. Más, cellulózéhoz tapadó hormon például a glukagon, HGH, ACTH, parathormon, angiotenzin, thyrocalcitonin, TSH és thyreoblobulin.

Azon hormonok szeparálására, amelyek a cellulózéhoz adszorbeálódnak, a legpontosabb módszer a kromato-elektroforézis módszere, amely a legkevesebb hibát idézi elő. A vizsgálandó keverék kb. o,5 ml.

Igen egyszerü és megfelelő technika azon alapszik, hogy számos hormon szabad állapotban a talkum részecskéihez adszorbeálódik, amig az antigén-antitest komplex nem. A szilikátok centrifugálhatók, a szupernatans, amely a kötött hormont tartalmazza, könnyen dekantálható. A polipeptideknek szilikátokhoz való kötődését ugy képzeljük el, hogy a peptidek bázikus csoportjai és az adszorbens savas csoportjai között jön létre kapcsolódás. Az adszorpciót savas pH gátolja; valóban az adszorbeált hormont a szilikátról savanyitással lehet eluálni.

A gasztrin öt glutaminsavat tartalmaz és egy aszpartátot, de nincs benne dibázikus aminosav. Ez a polipeptid nem adszorbeálódik szilikáthoz vagy cellulózéhoz, viszont gyorsan és erősen Amberlite CG 4B-hez. Mivel a gasztrin nem adszorbeálódik cellulózéhoz, papir-elektroforézissal sikerült szétválasztani.

3. táblázat

KÉMCSŐ-SZEPARÁLÁSI MÓDSZEREK

AZ INKUBÁCIÓS KEVERÉK PLAZMA TARTALMA /ml/		ADSZORBENS	ADSZORBENS MENNYISÉGE/mg
parathormon	o,25 - o,5	quso G32	9
		talkum	5o
ACTH	o,5	talkum	5o
		quso G32	12
inzulin	o,1 - o,25	talkum	1oo
HGH	o,1	talkum	3oo
thyrocalcitonin	o,1 - o,5	talkum	25
glukagon	o,1 - o,5	talkum	25
gasztrin	o,1 - o,5	Amberlite CG-48	2o
kutya v.sertés GH	o,1 - o,5	talkum	15o - 2oo

A 3. táblázat összefoglalja a kémcső-szeparálási eljárásokat 8 hormonra.

Ezen technikát használva általános munkafeltételek mellett egy tucat standard és looo-15oo ismeretlen plazma szimultán vizsgálata lehetséges. Lábbal müködtethető automatikus diluterrel a plazmamintához a szükséges összes reagensek bemérhetők 4oo-5oo cső/óra sebességgel. Az inkubáció után a szabad hormon adszorpciója céljából 2 dolgozó talkum- vagy quso-szuszpenziót vagy gyantát mér ki 2oo-3oo/óra sebességgel. A szabad és kötött frakciókat szeparáltan mérik automatikus számlálóban.

A bevonatos cső-módszer egészen uj és egyszerü. Ezen módszer alapja a müanyag kémcső falának bevonása higitott antisavóval. A bevonó oldatot és a kellő higitásu plazmát vagy standard oldatot a ^{125}I-antigénnel együtt müanyag kémcsőbe mérik. 37°C-on való megfelelő inkubáció után a csövek tartalmát leöntik, kimossák és aktivitásra megmérik, hogy mennyi jelzett antigén kötődött az antitesttel bevont cső felületére. A minta antigén-koncentrációját standard görbéről olvashatjuk le, amit mérhetünk hitelesitett csövekkel, vagy számolhatunk a standard görbe linearizált reciprokának meredekségéből.

Az antitest bevonatos radioimmunassay rendkivül egyszerü és megfelelő, és főleg különböző peptidhormonok meghatározására használható.

HGH csőben való meghatározása

A bevonandó cső minőségére, az antitest koncentrációra, a bevonás időtartamára, térfogat-, pH- és hőmérsékleti viszonyaira, stabilitására, valamint az inkubációs térfogatra, hőmérsékletre és időtartamra vonatkozó kiterjedt vizsgálatok alapján az analizis:

A HGH-antiszérumot 1:loooo-re higitják Na_2CO_3 pufferben pH 6,o-nál és 1 ml aliquotot mérnek az üreges mérőhelynek megfelelő müanyag kémcsőbe. A csöveket 2 órán át szobahőmérsékleten állni hagyják, azután az antiszérumot leszivják, majd a csöveket 2 x 1 ml fiziológiás sóoldattal és egyszer BSA oldattal mossák. A bevont csöveket vagy száritják és tárolják 4°C-on, vagy azonnal használják radioimmunassay-re.

A o,5 ml-es plazmamintákat 2 ml MSA oldattal keverik, és a higitott plazma 1-1 ml-es aliquotját belemérik a bevonatos csövekbe. Ezután HGH standardot /Milhelmi HS-7o5 A/ adnak hozzá o,25-5 µg mennyiségben, 2o% lószérumban 4 párhuzamosban.

A tracer HGH-t Greenwood eljárásnak módositásával készitik és cellulóze oszlopon tisztitják. Ebből o,2-o,2 ml-t /lo^{5} cpm/ adnak minden csőhöz, és 1-2 órára 37°C-ra helyezik. Az érzékenységet fokozni lehet azzal, hogy a mintát vagy a standardot tartalmazó csöveket a tracer hozzáadása előtt 1 napig inkubálják, ami után még 16-24 órás további inkubáció következik. A csövek tartalmát leszivják, majd vizzel kétszer mossák, ezután 1 perces aktivitásmérés következik.

A standard görbéket lineáris formába lehet alakitani 0-5 µg tartományban, ha a kötöttet, mint reciprok funkciót fejezik ki. Az eredményt az egyenesből számolják ki, amelyet ugy nyernek, hogy a standard beütésszámot és a mintacső beütésszámát B_o/B hányados alakjában fejezik ki, azaz a kötött beütésszám nulla koncentrációnál/a kötött beütésszám az egyes mintákban. Ez az eljárás a plazma HGH tartalmának egyszerü és objektiv mérését teszi lehetővé.

Összefoglalva:

A bevonatoscső-módszer használható bármilyen rendszerre, amelyben egy antitest vagy kötőfehérje /plazma- vagy szöveti fehérje/, mint un. receptor erősen tapad a cső belső felületéhez. Ezen fizikai adszorpció után a receptoron kompetitiv kötődés jöhet létre. Ilyen alkalmazási terület pl. a Rubini és munkatársai által bemutatott és B_{12}-vitamin meghatározására alkalmas módszer is.

Ami pedig a radioimmunassay-t érinti, a bevonatoscső-módszer alkalmas bármilyen antigén mérésére,amelyhez megfelelő titerü és affinitásu antiszérumot tudunk termelni. A szérumok legnagyobb része megfelelő affinitással rendelkezik a konvencionális folyékonyfázis-módszerhez, ez azonban nem mindig elegendő a bevonatoscső-módszerhez. Ilyen antiszérumok főként a kis molekulasulyu és aránylag rossz antigenitásu antigének esetében fordulnak elő. Mindamellett valószinü, hogy az antisavók egy része olyan, hogy egy adott antigénnel megfelelő titerben affinisnak bizonyul és alkalmas cső-módszerre. Az antigéneknek a legnagyobb része, mint pl. HGH, HPL, HLH mérsékelt antitesttiter esetén is kvantitative mérhető cső-módszerben, ami pedig azt jelenti, hogy ez a módszer csaknem minden olyan antigén mérésére alkalmas, amelyekkel szemben elég magas antitest titert lehet elérni.

A csőmódszernek érzékenységét, pontosságát és precizitását tekintve sok előnye van más módszerrel szemben. Ilyen nagyon fontos előny: a rendkivüli egyszerüség, amivel az egész meghatározás az eredeti bevonatos csőben elvégezhető és semmi más szeparálási módszer nem szükséges, mint az egyszerü kimosás. A γ-sugárzásmérő berendezésen kivül más különleges készülékre nincs szükség, és az igen olcsó polisztirén csövek a célnak tökéletesen megfelelnek. A bevonatok elkészitése igen egyszerü, a müvelet maga pedig igen gyorsan elvégezhető, ha a megfelelő antisavó rendelkezésre áll. Mivel az elválasztás müvelete csak az egyszerü mosás, rövid idő alatt igen nagy számu minta pontosan és gyorsan elkészithető.

A módszer javitható azáltal, hogy a mintákat egy éjszakán át állni hagyjuk, az érzékenység pedig tovább fokozható, ha az inkubációt 2 napig végezzük.

Hosszu tapasztalat alapján azt lehet mondani, hogy a módszer megbizható. Ha néha probléma adódik, annak oka a nem megfelelő kalibrációs görbe. Ennek

oka pedig a tracer károsodott /denaturált/ volta. A radiojód minőségének változékonysága és ennek következtében a tracer változó minősége aránylag csekély jelentőségü, legfeljebb a kötött beütésszám a standardban és a minta-csövekben szisztematikusan alacsonyabb. Mindamellett aránylag alacsony specifikus aktivitásu tracer is alkalmas meghatározásra, és ilymódon elkerülhető a tracer radiolitikus bomlásából származó minden probléma, amely pedig a radioimmunassay-khoz megkivánt magas fajlagos aktivitásnál igen gyakran előfordul.

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 4-5. szám

A radioimmunassay fejlesztési lehetőségei

MERÉTEY K.
Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézet, Budapest

Jelzett antitestek és immunoszorbensek alkalmazása. Kisebb érzékenységnél számos immunológiai módszerrel, pl. géldiffuzióval történő kombináció. A nem immunogén anyagok radioimmunassay-vel történő meghatározása immunogén hordozóhoz való kapcsolással.

Перспективы развития метода радиоиммунэссея
Меретэи, К.
Пцименение меченых антирел и иммуносорбентов. При меньшей чувствительности использование комбинаций радиоиммунэссея с многочисленными иммунологическими методами, напр. гельдиффузией. Определение не-иммуногенных материалов радиоиммуноэссеем с помощью цепления их к иммуногенному носителю.

Possibilities in the development of radioimmunassay
Merétey, K.
Application of antibodies and immunosorbents. In case of lower sensitivities use of combinations of assay and a number of immunological methods, e.g. gel-diffusion. Determination of non-immunogenic materials by connecting them with immunogen carrier.

A radioimmunassay tágabb értelemben izotóppal jelzett reagensekkel végzett vizsgálat, amely felhasználja az immunológiai reakciók specificitását és az izotópos módszerek érzékenységét. A vizsgálat célja mennyiségi meghatározás.
A radioimmunassay fejlesztési irányai:

1. A jelezhető reagensek és alkalmazhatóságuk
2. A módszerek bővitése alacsonyabb érzékenységnél
3. Immunassay nem jelzett reagensekkel

A jelzett reagensek és alkalmazhatóságuk

A csőbevonatos módszernek ujabb variációja a szendvics-technika, amelyben a csövet először antigénnel vonják be, és ehhez kötik specifikusan a higitott immunszérumot. A továbbiakban a módszert változatlan módon is lehet alkalmazni, azaz a jelzett antigén és a vizsgálandó anyagban lévő antigén kompetitive kötődik a bevonathoz. A módszer előnye, hogy a csőbevonat kialakitásakor az antigén szelektive a leginkább affinis antitestmolekulát fogja megkötni, valamint hogyha a csőbevonat készitéséhez igen tiszta antigént használunk, a specifikus kötés kiküszöböli a szennyezésekre ható egyéb ellenanyagok zavaró hatását.

Érdekes lehetőséget nyujt a kinetikai vizsgálat. Nyiroksejtekben termelődött immunglobulinokat, azok mennyiségét Salmon és Smith ugy mérte, hogy in vitro tenyésztett fehérvérsejtekhez, plazmasejtekhez triciummal jelzett aminosavat, leucint adott, és az időközönként vett sejtmintákat ultrahanggal feltárta. A homogenátot az előzőekben már emlitett bevonatos csövekhez adta. A csőbevonathoz kötődött aktivitásból következtetett az ujonnan szintetizálódott immunglobulin tipusra, anélkül, hogy a jelenlévő egyéb szintetizálódott fehérjék zavarták volna a reakciót. Elvileg ez az irány óriási lehetőséget nyujt egyéb antigén vagy haptén természetü anyagok szintézisének vizsgálatára is.

A szokásos radioimmunassay-ben a jelzett reagens mindig az antigén. A jelzett antigén segitségével indirekt módon mérjük az ismeretlen anyagmennyiséget, amelyet csak részlegesen alakitottunk át egy másik termékké. Ez bizonyos hátránnyal jár:

1. Gyakran nagy a visszamaradt átalakitatlan mennyiség, és csökken a módszer érzékenysége.

2. Ha nincs tirozin a vizsgálandó antigénben, a jóddal való jelzés nehézségbe ütközik. Ha a tirozin résztvesz az antigéndeterminánsok kialakitásában, a jelzés ebben olyan változást idézhet elő, hogy az antitesthez való kötődés lehetetlenné válik. Ez ismét csökkentheti az érzékenységet.

3. Az a tény, hogy a vizsgálati rendszerben mindig antigénfelesleg van, további nehézséget jelent:
   a/ nagy a háttér, azaz a nem antitesthez kötött aktivitás az olyan csövekben is, ahol nem adunk a rendszerhez jelzetlen plusz antigént vagy vizsgálandó anyagot.
   b/ Nagyon kell higitani az antitestet, és igy csak a leginkább affinis immunszérumok alkalmasak a vizsgálathoz.

4. A standard görbe, amiből kiszámitjuk a vizsgálandó anyagkoncentrációt, nem lineáris, hanem a szabad, illetve kötött aktivitás aránya az antigén-koncentráció logaritmusával arányos. Ez annyit jelent, hogy a módszerrel kis különbség nehezen értékelhető.

Ezekből a megfontolásokból kiindulva Miles és Hales forditott radioimmunassay-t, a radiometriás meghatározást dolgozta ki /3. ábra/:

a/ Az antigénnel immunszorbenst készitett, speciálisan kezelt cellulózporral kötötte az antigént, kémiai kötést kialakitva.

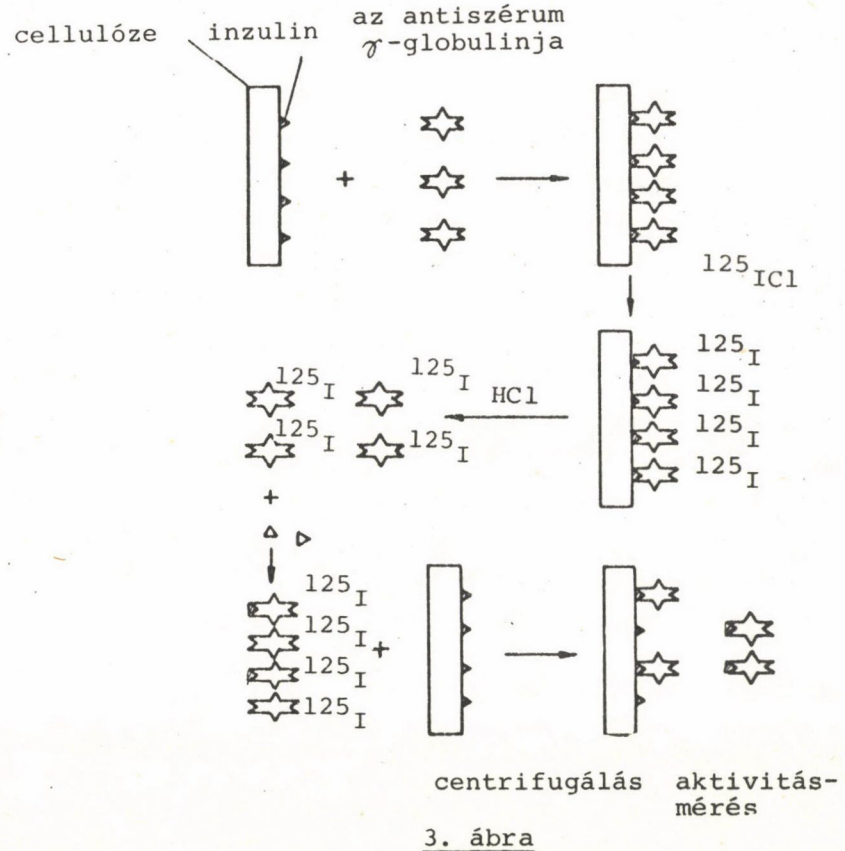
b/ Az igy preparált igen tiszta antigént tartalmazó immunszorbenst kezelte az immunszérummal, antitesttel telitette.

c/ A kötött antitestet ilyen kötött állapotban jelezte jód-izotóppal.

d/ A jelzett antitestet eluálta az immunabszorbensről.

e/ Az igy készitett jelzett ellenanyagot reagáltatta a vizsgálandó antigénnel, illetve a standard higitásokkal. A rendszert ugy állitotta be, hogy a jelzett antitest marad minden esetben feleslegben.

f/ A feleslegben maradt ellenanyagot ujabb adag immunszorbensre vitte fel, - ehhez nem kell tiszta antigén -,centrifugálta,és mérte az immunszorbensen kötődött aktivitást. Ebből az értékből következtetnek standardok segitségével a vizsgálandó anyagban az adott antigén-koncentrációra.



3. ábra

Immunoradiometriás inzulin-meghatározás menete /Miles és Hales/.

A módszer elvi érzékenysége 5ooo-es molekulasulyu antigénre nézve $o,1.1o^{-12}$g. Gyakorlatban $o,2.1o^{-12}$g érzékenységgel tudtak inzulint mérni. Tehát a radioimmunassay továbbfejlesztésének egyik lehetősége lehet jelzett antitestek és immunszorbensek alkalmazása.

A módszerek bővitése alacsonyabb érzékenységnél

A világszerte szinte rutinszerüen végzett immunglobulin meghatározások a radiális immundiffuzióra támaszkodnak. Géldiffuziós módszerekkel mi magunk is tudtuk mérni inzulinpreparátumok inzulintartalmát, megfelelő precipitáló tengerimalac-immunszérum segitségével. Az ilyen meghatározásoknál a kimutat-

ható legkisebb koncentráció kb. lo µg/ml körül van. Egyes esetekben ennél azért nagyobb érzékenység szükséges /pl. IgE, illetve IgD szérumszint-vizsgálatoknál/. Ilyen esetben a módszer kombinálható az izotóptechnikával, és a módszer érzékenysége 5o-szerese lesz a hagyományos radiális immundiffuzió érzékenységének, tehát lo^{-9}g-os szinten lehet már meghatározásokat végezni.

A radiális immundiffuziónak, a mennyiségi meghatározásnak elvi alapja az az összefüggés, ami a diffuziós sebesség és a koncentráció között van. A kapott diffuziós sebességeket standardhoz viszonyithatjuk. Az érzékenység határa az az antitesthigitás, amelynél még látható az antigén-antitest precipitátum, hiszen a precipitátum kiindulási helytől való távolodása mérhető. Ha igen hig immunszérummal állitjuk be a reakciót, kialakul antigén-antitest precipitátum, csak nem látható. Az ilyen nem látható precipitátum nem mosódik ki, hanem az agarban marad. Ekkor kezeljük a lemezeket ^{125}I-tel, vagy ^{131}I-gyel jelzett antiglobulinnal, ami specifikusan kötődni fog a precipitátumban lévő antitesthez. A radioaktivitást röntgenfilmmel tesszük láthatóvá, és ezen a röntgenfilmen végezzük a méréseket. Ez a módszer csak célját tekintve radioimmunassay, elve nem egyezik meg a szokásos radioimmunassay elvével. A radioimmunassay fogalmát immunológiai irányba szélesitve, ide sorolható a radioimmun-elektroforézis számtalan változata is, amellyel sokszor kvalitative kimutatunk egy antigén természetü anyagot,de lehetőségünk nyilik bizonyos mennyiségi tájékozódásra is. Ilyen módszerrel vizsgáltuk thyreoglobulin autoantitestek immunglobulin-specificitását. A beteg-savók és monospecifikus immunglobulinokra ható immunszérumok specifikus precipitációs iveket eredményeztek. Ha ez a precipitátum kötötte a ^{131}I-gyel jelzett thyreoglobulint - azaz a röntgenfilmen feketedés jelentkezett az iv felett -, akkor az adott immunglobulin-molekulák egy része egyben thyreoglobulin autoantitest is volt. Higitási sort alkalmazva bizonyos mennyiségi következtetések is levonhatók.

Immunassay nem jelzett reagensekkel

Lehet jelzett antigén nélkül is, csupán immunológiai reagensekkel, hasonló érzékenységü meghatározásokat végezni.

A probléma onnan indult ki, hogy szükségesnek látszott magukban nem antigén természetü, de biológiai fontosságu anyagok értékmérése. Ilyenek pl. bradykinin, növényi hormonok, nukleotidok stb. Ilyen tipusu anyagok radioimmunassay-vel való értékeléséhez szükséges:

1. Antitesttermelés a nem antigén természetü anyaggal szemben.

A kis molekuláju anyagokat vivőanyaghoz, carrier-hez kapcsolták,és ilyen komplexekkel immunizálva állatokat, ellenanyagok termelődnek nemcsak a vivőfehérje, hanem a kis molekuláju, a haptenként szereplő anyag ellen is. A haptén és carrier kémiai kapcsolása függ a kis molekuláju anyag kémiai természetétől.

2. Olyan eljárás kifejlesztése, amely lehetővé teszi az ellenanyaghoz kötött kis molekulák, valamint a nem kötött kis molekulák külön-külön kimutatását.

Az ellenanyaghoz kötött és kötetlen haptének elkülönitésére nem volt szükség, mivel a kimutatásra kémiailag modifikált fágokat használtak. Ilyen eljárást először Mäkelä, valamint Haimovich és Sela alkalmazott.

A kémiailag modifikált, hapténnel kapcsolt fágok éppen ugy inaktiválhatók a kötött hapténre ható ellenanyagokkal, mint ahogyan a modifikálatlan fágokat inaktiválják a fágokra ható ellenanyagok. Mivel a fágok inaktiválása egyike a legérzékenyebb módszereknek, amelyekkel ellenanyagot lehet kimutatni, az immunszérumokat 10^{6}-10^{7}-szeresre lehetett higitani. Ezzel megteremtették az érzékeny mennyiségi meghatározás lehetőségét. A mennyiségi meghatározás alapja, hogy a rendszerhez adott vizsgálandó anyag csökkenti az anyaggal kapcsolt fágok specifikus inaktiválását. Jelenleg a módszert inkább ellenanyagok kimutatására használják, mivel az érzékenysége $0{,}2.10^{-9}$ - 2.10^{-9}g között van. Azonban ezen a téren pl. a reagin- és nemreagin tipusu ellenanyagok elkülönitésére, inzulinellenes antitestek érzékeny kimutatására igen alkalmasnak látszik.

IZOTŐPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 4-5. szám

Inzulin és inzulinellenes antitest radioimmunológiai meghatározása a klinikai gyakorlatban

TAMÁS GY.
I.sz. Belgyógyászati Klinika, Budapest

A vizsgálathoz amershami kitet, kettősantitest-rendszert használnak. Rutindiagnosztikai célra alkalmas, kísérleti pontosságu eredmények még nincsenek.

Радиоиммунологическое определение инсулина и антител против инсулина в клинической практике
Тамаш. Д.
Примененный в испытаниях изотопов /"kits"/ из Эмершема, система двух антител способна для рутинных диагностических целей, но результатов с экспериментальной точностью еще не получилось.

Radioimmunological determination of insulin and anti-insulin antibodies in the clinical practice
Tamás, Gy.
In the investigations kits from Amersham, double antibody systems have been used. These proved to be useful for routine diagnostics, results, however, are only of qualitative character.

A radioimmunassay-t legrégebben és legkiterjedtebben a vér inzulinszintjének meghatározására használják. A módszernek, látszólagos egyszerüsége mellett, elég sok buktatója van. Ha a szabad és kötött rendszerek elválasztására centrifugálást alkalmazunk, hütésre és meghatározott fordulatszámra van szükségünk, amit hazai centrifugával nem mindig sikerül elérnünk. Ezenkivül ujabb nehézség a szérumok levétele. Ugy találtuk, hogy ezt standardizálni kell, ugyanis a legkisebb mértékben haemolizált szérumok vagy lipaemia egyaránt befolyásolják az értékeket. Ezeknek a kiküszöbölésére heparinnal vesszük le a véreket, miután félórát állt a hütőszekrényben, hütve lecentrifugáljuk, igy meglehetősen standard plazmát kapunk. Ujabb irodalmi adatok alapján a heparin stabilizálja az inzulint.

Mi évek óta amershami kittel végezzük vizsgálatainkat. A készletben a kettős antitest rendszer preprecipitálva liofilezett állapotban kapható. ^{125}I-tel jelölve küldik az inzulint, ujabban humán inzulin-standardot és alkalmas szürőpapirt is, amelyek összehozva elvileg pontos eredményt adnak. Azonban valószinüleg világszerte problémát jelent a módszer, mert már többször olvastuk módositását. Egyes szerzők további precipitáló savókat adnak a rendszerhez, ezáltal biztositva azt a molekulanagyságot, amely jó ülepedést tesz lehetővé. A gyári előirás szürésre vonatkozik, azonban ez is rejt magában hiba-

lehetőséget, amit az is bizonyit, hogy kezdetben különböző fajtáju szürőket ajánlottak és küldtek a kittel együtt. A módszer tulajdonképpen alkalmazható lehetne hazai körülmények között is, azonban az antitestek, illetve a kétfajta antitest előállitása nézetem szerint a klinikai, kórházi szintet meghaladja. Nehéz lenne külön immunológust beállitani arra, hogy a szükséges immunsavókat előállitsa.

A legfrissebb irodalmi adatok alapján, ma már nemcsak az inzulin, hanem prekurzora, a proinzulin és az egyes inzulinláncok meghatározása is folyik. A proinzulin rendkivül érdekes az inzulin-meghatározások szempontjából, hiszen a specifikus antigén volt az első feltétel, és már bizonyitott, hogy a többször átkristályositott inzulinok is több komponenst tartalmaznak, többek között a lo ooo-es molekulasulyu proinzulint, valamint az intermedier formát, amely poliakrilamid gélen nagyon szépen szétválasztható. Legutóbb szeptemberben a varsói, illetve nyáron a Buenos-Aires-i diabetes kongresszuson hangzott el, hogy a Novo cég monokomponens inzulint állitott elő,és ezt humán alkalmazásra is felhasználta. Monokomponens inzulin, amelytől a proinzulint és az intermedier formát már elválasztották. Ezzel az inzulinnal kezelve betegeket, illetve immunizálva állatokat, antitestek képződését nem tapasztalták. Ez jelen esetben az inzulinmeghatározási metodika megbizhatóságát rendkivüli mértékben aláásná, hiszen bizonyos fokig azt jelentené, hogy a proinzulin C lánca az, amely az immunitásért és az antigenitásért felelős. Tulajdonképpen kérdéssé vált, hogy mit is mérünk. Bár az elmult egy év irodalmi adatai alapján ugy látszik, hogy a magas inzulinszinttel rendelkező betegek jórészénél valóban inzulin az, amit mérünk és csak 5-lo%-a proinzulin. Az már bizonyitott, hogy az inzulinomás esetekben az emelkedett inzulinszintnek 6o-7o%-a proinzulin. Ennyit a metodikai megbizhatóságról elméleti sikon.

Összefoglalva:

Háromeves tapasztalataink az amershami kittel azt mutatják, hogy rutindiagnosztikai célokra alkalmas meghatározást be lehet állitani, de ez nagyobb pontosságra, kisérleti pontosságu eredményekre egyelőre nem látszik alkalmasnak. A széles körü klinikai felhasználás vitatható, hiszen az egyszerü cukorterhelés megemelkedett diabetoid jellegü görbéje majdnem ugyanolyan felvilágositást ad, mint az inzulinszint meghatározása, azzal a különbséggel, hogy az utóbbi lényegesen bonyolultabb metodika és drágább is. Rutinként például az orális antidiabetikumoknak a késői rezisztenciája, tehát spätversageresetekkel kapcsolatban jöhet szóba, ahol kérdéses az, hogy valódi kimerülésről van-e szó, a pankreas valóban nem termel inzulint, avagy valamilyen más okból nem tudjuk a beteget beállitani oralis antidiabetikumra. Néhány esetben meg is próbáltuk, ha nincs mérhető inzulinszint a szérumban, ebben az esetben a beteget okvetlenül inzulinra kell állitanunk, ha viszont "maturity onset" diabetesnek megfelelően nagyobb inzulinszintet találunk, akkor valamilyen re-

zisztenciát fenntartó tényezőt kell keresnünk, vagy pedig antidiabetikumot kell váltanunk /Euglukon/;esetleg valamilyen diguanidin-készitményt,pl. Adebitet vagy Silubin-Retardot kell megpróbálnunk.

Az inzulin-antitestek számos módszerrel alkalmazhatók klinikai rutin célra. Négy éve folyó vizsgálataink egyrészt experimentális részre, másrészt klinikai rutin diagnosztikára oszthatók fel. Utóbbira Sephadex-G loo-on történő gélfiltrációs vizsgálataink szolgálnak. Ez, mint in vitro diagnosztikai teszt,könnyen beállitható, jól reprodukálható és igy jól felhasználható eljárás. Körülbelül másfél órát igényel: 1 ml szérumot egy órahosszat inkubálunk 37°C-on adott mennyiségü jelzett inzulinnal és ezt választjuk szét Sephadexen. Az eluciót fiziológiás sóval végezzük. 3o db 1 ml-es frakciót eluálva külön jönnek le a fehérjék és külön a jelölt inzulin. A fehérjékhez mintegy lo-15%-os kötődést észlelünk inzulinnal nem kezelt egyéneknél, ezt nem-specifikus kötődésnek tartjuk /valószinüleg a bomlástermékek vagy a polimerizált inzulin kapcsolódása okozza/. 15% fölötti kötődést inzulin antitestek jelenlétére bizonyitónak itélünk. A fehérjéhez kötött és a szabadon eluálható izotóp aktivitását összeadjuk,és ennek a %-ában fejezzük ki a fehérjéhez kötött izotóp beütésszámát. Ha a kötött inzulin mennyisége 2o-4o% között van, az nem szokta befolyásolni a betegek inzulin-kezelhetőségét. 4o% fölött már bizonyos befolyást gyakorol rá, tehát ilyenkor már a betegek 6o-8o egység inzulinra szorulnak. Olyan betegnél, aki például 8o egység inzulint kap és 5o%-os antitestmennyiséget észlelünk, nem szükséges keresnünk más rezisztenciát fenntartó okot, mert a nagy antitestszint valószinüsiti a nagyobb inzulinszükségletet. 6o% fölötti fehérjéhez kötött jelzett inzulinmennyiségnél gyakorlatilag már inzulinrezisztenciával számolunk, tehát 2oo egység feletti inzulinra szorulhatnak a betegek. Ezeket a vizsgálatokat fel tudjuk használni diagnosztikai célra, tehát bizonyitjuk azt, hogy a rezisztencia fenntartásában antitestek szerepelnek. Néhány esetben, amikor az antitestek mennyisége és az inzulinszükséglet nincs arányban egymással, ugyanakkor nem sikerül más rezisztenciát fenntartó tényezőt sem kimutatnunk, ilyen esetekben feltételezzük a szöveti rezisztenciát. Jelenleg izmok ^{24}Na-permeabilitását vizsgáljuk, és azt találjuk, hogy cukorbetegek esetében ez jelentősen csökkent, tehát elképzelhető, hogy itt valóban szöveti rezisztenciáról lenne szó.

A Sephadex-G 2oo oszlopon gélfiltrációval végzett elválasztás már lényegesen hosszabb vizsgálat, rutincélokra nem alkalmazzuk. Ebben az esetben az inzulin-fehérje komplex lokalizációját vizsgálhatjuk, megvizsgálhatjuk, melyik fehérjefrakcióhoz kötődik a jelölt inzulin, melyik eluensfrakcióban jelenik meg a komplex. Érdekes, hogy többfajta inzulin-antitest komplexet észleltünk: makroglobulin tipusut, γ-globulin tipusut és olyat is, amely Sephadexen e frakciók között helyezkedik el. Évek óta vitás, hogy ez a makroglobulin frakciókban található komplex valóban antitest-e vagy sem. A varsói kongresszuson immun-

elektroforézissel bizonyitották IgM tipusu inzulinellenes antitestek jelenlétét is. Feltehetően az antitest minősége is befolyásolja a bevonatos-cső módszert, és ma már az elismert, hogy az inzulin antitestek többfajta lokalizációban helyezkednek el. Igy például poliakrilamid gél-elektroforézissel vizsgálva ezeket az antitesteket, találtunk lassan és gyorsan vándorló globulin-tipust, sőt néhány esetben makroglobulin tipusu komplexeket is. Komplexeket szokás emliteni, mert vitatott, hogy ez maga az antitest vagy pedig az inzulinnak 2-, 3- esetleg több γ-globulin tipusu antitesttel való kapcsolódása, amely nagyságrendileg igy makroglobulin tipusnak adódik. Ezeknek az antitesteknek a jelentősége a diabeteses szövődmények immunpatológiájában van, ahol akár a veseszövődmények, akár a retinopathiák fenntartásában vagy létrehozásában, vagy sulyosbitásában játszhatnak szerepet.

Vita

Módszertani problémák

Résztvevők: Gács János /SOTE Gyermekklinika/ - Merétey Katalin /OSSKI/ - Péter Ferenc /DOTE Gyermekklinika/ - Petrányi Gyula - Gasztonyi Gabriella - Kertész László /DOTE I.sz. Belklinika/

A résztvevők mindenekelőtt az antiszérum saját laboratóriumban való előállításának, illetve kereskedelmi beszerzésének előnyeit és hátrányait vitatták meg. Egyesek szerint nem kell idegenkedni készitésüktől, fagyasztva évekig tárolhatók és felhasználhatók. Mások nem tartották gazdaságosnak, de tanácsosnak sem a házi előállitást és a többszörös felolvasztással járó felhasználást.

Megállapitották, hogy hazánkban csak inzulin-immunassay-vel foglalkoznak. Javasolták, hogy a különböző szeparáló eljárással folyó inzulinmeghatározások egyeztetése érdekében ugyanazon standard-szerumot határoztassák meg különböző laboratóriumokban. Jó együttmüködésen mulik, hogy friss, illetve hütve tárolt és szállitott szérumokkal döntsék el az eredmények helyességét. Felhivták a figyelmet arra, hogy a radioimmunoassay akkor értékes, ha az inzulinszint változásainak követésére használják fel cukorterhelés alatt, és ha a szimultán végzett vércukor-meghatározásokkal összehasonlitást végeznek.

Összefoglalóan megállapitották, hogy minden egyéb vizsgálati eljáráshoz hasonlóan ebben az esetben is fel kell mérni a módszer érzékenységét, fajlagosságát és gyakorlati használhatóságát. Ezeket a szempontokat a radioimmunassay kedvezően elégiti ki. Kiegészitésül azonban nem szabad szem elől téveszteni, hogy valamennyi, a vizsgálandó anyagot /hormont/ közvetetten kimutató el árás eredményessége attól függ, hogy az anyagnak milyen a reakciója valamel reagenssel /antitest/, amelynek eredményeképpen mérhető termék /komplex/ jön létre. Ha az elsődleges reakció után az anyag regenerálódik, akkor további reagensmolekulákkal kerülhet kapcsolatba, és igy több termékmolekula keletkezését eredményezi. Maximális érzékenységet akkor érünk el, ha

a/ valamennyi vizsgálandó molekula legalább egyszer, de kivánatos módon többször is reagál /antigén-regenerálás?/,

b/ a produktum mennyiségét olyan folyamattal vizsgáljuk, amely kis háttéreffektussal rendelkezik, és a folyamat változása egyenesen arányos a produktum változásával,

c/ a mért jelenség igen kis termékkoncentrációk mérésére alkalmas.

Az első két feltételt nem elégiti ki a radioimmunassay: a vizsgálandó antigén nagy hányada /3o-5o%/ nem reagál, és a szabad és kötött hormon mennyiségében bekövetkezett változást csak nagy háttérrel szemben mérhetjük , vagyis az aktivitás viszonylagos változása kicsiny az antitesthez kötött jelzett hormon mennyiségének relative nagy változásához képest. A módszer érzékenysége azonban még igy is felülmulja a fiziológiás transzport vagy szöveti fehérjékkel végzett kompetitiv kötési próbákat, ami elsősorban a kötés nagyobb energiájának köszönhető. Minél kedvezőbb számban vannak jelen nagyenergiáju kötőhelyek /ami nem arányos a magas antitest-titerrel/, annál meredekebb, "érzékenyebb" a meghatározáshoz felvett standardgörbe. A radioimmunassay-k során többnyire nagy fajlagosságu, nagy kapcsolódási energiáju és lassu reakcióju folyamatok zajlanak le, amelynek egyensulyát időigényes szeparálások sem befolyásolják. A nem-kötött frakcióra vonatkozó gyors szeparáló eljárással, antigén-dusitással még tovább növelhetjük az érzékenységet.

A fennálló elvi és gyakorlati /preparativ és szeparációs/ problémák miatt mind ujabb módositásokat vezetnek be, de ezek semmit sem vonnak le a már kialakult rutineljárások használhatóságából. Ha Magyarországon a módositások kidolgozásában nem is veszünk részt, mindenképpen helyt kell adnunk a rutin inzulin-immunassay-k szélesebb körü felhasználásának a megbeszélt indikációs területen. Kivánatos, hogy ennek első lépése a mérések országos koordinálása legyen. Az egyeztetést nagyon megkönnyiti, ha a felhasználók a jól bevált kommerciális készletekkel végzik majd meghatározásaikat.

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 4-5. szám

KOMPETITIV FEHÉRJEKÖTÉSI VIZSGÁLATOK

Pajzsmirigyhormonok kompetitiv kötődése szérumfehérjékhez

BÁNOS CS.
János Kőrház, Budapest

A pajzsmirigyhormonok koncentrációja a szérumban. A szérumfehérjék kötőkapacitása egészséges és beteg esetekben. A kötődésen alapuló in vitro eljárások. Különféle elválasztási módszerek.

Соревнующаяся связь гормонов щитовидного железа с сывороточными белками
Банош, Ч.
Концентрация в сыворотке гормонов щитовидного железа. Мощность связи сывороточных белков в здоровых и больных случаях. Основанные на связь in vitro методы. Различные методы деления.

Competitive binding of thyroid hormones with serum proteins
Bános, Cs.
Concentration of thyroid hormones in serum. Binding capacity of serum proteins in healthy and patnological cases. In vitro techniques based on binding. Various separation methods.

A plazmában kimutatható pajzsmirigyhormonok - thyroxin és trijodothyronin - javarészt fehérjékhez kötött formában keringenek. A kötésben két specifikus fehérjefrakció, a thyroxin-kötő globulin /TBG/ és a thyroxinkötő prealbumin /TBPA/, továbbá az albumin, mint nem-specifikus frakció vesz részt. A TBG koncentrációja a plazmában normál esetben kb. 1 mg/1oo ml, amelyhez a thyroxin 6o%-a, a TBPA mennyisége kb. 3o mg/1oo ml, amelyhez a thyroxin 25-3o%-a kötődik. A fennmaradó 1o-15% thyroxin albuminhoz kötődik. A fehérjéhez nem kötött, un. szabad thyroxin mennyisége csekély, kevesebb, mint 1 °/oo. A TBG és a TBPA thyroxinkötő kapacitása véges, 1oo ml plazmában található TBG kb. 2o-25 µg, ugyanannyi TBPA 1oo-3oo µg thyroxint képes kötésben tartani maximális thyroxin-telitettség esetén, amig az albumin kapacitása gyakorlatilag korlátlan. Fenti adatokból az is kitünik, hogy az emlitett fehérjefrakciók koncentrációjával és maximális thyroxinkötő kapacitásával forditottan arányos a thyroxinhoz való affinitás. A legerősebb kötést a TBG mutatja, majd sorrendben a TBPA és albumin következik. A TBG erős kötésének fiziológiás jelentősége is van, ugyanis ennek a frakciónak a koncentrációváltozása jelentős mértékben befolyásolja a thyroxin-anyagcserét. A TBPA szerepe a thyroxin transzportjában kisebb és kevésbé tisztázott. A trijodothyronin szintén fehérjéhez kötött formában kering, a TBPA-hoz azonban nem kötődik, a TBG-kötés pedig laza, arról

könnyen leválasztható,és thyroxinnal a kötésből könnyen felszabadítható. A trijodothyronin és thyroxin közötti különböző mértékü kompetició a TBG fehérje kötésért lehetőséget ad arra, hogy a plazmafehérjék thyroxin-telitettségét könnyen meghatározzuk, vörösvértesttel, illetve ioncserélő gyantával vizsgálva a jelzett trijodothyronin in vitro felvételét.

A TBG thyroxinkötő kapacitása a különböző kórképekben megváltozhat. Euthyreosisban, egészséges egyéneknél a plazma thyroxin-koncentrációja kb. 4-11 µg/loo ml. A TBG lehetséges kötési kapacitása igy nincs kihasználva, annak nagyobbik része, kb. 7o-8o%-a szabad thyroxinkötő kapacitás formájában található. Hyperthyreosisban a fokozott pajzsmirigy hormonszekréció miatt és a magasabb thyroxin vérszint következtében a plazmafehérjék kötési kapacitása jobban telitett, a szabad thyroxinkötő kapacitás csökken. A TBG-koncentráció normális vagy kissé alacsonyabb mint a normális, a TBPA mennyisége mindig csökken. Hypothyreosisban csökken vagy megszünik a pajzsmirigy hormonszekréció,és a plazmafehérjék thyroxinkötő kapacitása telitetlen állapotban marad. A TBG-koncentrációja a plazmában kissé fokozott vagy normális. A fokozott thyroxinkötőkapacitás előfordul euthyreosisban oestrogén hormonkezelés következtében, öröklött betegségeknél, graviditásban stb. Hatására mind a kötött thyroxin, mind a szabad thyroxinkötő kapacitás és a plazma thyroxin-koncentráció is emelkedik. A magasabb thyroxinkötő kapacitást a TBG-koncentrációjának növekedése okozza,és fokozott TBG-szintézis következménye lehet. Euthyreotikus állapotban a TBPA-koncentráció nem szokott változni. Csökkent thyroxinkötő kapacitás ritkábban fordul elő; mind a szabad, mind a kötött thyroxinkötő kapacitás alacsonyabb lesz. A plazma thyroxin-szint csökken, az authyreosis nem szokott változni. Öröklött betegségeknél, nephrosisban, egyes gyógyszerek és hormonok hatására fordul elő. Elméletileg a hyperthyreosis és fokozott TBG-kötő kapacitás is előfordulhat a fokozott pajzsmirigymüködés és terhesség egyidejü fennállásakor, vagy hyperthyreosisban szedett oestrogen készitmények hatására. Ilyenkor mind a TBG-koncentrációja, mind a thyroxin mennyisége fokozódik a plazmában. A szabad és kötött thyroxinkötő kapacitás aránya a pajzsmirigy hormonszekréció és a TBG-koncentráció viszonyától függ. A thyroxin-kötő fehérjék koncentrációváltozásai jelentős mértékben befolyásolhatják a thyroxin anyagcserét. Kapacitásuk növekedésével emelkedik az extrathyreoidális organikus thyroxin-pool, csökken a frakcionális thyroxin-turnover, általában változatlan marad az abszolut thyroxin-turnover és ez okozza azt - amellett, hogy a szabad thyroxinszint sem szokott lényegesen változni - hogy az euthyreotikus állapot változatlan marad. Gyakorlatilag ez azt jelenti, hogy nő a szérum organikus jód mennyisége és csökken a fehérjék szabad thyroxinkötő kapacitásának meghatározására szolgáló in vitro T_3 felvételi teszteknek az értéke. A radioaktiv jód-felvételi görbe érdekes módon lényegében normális lefutást mutat. Jelentősége ennek a kérdésnek oti van, hogy egyre inkább elterjed az antikoncipiens szerek szedése. Sokan be sem szokták vallani,és sokszor csak utólag derül ki, hogy ilyet szed a

vizsgálandó egyén. Ezért a Hamolsky-teszt vagy más T_3 vizsgálat és a szérum-thyroxin-/vagy PBT-/ meghatározás egyidejü elvégzésére van szükség, sőt a ^{131}I felvételi görbének is nagyobb jelentőséget kell tulajdonitani, mint eddig, mert annak normális értéke elég szépen bizonyitja azt, hogy az euthyreotikus állapot fennáll,és az in vitro tesztek megváltozott értékei nem pajzsmirigy betegségre utalnak. Gyakorlati megoldásként szokták javasolni, hogy a szérum thyroxin-szintet a Hamolsky-teszt vagy ennek megfelelő trijodothyronin-teszt értékével szorozzuk meg,és igy "szabad thyroxin-indexet" kapunk, amelynek az értéke természetesen módszertől függően változik, de általában mint paraméter, jól használható a pajzsmirigy-betegségek differenciálására. Minden olyan esetben, amikor a thyroxinkötő kapacitás változik és az euthyreotikus állapot megmarad, akkor ennek az indexnek az értéke nem változik, mig hyperthyreosisban az index értéke nő és hypothyreosisban csökken.

A pajzsmirigyhormonok és a fehérjék közötti kötésen alapuló in vitro eljárások bizonyos fokig pajzsmirigyfunkciós próbáknak is tekinthetők /függetlenül attól, hogy némelyik tulságosan bonyolult ahhoz, hogy rutinvizsgálatra alkalmas legyen/

1. a plazmafehérjék maximális thyroxinkötő kapacitásának a meghatározása;
2. a plazmafehérjék szabad thyroxinkötő kapacitásának meghatározása;
3. a plazma thyroxin-koncentrációjának meghatározása;
4. a plazma szabad thyroxin-koncentrációjának meghatározása.

A plazmafehérjék maximális thyroxinkötő kapacitása meghatározásának az a lényege, hogy maximális thyroxin-telitettség esetében meghatározzuk a specifikus thyroxin-kötőfehérjékhez kapcsolódott jelzett thyroxin arányát. Ezt az értéket megszorozzuk a plazma aktuális thyroxin-koncentrációjával,és a kapott érték az illető frakció teljes thyroxinkötő kapacitását adja meg. Az aktuális thyroxin-koncentráció alatt azt értjük, hogy milyen mértékben telitettük a plazmát,és hogy mennyi volt benne a radioaktiv és az endogén thyroxin koncentrációja.

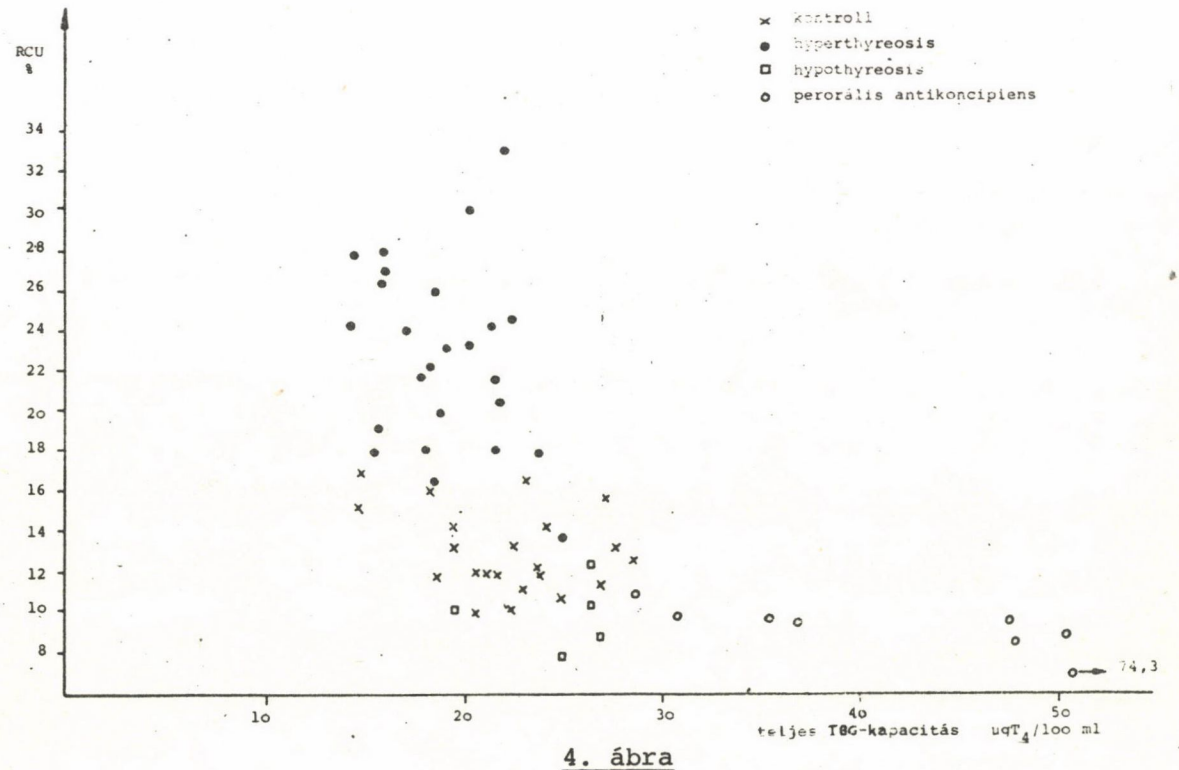
A módszer meglehetősen bonyolult. Valamilyen módon szét kell választani a plazmafehérjéket egymástól és a 3 frakcióhoz kötött thyroxin egymáshoz való viszonyát meg kell határozni. Mi agar-gél elektroforézist alkalmazunk erre a célra, bár sok egyéb módszer ismeretes. Bármilyen módszer, amivel a 3 fehérje frakciót el lehet választani egymástól, alkalmas erre a vizsgálatra. Miután elválasztottuk egymástól a fehérjefrakciókat, meghatározzuk radioaktiv thyroxin tartalmukat.

Problémát okoz, ha nem telitjük eléggé thyroxinnal a savót, mert akkor nem telitődik az illető frakció. Általában azt mondják, hogy a TBG 1oo-2oo µg/1oo ml thyroxinnal telitődik. Ez természetesen attól függ, hogy a TBG-nek milyen a koncentrációja, és attól is, hogy a többi frakció milyen mennyiségben van jelen. Csökkent TBPA esetében sokkal előbb telitődik a TBG, fokozott TBPA

koncentrációnál lassabban.Tehát egymáshoz való viszonyuk jelentősen befolyásolja, hogy hol telitődnek ezek a fehérjefrakciók, ugyanakkor,ha tultelitjük őket, akkor olyan kicsi aktivitást ad a meghatározandó frakció, hogy a kiértékelés nagyon nehézzé válik.

Az elektroforézis módszerrel meghatározható a TBG-nek és a TBPA-nak a maximális thyroxinkötő kapacitása. A szabad kapacitást a kapott adatokból ki tudjuk számitani, ugyanis megnézzük, hogy a tracer mennyiségü jelzett thyroxinnal végzett futtatásnál mennyi a TBG-hez kötött thyroxin százalékos mennyisége. Általában ez 6o%,normál esetben. Ezzel meghatározzuk a TBG-hez kötött thyroxin koncentrációját,és ezt kivonjuk a maximális thyroxinkötő kapacitás értékéből. Normál esetben a TBG-nek 8o%-a szabad thyroxinkötő kapacitás formájában található, amig hyperthyreotikus esetben kb. a TBG fele van telitve. Igy ezzel a módszerrel a szabad thyroxinkötő kapacitás is abszolut értéket ad.

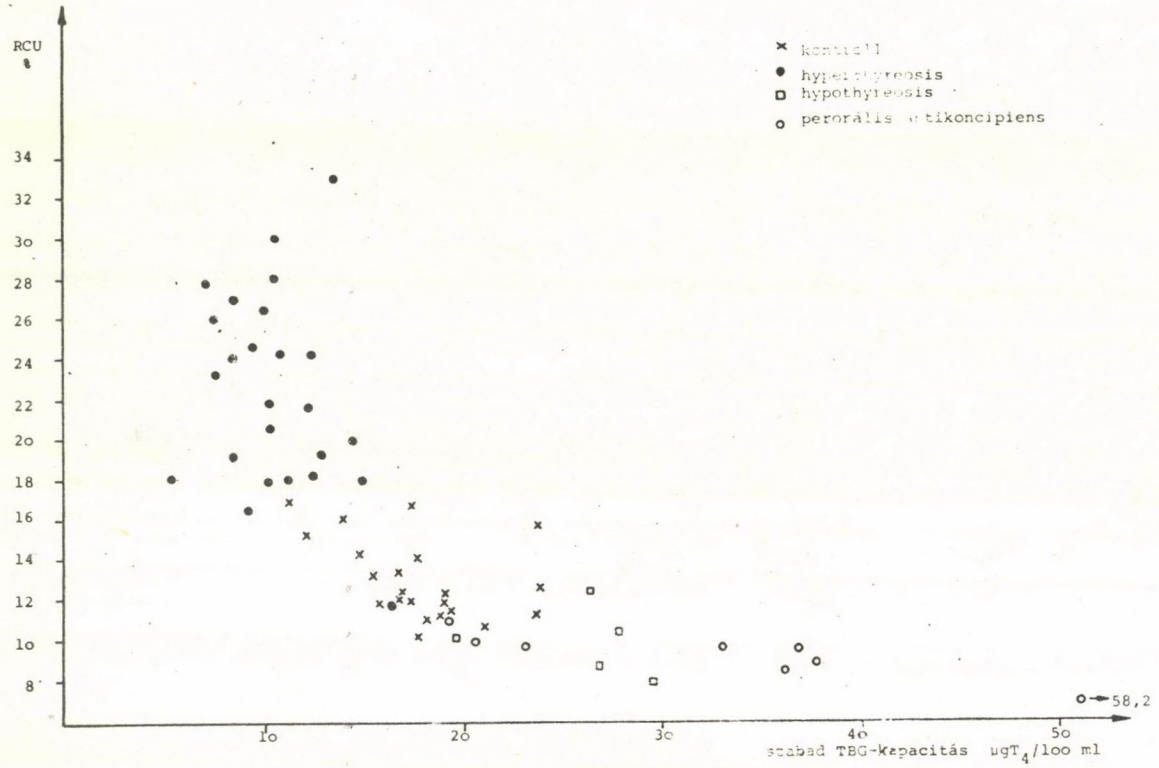
A szabad thyroxinkötő kapacitás indirekt meghatározására a gyakorlati módszerek tömege áll rendelkezésre. Ismeretes, hogy a legrégebben alkalmazott módszer a Hamolsky-teszt. Lényege az összes módszernek az, hogy a vizsgálandó savóhoz jelzett trijodothyronint adunk,és azt mérjük, hogy ennek hányad részét kötötte meg a TBG. Ez relativ értéket jelent,és mértéke két tényezőtől függ: a plazmafehérjék maximális thyroxinkötő kapacitásától és azok thyroxin-telitettségétől. Ezen két tényező együttesen határozza meg a plazma szabad thyroxinkötőkapacitását. A Hamolsky-teszten kivül gyantával is vizsgálnak in vitro T_3- felvételt,és gélfiltrációval is lehet végezni a szabad T_3 arány meghatározását. Mi a Hamolsky-tesztet végezzük, nem azért, mert ezt tartjuk a legjobbnak, hanem azért, mert ez a legalkalmasabb nagyszámu rutinvizsgálatra.



4. ábra

A Hamolsky-teszt és a TBG maximális thyroxinkötő kapacitásának alakulása normális egyéneknél, pm betegeknél és orális fogamzásgátlót szedőknél.

A 4. ábrán a függőleges tengelyen a Hamolsky-teszt /RCU/, a vizszintes tengelyen a TBG maximális thyroxinkötő kapacitásának értékeit ábrázoltuk. Látható, hogy a Hamolsky-teszt a hyper- és euthyreosis elkülönitésére igen jól használható, ugyanakkor hypothyreosisban csak kissé alacsonyabb, mint a normál érték.



5. ábra

A Hamolsky-teszt és a TBG szabad thyroxinkötő kapacitásának alakulása normális egyéneknél, pm betegeknél és orális fogamzásgátlót szedőknél.

Az 5. ábrán a függőleges tengelyen ugyancsak a Hamolsky-teszt, a vizszintesen a TBG szabad thyroxinkötő kapacitásának értékeit szemléltettük. Látható, hogy a TBG szabad thyroxinkötő kapacitása hyper- és euthyreosisban lényegesen különbözik egymástól. A csökkent szabad TBG-kapacitás hyperthyreosisban logikus is, mert egy kissé csökkent maximális thyroxinkötő kapacitás mellett a savó thyroxin-telitettsége is fokozott. A Hamolsky-teszt és a szabad TBG-kapacitás között igen szoros összefüggés mutatkozott. Ez az ábra világosan szemlélteti, hogy a Hamolsky-teszt - és természetesen a többi T_3 teszt is - valóban a fehérjék szabad, thyroxinnal nem telitett thyroxinkötő kapacitásával arányos értéket ad.

A plazma abszolut thyroxin-koncentrációjának Murphy-féle meghatározásáról

Lényege az, hogy a savóból alkoholos kicsapással felszabaditott thyroxinhoz jelzett thyroxint és thyroxinkötő-globulint adunk. A jelzett és inaktiv thyroxin versengése a TBG kötéséért lehetőséget ad arra, hogy a szabadon maradt radioaktiv thyroxint megkössük gyantával, és a kötés mértékéből az inaktiv thyroxin mennyiségére következtethessünk. Ezt a célt szolgálja a Mallinckrodt cég

"Res-O-Mat-T_4" készlete. Mi elég jó eredményeket kaptunk az eredeti Murphy-féle módszerrel is. Ugy módositottuk ezt a meghatározást, hogy a kalibrációs görbe felvételét kiküszöböltük. Az eljárás munkaigényes, előbb be kell szárítani az anyagot, mert alkohollal csapjuk ki a fehérjét,és ehhez nem adható hozzá a TBG- és radioaktiv thyroxin-oldat keveréke, mert akkor a TBG-t kicsapja az alkohol. Az oldatot 4o csövet tartalmazó kémcsőállványban szárítjuk be a Murphy által javasolt kis szerkezettel. Ugy látszik,elég,ha két parallelt veszünk mintaként, akkor 3 standard mellett 17 mintát tudunk naponta egy sorozatban, egy szárító készülékkel beszáritani. Ez kb. 3-4 órát vesz igénybe.

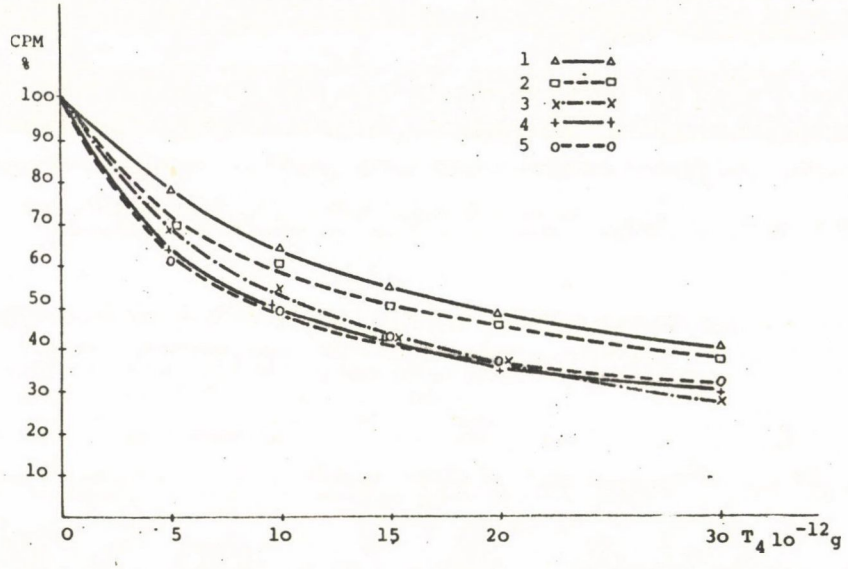
Eddig a plazmafehérjéknek és a thyroxinnak az egymáshoz való kötődését vizsgáltuk. Ujabban az irodalomban eléggé kiélezetten felmerült az a probléma, hogy sok esetben tulajdonképpen nem is a thyroxin a hatásos pajzsmirigyhormon, hanem szerepet játszik a trijodothyronin is az anyagcsere szabályozásában. Normál esetben is kimutatható a plazmában trijodothyronin, hyperthyreotikus esetekben pedig fokozott mértékben. Sajnos még csak elméletinek látszik az a probléma, hogy milyen módszerrel fogjuk meghatározni a jövőben a trijodothyronint a plazmában. Nemcsak arról van szó, hogy esetleg kromatográfiát in vivo módszerrel kombinálva o,5 - 1 mCi, vagy terápiás esetben több mCi ^{131}I-et vagy ^{125}I-öt adunk a betegnek, majd a savójából megpróbáljuk valahogy kivonni és meghatározni a trijodothyronint és a thyroxint, hanem arról is, hogy sokkal jobb lenne sugárterhelés nélkül, in vitro módszerekkel meghatározni ezeket a hormonfrakciókat.

Vita

Módositott kalibrációs eljárás a Murphy-féle T_4 meghatározáshoz

György Sándor /SOTE, Biofizikai Intézet /

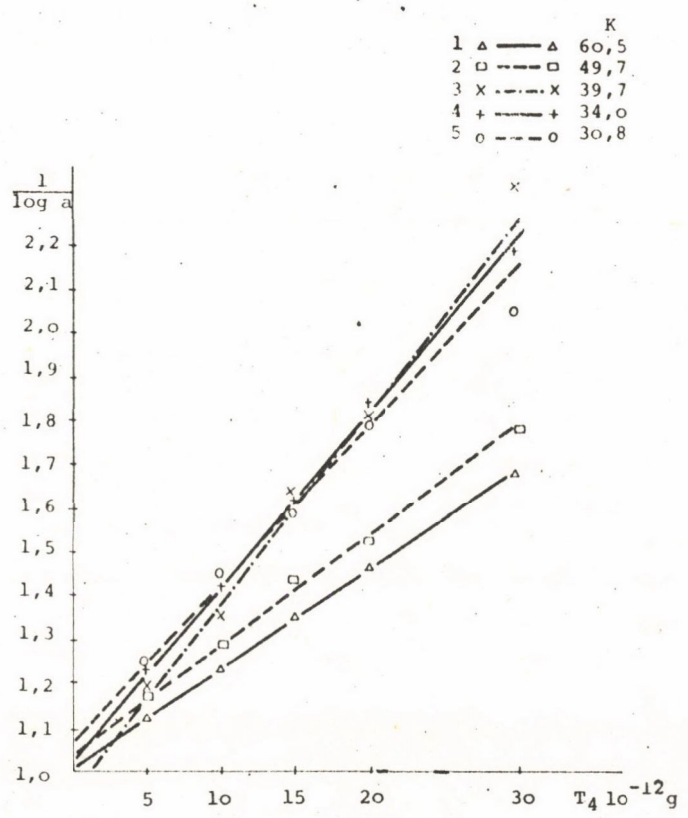
A Murphy-féle eljárás kalibrációs görbéjének felvételéhez 6-7 pontra volt szükség attól függően, hogy mennyire pontosan akar az ember dolgozni. Az itt bemutatandó módositás csak egy példa arra, hogyan lehet olyan esetekben, amikor kalibrációs görbét kell készitenі, a sok minta mérésével járó procedurát kikerülni.



6. ábra

In vitro rendszerhez adott inaktiv thyroxin mennyiségétől függően a gyanta felüluszójában talált radiothyroxin-aktivitás, a nulla-thyroxinkoncentráció %-ában kifejezve.

A 6. ábrán látható, hogy az in vitro rendszerhez adott thyroxin mennyiségével hogyan változott a felüluszóban mért aktivitás a gyanta centrifugálása után, a nulla koncentráció aktivitásának %-ában kifejezve. Számitógép hiányában becslésekkel azt találtuk, hogyha a %-os érték o,1 része logaritmusának a reciprokát ábrázoljuk, akkor ezek a görbék kiegyenesednek /7. ábra/.



7. ábra

A 6. ábrán feltüntetett %-os radiothyroxin-koncentráció 1/1o-e logaritmusának reciproka, az inaktiv thyroxin-koncentráció függvényében.

Minden esetben külön kalibrációs görbét kell felvenni, az iránytangens más és más lesz. A görbék egyenlete:

$$\frac{1}{\log a} = f.c + 1$$

a - a 6.ábrán feltüntetett százalékos aktivitásértékek egytizede;
c - az egyes standard csövekbe mért thyroxin mennyisége /$1o^{-9}$g/;
f - az egyenes iránytangense, amelyet külön meg kell határozni.

Hogyha az ismeretlen koncentrációt akarjuk meghatározni, akkor az összefüggésbe a kicsapási konstans is bekerül:

$$c_x = \frac{1}{f.r}\left[\frac{1}{\log a_x} - 1\right]$$

c_x - az ismeretlen savó thyroxin-koncentrációja;
r - kicsapási konstans;
a_x - az ismeretlen szérum a értéke.

Még mindig fennáll az iránytangens problémája. Amennyiben igaz az a feltételezés, hogy a görbék kiegyenesithetők, akkor a nulla-koncentráció mellett egy másik, pl. a $lo.lo^{-9}$g-os koncentrációhoz tartozó %-os érték meghatározásával ez az f érték megkapható. Nyilván egyszeri mérési sorozatban az iránytangens és a kicsapási konstans változatlan, tehát könnyen kiszámitható állandó érték.

$$f = \frac{\frac{1}{\log a_{lo}} - 1}{lo}$$

a_{lo} - a $lo.lo^{-9}$g thyroxint tartalmazó standard a értéke.

Ha olyan táblázatot készitünk, ahol a mért aktivitás %-os értékéhez feltüntetjük a zárójeles kifejezést, akkor ezt megszorozva a konstanssal, megkapjuk a koncentrációt. A módositás azt jelenti, hogy ugyanazzal a felszereléssel, ugyanazzal a kapacitással, legalább 3o-4o%-kal több vizsgálatot tudunk elvégezni.

Szabad thyroxin / kötött thyroxin arány meghatározása és értékelése

Ditrói Ferenc - Péter Ferenc
/DOTE Szülészeti Klinika - DOTE Gyermekklinika/

A szabad thyroxin/kötött thyroxin arány metódikájával kapcsolatban célszerü beszélni a gélszürő-technikáról. 1 ml-es szériummintákat ^{131}I-gyel jelzett thyroxinnal inkubáltuk szobahőmérsékleten 15 percig, majd Sephadex-oszlopra töltöttük, és utána Tris-pufferrel eluáltuk a fehérjéhez kötött jódot, illetve jodidot, végül pedig gyüjtött szérummal eluáltuk a szabad thyroxint. A Sephadex előkészitése rendkivül fontos: a kivánt mennyiségü Sephadexet légszáraz állapotban lemértük, ezután 24 óráig ioncserélt vizben áztattuk, majd 3 óra hosszat $6o^{o}$-on termosztátban tartottuk, végül vákuumba helyeztük. Ekkor légbuborékok távoztak, amelyek molekuláris rétegvastagságban vonták be a szemcsék aktiv felületét.

Nem mindegy az, hogy mennyi Sephadexet töltünk az oszlopba a mi kisérleti körülményeink között. Ha ebből a célból különböző mennyiségü Sephadexet hoztunk össze ugyanazon szérum azonos aliquotjaival, és meghatároztuk a szabad thyroxint, akkor azt találtuk, hogy 1 g-on aluli mennyiség még nem elegendő a szérum mintában jelenlévő thyroxin megkötéséhez, annak egy része átszalad, és mint szabad thyroxin jelentkezik. 2 g-on felüli Sephadex viszont a fehérjéről feltehetően lehasitja a thyroxint, azáltal, hogy a nagyobb mennyiségü Sephadex a kelleténél hosszabb ideig nagyobb felületen érintkezik fehérjével. Tapasztalataink figyelembevételével a légszáraz állapotban bemérendő Sephadex sulyát 1,8 g-ban határoztuk meg. Vizsgálatainkhoz 1 ml-es frakciósorozatokat

vettünk, a frakciókat üreges kristályban mértük,és az eluációs csucs aktivitását az oszlopra vitt összaktivitás %-ában fejeztük ki. Véleményünk szerint pontosabbá tenné a kiértékelést,és fáradságos laboránsi munkát takaritanánk meg, ha áramló-folyadékszámlálócsővel mérhetnénk,és az eredményt irókészülékkel tudnánk regisztrálni. Sajnos, céljainknak megfelelő kistérfogatu számlálócső nincs, a Gamma gyártmányu univerzális ólomtoronyhoz szállitott átáramoltatós számlálócső,nagy mérete miatt,ilyen munkára alkalmatlan.

Az elmondottak érvényesek a szabad trijodothyronin meghatározásával kapcsolatos munkánkra is.

A DOTE Szülészeti Klinikával együtt végzett 18o vizsgálatból arra következtetünk, hogy a szabad trijodothyronin arány [szabad/össz-T_3%] az ismertetett gélfiltrációs módszerrel közel ötven anyai vérszérum mintában átlagosan 8,9% volt. Egyidejüleg végzett köldökzsinór-vér vizsgálatok eredményei átlagosan 13,8%-nak adódtak. Különösen az anyai eredmények alacsonyak a kontroll gyermekek 14,5%-os átlagához képest, ami az oestrogéneknek a szérum pajzsmirigyhormonkötő kapacitását fokozó hatásával magyarázható. - Friss hypothyreotikusoknál szintén kis /11,1%/ átlagértéket kaptunk. de a felső szélsőérték jóval a normál alsó határ felett található. Igy ezen eljárás egyedi diagnosztikus értéke hypothyreosisban korlátozott. Az optimális hormonszubsztitució beállitásának ellenőrzésére eddig általánosan elfogadott módszer nem volt. Tapasztalataink szerint erre a célra a Sephadex gél-filtrációs eljárás messzemenően alkalmas. Tiz kezelt hypothyreotikus betegünk vizsgálati eredményei a normál szélsőértékeken belül esnek. - Golyvás gyermekeknél nem kaptunk alacsonyabb átlagértékeket, de előfordultak alacsony egyedi értékek. Scriba és munkatársai euthyreoid golyvás felnőttek szabad trijodothyronin arányát alacsonyabbnak találták a kontroll csoporthoz képest, ezért kritizálják az "euthyreoid" kifejezést golyva esetében. - Hyperthyreosisban nemcsak az átlag /23,4%/, de a szélső értékek is a normál felső határ fölött találhatók. - Kövér gyermekek esetében az átlag szignifikánsan alacsonyabb volt a normálnál /11,3%/,és ez ugy adódott, hogy 22-nek normál szórásba, 8-nak hypothyreotikus zónába eső egyedi szabad trijodothyronin arányt észleltünk. Ennek alapján ugy foglalnánk állást az obesitas thyreoidea-kezelését illetően, hogy "célzott" alkalmazás esetén akkor várható eredmény, amikor a szabad hormon arány alacsony.

A trijodothyronin jelentőségét támogatják Braverman, Ingbar és Sterling 197o-es közleményeinek adatai, akik athyreotikusoknak szintetikus Na-L-thyroxint adva radioaktiv izotóp és inaktiv metodikákkal egyaránt igazolták a szérumban nagymennyiségü trijodothyronin megjelenését. Állást foglalnak a trijodothyronin hatékonysága és jelentősége mellett a szövetekben. Ezért a kötött/szabad trijodothyronin arány vizsgálata továbbra is klinikai érdeklődésre tarthat számot.

Az IAEA 197o. évi bécsi szimpóziumán Gimlette és Clarke beszámoltak a pajzsmirigy status vizsgálatára szolgáló in vitro és egyéb módszerek összehasonlitó vizsgálatairól. 9oo egyén több ezer mintájának tanulmányozása után

megállapitják, hogy a 4 órás pajzsmirigy jódfelvételi érték, un. trijodothyronin-kötő koefficiens, szérum thyroxin-szint és szabad thyroxin-index együttes figyelembevételével a diagnosztika 97%-os találati biztonságu. Maga a szabad trijodothyronin arány vizsgálata éppolyan jó eredménnyel jár /87-9o% biztonság/, mint az igen bonyolult szabad thyroxin-szint meghatározás alkalmazása.

Az elmult évben megkisereltük Hansen módszerét bevezetni, amely a Hamolsky-teszt szerencsés módositásának látszik. A vörösvértesteket ugyanis Sephadex helyettesiti. A pontos kiértékelés még folyamatban van, de ez az egyszerü eljárás pontosabbnak igérkezik a Hamolsky-tesztnél. Molselect alkalmazása sem a kötött/szabad arány vizsgálatára, sem a Hansen módszer kivitelezésére nem adott megoldást a Sephadex helyett.

Tapasztalatokat gyüjtöttünk továbbá Robbins eljárásával, amely a szérum thyroxinkötő-fehérjéinek mennyiségi és minőségi vizsgálatára szolgál. loo esetben párhuzamosan három kiértékelő módszert alkalmaztunk. Felhasználtuk az ATOMKI-ban szerkesztett, papircsikokat folyamatosan mérő radiométert, a szokásos o,5 cm-kénti méréseket, valamint az elektroforézis-csikról készitett autoradiogramot denzitometráltuk. Azt találtuk, - s ezt szeretnénk kiemelni - hogy a o,5 cm-kénti tologatás a legrosszabb effektusu; lo% körüli hibát kaptunk az előbbi két eljárás 5%-os hibájával szemben.

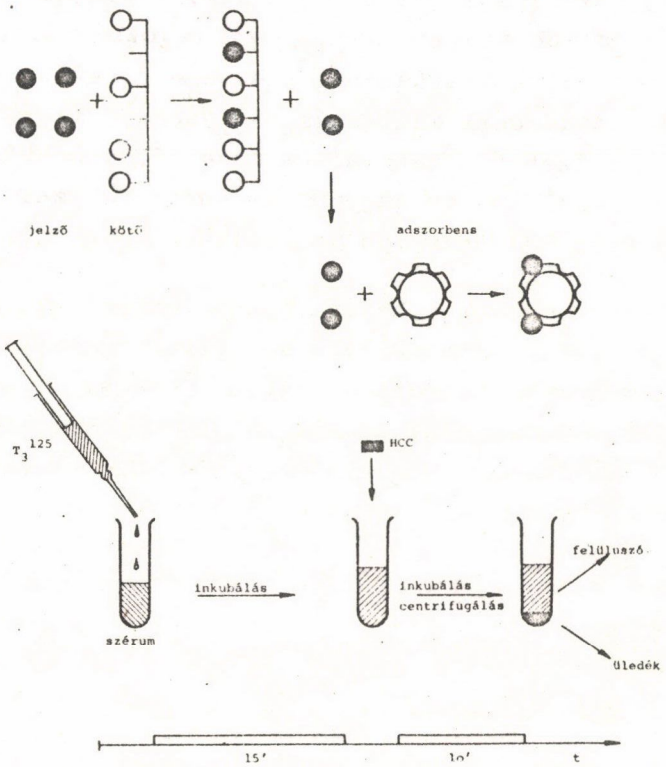
Kötött hormon szétválasztása bevonatos szénnel - összehasonlitás külföldi készletekkel

Kertész László /DOTE I. Belklinika/

Telitési analizisekkel kapcsolatban többször emlitettünk olyan készleteket, amelyek a minták és reagensek reprodukálható kimérésével, elválasztásával járó munkákat a felhasználó számára megkönnyitik vagy fölöslegesség teszik. Tájékoztatásul bemutatjuk néhány külföldi cég mintapéldányát, igy a szabad T_3 viszonylagos kötődését megadó amershami /Anglia/ "Thyopac-3", a Mallinckrodt /USA/ "Res-O-Mat-T_3", a Medipha /NSZK/ "Signette-Besteck-T_3" valamint a Murphy-féle eljárást hasznositó "Res-O-Mat-T_4" kittet. Valamennyit kipróbáltuk,és kettőnél oly foku bemérési hibát találtunk a jelzett hormonból, hogy a kiértékelés kétessé, illetve lehetetlenné vált. Az ilyen gyermekbetegségeket a készletek elterjedésének kezdetén nem kell tulzottan elmarasztalnunk. A Signette-T_3 kidolgozójával személyesen is tárgyaltam, és meggyőződtem arról, hogy megfelelő előkészités, begyakorlás és mintaszolgáltatás esetén egyetlen, a Hamolsky-próbával egyenértékü eredmény 6 perc /!/ alatt áll az orvos rendelkezésére. E készlet lényegét képező anioncserélő gyantát magyar Varion AD-vel helyettesitettük,és igy már reprodukálhatónak találtuk az eredményt. 1969-ben Börner gondos, de személyi ellentéttől nem mentes összehasonlitást tett négyféle készlettel végezhető T_3-teszt /Charcoal-T_3, TBI, Triosorb, Signette-T_3/ találati biztonsága és gazdaságossága között. Számitásaiból az asszisztensi munka értékét sem hagyta ki, sőt függővé tette a mérési sorozat nagyságától és időbeli gyakoriságától. Azt találta, hogy a két előbbi értékelési szempontot

legjobban a bevonatos szenet alkalmazó Charcoal-T_3 kitt elégiti ki.

Ezeket a készleteket ugy készitették, hogy a kötődésért folyó hormonvetélkedés eldőlte után a kötött és kötetlen jelzett frakció elválasztása minél egyszerübb legyen. Ujabban a bevonatos szénnel való szeparálás egyre inkább előtérbe kerül, mert házilag is könnyen keresztülvihető. Mi haemoglobin-bevonatos szenet használtuk fel szabad T_3 tesztelésére. Itt tulajdonképpen kétfordulós vetélkedés történik /8. ábra/.



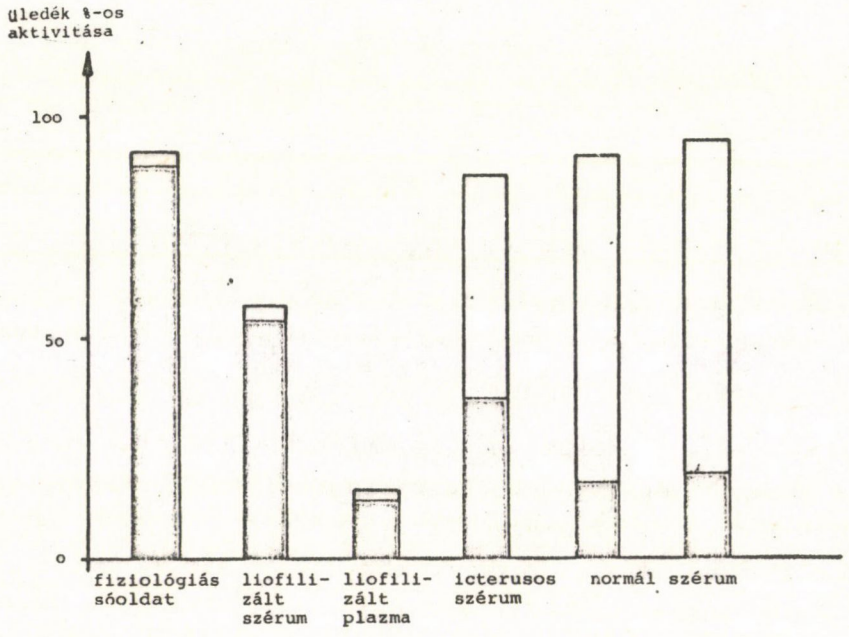
8. ábra

"Kétfordulós vetélkedés" haemoglobin-bevonatos szénnel /HCC/ módositott Hamolsky-teszt kapcsán: jelzett és nem jelzett T_3, valamint szérumfehérje és adszorbens szén között.

Az elsődleges vetélkedés a szérumfehérjén, mint kötőreagensen zajlik le, amelynek kötőhelyeit részlegesen endogen, jelzetlen trijodothyronin foglalta le. A még kötetlen helyeket a rendszerhez vitt jelzővel, a ^{125}I-T_3-mal telitjük, és ami ebből fölöslegben marad, azt szénhez kötjük. A másodlagos vetélkedés tehát a kötőfehérje s a szén kötési helyei között jön létre. A szén haemoglobulin-bevonatának résein, mintegy molekulaszürőn keresztül történhet a kötés. /Fizikai kémiai és anyagcsere-dinamikai okokból a fenti telitést csak közelitjük, a kétfordulós reakció végső kimenetele pedig a rendszer összetevőinek mennyiségi viszonyaitól és reakciókörülményeitől függ./ Az elvi vázlathoz képest a gyakorlat igen egyszerü: T_3-^{125}I-öt adunk a vizsgálandó szérumhoz és inkubáljuk, tehát megadjuk a lehetőséget a kötődésre, majd a tablettázott vagy csövekbe előre bemért haemoglobin-bevonatos szénnel /HCC/ hozzuk össze. A rövid inkubáció alatt lezajlik a másodlagos reakció, majd a szén /egyszerü centrifugálással vagy üle-

pitéssel és mosás nélküli dekantálással/ elválasztható a felüluszótól,és jól mérhető ezeknek a radioaktivitása. Hozzá kell tenni, hogy a gyári készletekhez hasonlóan minden egyes mérési sorozatba standard szerumot is be kell állitani. A kötődésben ugyanis eltolódás lehet, mert a szén aktivitása, illetve a bevonat minősége készitésenként, állásonként más és más. Kettős arányt kell vizsgálnunk: a felüluszó/üledék arányt határoztuk meg a kérdéses szérum, illetve a standard-szérum esetében,és ezeket az arányokat hasonlitjuk egymással össze. A mérés összhibája ezzel növekszik, mégis kielégitő találati biztonságot kapunk, legalább annyit, amennyit a Hamolskyval elértünk- ugyanakkor megszabadulunk a vvt-ek fragilitásából stb. eredő zavaró tényezőktől. A 8. ábrán látható, hogy a kezdeti inkubálás negyedóra, azután a centrifugálás 5-lo perc. Tehát a jelzett T_3 hozzáadása és a két szeparátum nyerése közötti netto idő 1/2 órán belül van,és nagyobb mintasor fokozatos feldolgozása esetén az előkészitéssel járó ballaszt-idő minimálisra csökken.

Mi haemoglobin-bevonatos szénként gyógyszertári aktiv szenet használtunk. Kiváncsiak voltunk, hogyan használható fel ez bizonyos reagáló rendszerekben, milyenek az adszorpciós és deszorpciós tulajdonságai. Tesztobjektumnak az ^{113m}In izotóp foszfát-kolloidját választottuk, amelynek ismertük a diszperzitáseloszlását. Az adszorbens függvényében különböző szérumféleségek fehérjéinek kötőképességét vizsgáltuk.



9. ábra

In-kolloid adszorpciója és lemoshatósága HCC-ről, különböző szérumminták jelenlétében

A 9. ábrán olyan kontrollt is feltüntettünk, amelyben a reagáló szérumfehérjét fiziológiás sóoldattal helyettesitettük, és igy a tesztkolloid kb. 9o%-ban irreverzibilisen a szénhez kötődött. Hasonlóan meghatározott, de lényegesen kisebbfoku és egymástól eltérő adszorpciót tapasztaltunk visszaoldott liofi-

lezett szérum és plazma esetében. Viszont nativ szérumok jelenlétében a kezdeti szénadszorpció a fiziológiás sóoldatos kontrollhoz hasonlóan nagy, de laza, mert egyszeri desztillált vizes lemosás is jelentős deszorpciót eredményez. Ez a kisérletsorozat szolgáljon tanulságul arra, hogy amikor valamilyen fizikai kémiai szeparáló rendszerrel dolgozunk, necsak a tesztobjektumra /pl. T_3/, hanem a szérumkinyerésre is forditsunk figyelmet.

Szteroidmeghatározás kompetitiv fehérjekötési módszerrel

Julesz János /SOTE I. Belklinika/

Intézetünkben a tesztoszteron központi probléma, ennek mérésével foglalkozunk először. Ilyen tipusu módszer bevezetésekor jelentős munka hárul az un. hidegkémiai laboratóriumra. Ahol jól felszerelt és régebben müködő szteroid-laboratórium van, ott az extrakciók, a tisztitási eljárások, kötésére alkalmas fehérjének biztositása, illetve a kötött és kötetlen kapcsolatok szétválasztása megoldható. Erre vonatkozóan intézetünk kémiai laboratóriumában az előkészületek már megtörténtek. Csatlakozva a világviszonylatban előtérbe kerülő irányzathoz, nem a szekréciós-ráta módszert kivánjuk használni / márcsak a betegek sugárvédelmi biztonsága érdekében sem/, hanem a kompetitiv kötési módszert.

A módszer során vizeletben és plazmában kell tesztoszteront meghatározni igen kicsiny mennyiségben. Eljárásunknak akkor van értelme, ha $o,4.1o^{-9}$g-nyi mennyiséget tudunk mérni, mert ehhez még elérhető plazmamennyiségből, kb. 3-4 ml plazmából végezhetünk meghatározást. A tesztoszteron specifikusan kötött fehérje a β-globulinfrakcióban található, férfiakban igen kicsiny mennyiségben. Célszerübb olyan egyedekből nyernünk ezt az anyagot, akiknél magasabb a szintje. Alkalmasnak tartják a 3. trimesterbe lépő terhesek szérumát. - Kérdéses még a kötött és a kötetlen frakcióknak a szétválasztása. A radioaktiv mérést illetően szerencsés helyzetben vagyunk, mert egy Packard folyadék-szcintillációs mérőhely áll rendelkezésünkre,és az izotóplaboratórium feladata a munkának csak lo-15%-át teszi ki. Jelenleg a jelzett hormonnal van probléma, amelyet Amershamtől várunk. Próbaanyagunk már van, de a betegekkel kapcsolatos mérésekre még nem kerülhetett sor.

Hormon - fehérjekötések jellemzése /vitazáró/

Kertész László

A fehérje minőségétől függetlenül alig ismeretesek azok az erők, amelyek a tárgyalt fehérjekötéseknél érvényesülnek. Asszociativ és disszociativ folyamatokról van szó, és ezeknél esetenként nehézséget jelent, hogy milyen gyorsan mennek spontán végbe,és mennyire irreverzibilisek. A tömeghatás törvényét kell alkalmaznunk a szaturálható anyag kötött és kötetlen koncentrációira nézve. Ennek alapján tudjuk, hogy a szaturáció sosem teljes, hanem csak rész-

leges, viszonylagos szaturációval közelitjük a végállapotot. Némelyik kötődési reakció nagymértékben sztereospecifikus /ezért beszéltünk a bevezetőben radiostereoassay-ről/. A fehérjéhez kapcsolódó kisebb molekulának, a ligandumnak a fehérjéhez való kötését és a kötés élettani jelentőségét alig ismerjük, ugyhogy ez sok szempontból akadály a kötési reakciók megitélésénél.

Érdemes például számbavenni a vörösvértest és ioncserélő gyanta közötti különbséget a pajzsmirigyhormonok kötését illetően. A vvt-hez kötött T_3 szint növekedése /szalicilát, hydantoin hatására/ nem jelenti azt, hogy a T_3 gyanta-kötése is fokozódik; a vvt T_4 kötése nem jelentős, de a gyanta-T_4 kapcsolat igen. Az in vitro vvt-T_3 kötés sokkal inkább a szervezetben lejátszódó kötési eseményeket szimulálja, mig a gyanta-T_3 kötés a vizsgált egyén általános anyagcseréjének állapotát tükrözi - farmakonok hatásától függetlenül.Maguknak a kötőhelyeknek a szerepe diagnosztikai szempontból teljesen kétséges, mert például elektroforetikus jelek alapján drámainak itélhető TBG-hiány ellenére a beteg tünetmentes lehet, máskor viszont kis eltérések a kötőhelyek viselkedésében nagy klinikai elváltozással járnak.

A sok szempontból vizsgált pajzsmirigyhormon-kötésekhez /Tauxe és Sterling/ képest viszonylag kevesebb szerep jutott más hormonok /Doe és Rosner/ és nem-hormonszerü anyagok, mint B_{12}-vitamin, vas /Cook, Hall és Sullivan/ specifikus kötésfehérjéi vizsgálatának. Mégis a radioimmunassay eredeti elvének szélesebb körü értelmezésével a diagnosztikus célra használható kompetitiv fehérjekötési vizsgálatok köre egyre bővül, és igy jutott előtérbe a cortisonkötési próba, amelynél az antitest szerepét a transcortin, a plazma fiziológiás corticosteroid-kötő globulinja tölti be.

Általánosságban azt mondhatjuk, hogy minden fehérje, amelynek egy adott ligandumhoz nagy specificitása és affinitása van, felhasználható arra, hogy a ligandum koncentrációját általa mérjük, ha a ligandumnak van izotóppal jelzett alakja /ugyanez a rendszer a proteint is mérheti kötőhelyei alapján/. A kötetlen ligandum szeparálására alkalmas eljárást anyagonként kell meghatározni, mert például szabad szteroidokat jól elkülönithetünk szilikátokon adszorbeálva, de ugyanez szabad T_4 eltávolitására nem alkalmas. Bevonatos szén /Zalusky és Herbert/ gyakran alkalmazott szeparáló ágens, mert mind fehérje-, mind nem-fehérje természetü ligandumok széles skálájánál felhasználható - a bevonat minőségétől függően. Szilárd fázisu kötőfehérjék pedig uj lehetőségeket biztositanak az egyszerü mennyiségi elkülönitésre.

Ezeket a megállapitásokat figyelembe kell vennünk a további eredmények értékelésénél. Ez nemcsak a már gyárilag forgalomba hozott készletek használatára vonatkozik, amelyek - mint láttuk - sok tekintetben kiforratlanok, hanem arra az esetre is, ha valaki valamely egyszerü kötési rendszer összehasonlitásakor a maga utján jár.

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 4-5. szám

TELITÉSI ANALIZISSEL KAPCSOLATOS MÉRÉSTECHNIKAI ÉS IZOTÓPELLÁTÁSI PROBLÉMÁK

Kerekasztal-megbeszélés a radioimmunassay technikai apparátusáról, a kiértékelés automatizálásáról és a rutinvizsgálatok gazdaságossági mutatóiról.

Связанные с анализом насыщения проблемы по измерительной технике и снабжению изотопами
Дискуссия круглого стола по аппаратуре радиоиммунэссея, автоматизации оценки данных и экономическим показателям рутинных испытаний.

Problems of measurement and isotope supply in saturation analysis
A round-table discussion on the outfit and machinery of radioimmunassay, on data evaluation automation and on economic parameters of routine tests.

Sorozatos /mintaváltás/ és folyamatos /szalag-/ mérést biztositó segéd-berendezések

Résztvevők: Krasznai István - Földes János /SOTE I. Belklinika/ - Bános Csaba /Fővárosi János Kórház/ - Kertész László /DOTE I. Belklinika/ - Maschek Tivadar /Gamma Müvek/

Az in vitro vizsgálatok egyszerüsége és elterjedése miatt a méréseknél jelentős mintaszámra van kilátás. Ha egyes nagyobb laboratóriumok teljes kapacitással tudnának dolgozni, és volna elég munkaerő, aki az előkészitett anyag radioaktiv mérését elvégzi, akkor egy héten kb. 3ooo kémcsövet kellene lemérni. Ezért mindenek előtt az automata mintaváltó igénye merül fel. Az automata mintaváltó továbbfejlesztése csak az univerzális mintaváltó lehet. Ezzel kapcsolatban első követelmény az, hogy a mintaváltó "preset count" és "preset time" üzemmódban egyaránt üzemeltethető legyen, és rendelkeznie kell kisaktivitás-eliminátorral, ami lehetővé teszi, hogy "preset count" üzemmódban a kis aktivitás és a háttér mérése feleslegesen ne nyujtsa el a kiértékelést. Kivánatos ezen kivül, hogy a minimális kristályméret 7,62 x 7,62 cm legyen, különösen, ha figyelembe vesszük az izotópos haematológiai igényeket. Vitatott kérdés, hogy milyen edényzetben történjék a mérés. Célszerü-e a mintaváltónál a normál kémcső vagy inkább valamilyen, a mintaváltóknál speciális müanyagedényt vagy küvettát kell alkalmazni rutin célra?

A mintaváltóval kapcsolatban a Gamma Müvekben kétirányu munkát inditottak el. Van egy közeli és gyorsan realizálható megoldás, és van egy uj fejlesztés. A közelinek az a célja, hogy a jelenlegi automatikus mintaváltónk mechanikai részét módositanánk olymódon, hogy egy 76 mm átmérőjü üreges kristályt alkalmaznának. Ezzel a nagyobb energiáju /pl. ^{59}Fe, ^{86}Rb/ mérési feladatokat is megoldhatnánk. A következő lépés, ami ezzel egyidőben történik, az

hogy a mintaváltóhoz csatlakozó NK-lo8 energiaszelektiv számlálót kicserélik a tranzisztoros NK-l5o-re. Ezzel az élettartam és a megbizhatóság lényegesen javul. Ugyanebben a programban a vezérlés módositásával lehetővé teszik a kétcsatornás, illetve háromcsatornás számláló csatlakozását, s ebben az esetben mind az impulzusra, mind az időre való előválogatás lehetősége megvalósul. Ehhez a rendszerhez csatlakoztathatók a korábban emlitett integrált áramkörös célszámitóegységek és egy lyukszalag perforátor, ami számitógépes adatfeldolgozást tesz lehetővé. Ez a közeli jövő, ennek az összes feltételei már most megértek és a munka folyamatban van. A legtöbb egységet kifejlesztették és gyártásbevezetési állapotban van.

Meginditják ugyanakkor egy uj mintaváltónak a kifejlesztését, bizonyos fokig a mechanikai módszerrel szerzett tapasztalatok alapján. Itt nagyobb mintaszámot, loo mintát szeretnénk feldolgozni, és nagyon jó lenne a fejlesztési program összeállitása szempontjából, ha véleményt hallanánk arról, hogy kémcsövet vagy pedig lezárható müanyagedényt célszerübb-e felhasználni. Mindegyiknek van előnye: kémcsővel minden laboratórium rendelkezik, viszont a lezárható müanyagedény a mozgatás és a minta hosszu ideig változatlan térfogatának bitositása szempontjából talán célszerübb lenne.

Hosszu évek óta érlelődő igény, hogy kromato-elektroforézis-csikok radioaktivitását megfelelő regisztráló berendezéssel értékelhessék ki. Az ilyen berendezések profilgazdája az 1962-ben született KGST-gyártásszakositási határozat értelmében Csehszlovákia lett, s a Gamma Müvek fejlesztési és gyártási kapacitásába nem férnek bele. Ezért sajnos sokszor házi összeállitáshoz kell folyamodni. 8 évvel ezelőtt az olasz izotópközpontokban néhány ötletes egyedi megoldást alkalmaztak, amelyeket érdemes hazánkban is megvalósitani. Az egyiknél a csikot szinkron-motorral forgatott korong kerületére erősitik fel, az álló detektor / a sugárzás fajtájától függően GM-cső vagy szcintillációs mérőfej/ pedig kellően blendézve sugárirányban néz a csikra. Hátránya, hogy üveglemezes preparátumok mérésére nem alkalmas. Másik hiánypótló megoldás választható iker-vonaliró birtokában /pl. EFKI-renográf/: az egyik vonalirót kiiktatják és a papirsávjára a mérendő csikot erősitik fel, merőlegesen ráhelyezve a blendével ellátott detektort. Igy eleve biztositják a csik- és az aktivitás-regisztrátum szinkron-előtolását. A detektorrögzitő-feltét az esetenkénti igénynek megfelelően igen egyszerüen applikálható.

A különféle elektroforézises eljárásokhoz a már meglévő apparatura egyszerü átalakitásával, a csikok /papir vagy egyéb fólia, üveglemez/ fél cm-kénti szakaszos kézi mozgatása helyett folyamatos előtolást lehet biztositani. A Fővárosi János Kórház izotóplaboratóriumában pl. az univerzális ólomtorony csuszdájára helyezett csikot a regisztráló kompenzográf tengelyének a meghoszszabbitására szerelt koronggal, zsineg közvetitésével huzatják, a kompenzográf-papirral megegyező vagy aláosztott sebességgel /utóbbival a csik 2-3 cm-es részletét lo-15- cm-re huzhatják szét/. Ezzel az összeállitással megfelelő pontosságot és reprodukálhatóságot lehet elérni; különösen, hogyha ki-

használjuk a lágy γ-sugárzó izotópok adta méréstechnikai előnyöket. A blende ebben az esetben müszakilag egyszerübb és az érzékenysége többszörösére növelhető a ^{131}I β-sugarainak méréséhez képest. Ebben az elrendezésben 1 mm-es olyan rácsot lehet szétválasztani, amely 1 mm széles aktivréteg után 1 mm inaktiv-, majd 1 mm aktivréteget tartalmaz. A tapasztalatok szerint 1 mm-es vagy valamivel kisebb felbontóképesség megfelel a célnak, és ez ^{125}I-nél nagyfoku érzékenységcsökkenés nélkül megvalósitható, de ^{131}I-nél nem.

Hasonló megoldással agar-gél elektroforézis üveglemezét megfelelő kollimátorral ellátott szcintillációs mérőfej alatt huzzák el, és egy irószerkezettel felirják a három frakció radioaktivitásának megfelelő csucsát. Egy meghatározáshoz - mindig parallellel dolgoznak - lo lemeznek a lefuttatására van szükség, mert telités nélkül és különböző telitésekkel végeznek elektroforézist. Csaknem két napig tart egy meghatározás a görbék felrajzolásáig, és utána még planimetrálni kell a különböző csucsok területét, és ebből kell kiszámitani azt az értéket, ami a maximális thyroxinkötő-kapacitást adja meg. A radioaktiv csucsok elválasztása ^{125}I thyroxin esetén nem nagy probléma, mert a lágy γ-sugárzást könnyü kollimálni, és a szcintillációs mérőfej megfelelő vékony kristállyal jól tudja mérni. Ha ^{131}I-gyel végzik a mérést, akkor autoradiográfiával célszerü az aktivitást meghatározni, és utána a feketedés a csucsoknak megfelelően jól mérhető. De egyéb módszerek is vannak. Mások pl. megfestik a frakciókat, utána elvágják az üveglemezeket a frakcióknak megfelelően, és lemérik az üreges kristályban, hogy mennyi aktivitás van az üveglemez darabkákon.

Mivel nagyon sok vizsgálat közös jelölő izotópja a ^{125}I, érdemes célmüszerként is foglalkozni a ^{125}I-tel jelzett vegyületek kromatográfiás mérőberendezésével. Kérdés, hogy milyen berendezésekben a folyamatosan kiértékelő analóg kijelzés megfelelő-e, vagy a mintaváltás-méréshez hasonlóan a digitális kijelzésre itt is szükség van - esetleg olyan formában, hogy a megfelelő információ rögtön lyukszalagon jelenjék meg, és megfelelően programozott számológépen kiértékelhető legyen. Mind az analóg, mind a digitális rendszerrel számolni kellene.

Jól használható az átáramoltatásos mérési elrendezés is. Sokszor olyan problémával állunk szemben, hogy a mérendő minta aktivitása olyan kicsi, hogy azt célszerü minél közelebb vinni a detektorhoz, esetleg bevinni a detektorkristály furatába. Ugyanakkor az összehasonlitó standard aktivitása nagy, ha időmegtakaritás vagy a térfogatmérés hibája miatt eltekintünk a standard-higitástól. A standardot ezért nem visszük detektorközelbe, hanem jól definiált távolabbi geometriába, amelynek faktora a minta geometriájához képest állandó és egyszerüen számitásba vehető. Ugyanez a megoldás alkalmazható olyan fél-in vitro eljárásoknál is, ahol a folyamatos izotóphigitás elvét alkalmazzuk térfogati analizis céljából. Ilyenkor a külső álló standardhoz képest folyamatosan keringő "minta" /vér/ a detektoron folyik át.

Felmerült olyan detektáló eszköz kialakitásának az igénye, amely kis térfogatu folyadék átáramoltatására lenne alkalmas a mérés során. Nagyon gyorsan létre tudnának hozni egy kisérleti mérési összeállitást s ha beválna, akkor a gyakorlati sorozatgyártást a közeljövőben meg lehetne kezdeni. A Gamma Müvekben olyan NaI kristályt készitenek, amelynek az oldalán átmenő furat van. Ebbe lehet behelyezni az átáramló csővezetéket, ólommal kollimálni és az árnyékoláson olyan nyilást csinálni, hogy jó felbontást lehessen biztositani az átáramlási időtől függően.

A Gamma Müvek a lágy β-méréssel kapcsolatos nagy automatikus folyadékszcintillációs mérőrendszert a távolabbi jövőben sem tervez a kromatográfiánál már emlitett okok miatt. A Magyarországon jelenleg üzemelő és berendezés alatt álló mintegy 2o ilyen berendezés kihasználását meg lehet és meg tudjuk szervezni ugy, hogy ez a mérési lehetőség gyakorlatilag mindenki rendelkezésére áll. A fejlesztés tehát telitett piacra találna. Jelenleg egy kis, 6 mérőhelyes elektroncsöves lágy β-berendezés használatos, amellyel elég sok problémájuk van a felhasználóknak. Jövőre tranzisztoros változatot terveznek. Ennek a készüléknek csak az lenne a rendeltetése, hogy a kezdő felhasználók az elég nehéz metodikát megtanulhassák rajta, és amikor a mintaszámuk annyira megnő, hogy ezzel a készülékkel nem tudják a méréseket elvégezni, akkor is legyen lehetőségük arra, hogy a központi laboratóriumba történő mintabeszállitás előtt meg tudjanak győződni a mintaelőkészités helyességéről. Ezzel a feladattal befejezik a fejlesztést. Hangsulyozzuk, hogy nagy automatikus rendszer hazai kialakitásával nem fogunk foglalkozni.

Ami az uj müszertipusok, konkrétan az NK-15o energiaszelektiv számláló átfutását illeti, az idén 5o kerül piacra, jövőre kb. 25o. A pár év előtti gyártási tervhez képest figyelembe kell venni, hogy a MIGÉRT-nek voltak készletei régebbi tipusokból, amelyeken előbb - jogosan - tul akart adni, s ezért a gyárnál NK-15o-ből nem rendelt annyit.

Metodikai egységesités és számitógépes kiértékelés

Résztvevők: Csernai László - Latzkovits László /SOTE I. Belklinika és Idegklinika/ - Györgyi Sándor /SOTE Biofizikai Intézet/ - Maschek Tivadar /Gamma Müvek/

Ha már automatikus mintaváltót épitünk vagy szerzunk be, nem lenne helyes egy izotópra koncentrálni ennek az alkalmazási körét. Kétségtelen, hogy a készletek zöme ^{125}I-tel dolgozik, de a nagyértékü mintaváltót nemcsak a már tárgyalt radioimmunassay-k és a hormonkötődési próbák egyizotópos kimutatásaira tegyük alkalmassá, hanem gondoljunk a később megtárgyalandó fél-in vitro eljárásokra is. Az összes olyan /pl. a haematológiai/ vizsgálatoknál, amelyek ugyan in vivo indulnak, de a mérés in vitro mintákon történik, a többes jelöléses módszert célszerü előnyben részesiteni. Olyan in vitro mérőrendszert kell összehoznunk, amely legalább 3 csatornán egyidőben lehetőséget ad a mé-

résre. Erre a Gamma mérőkészüléke rendelkezésre áll, s ma már van tapasztalatunk a mérés sebességét, teljesitőképességét illetően. Ha a beállitott csatornákon éjszaka vagy nappal két különböző tipusu izotóp-kittel nyert mintasor fut végig, egymást követően, akkor csak azt kell tudni, hogy mettől meddig milyen izotóp van a mintában, és a digitális kinyomtatón vagy perforátoron azokat a csatornákat kell értékelni, amelyekre kiváncsiak vagyunk. Ha több a kijelzés /egy mintában több izotóp van/, akkor a megfelelő átfedéslevonást kell alkalmazni. Az automatizálás további lehetősége az, hogy háttérlevonás legyen a mérőrendszerben, mert számitógép nélkül rengeteg többletmunkát jelent, hogy egy személynek csak az eredmények korrigálásával kell foglalkoznia. Meg kell teremteni a lehetőséget, hogy nagy mintaszámoknál vagy többes jelöléseknél a szükséges számitásokat perforátorral gépre lehessen vinni.

Egy éve foglalkoznak a Szegedi Orvostudományi Egyetemen azzal, hogy ilyen rutinfeladatok komputeres kiértékelését megoldják, ami matematikailag nem jelent komoly nehézséget. Amerikai és japán szerzők ajánlásait kombinálva két programot fejlesztettek ki a kettős és hármas jelölésre, s KGST vendégeknek be is mutatták. Egy komplett haematológiai kettős jelölésnél pl. az összes, tisztitással járó számitás kb. 2 órát jelent; az adatok kézi perforációja viszont kb. 8-10 percig tart /ezt még lehetne automatizálni/, és az adatszalag bevételétől a gyors sornyomtatóig megtett 5 méteres ut végére az eredmények 10 másodperc alatt készen vannak. Másik in vitro kisérleti példa legyen vörösvérsejtek foszfát-turnoverének vizsgálata. Ha csak 4 kompartmentet vizsgálnak, összesen 4 kinetikus görbét kell felvenni a fajlagos aktivitásról, összaktivitásról, koncentrációról. Ezeknek a kézi számolása kb. 5 napot vesz igénybe, mig a gépi programban 8 perc.

A kinetikus módszernek igen nagy jövője van az izotópalkalmazásban, különösen az in vitro alkalmazásban. A kinetikus módszerek különösképpen azzal jellemezhetők, hogy igen nagy számu minta mérését igénylik. Ez csak ugy oldható meg gazdaságosan, ha az automatizálás iranyában fejlesztjük a módszereket. A Szegedi Orvostudományi Egyetemen pl. a radioaktiv mérések alapszámitásainak elvégzésére gazdaságosabbnak bizonyult külön program kidolgozása.

Programjaikat szivesen bárkinek rendelkezésére bocsátják. Ketféle nyelven /Inzsenyer és publikációs Algol/ készültek, de átirhatók Fortran nyelvre is, amellyel az uj, Magyarországon gyártott számitógép müködik. Egy ilyen számitógépes programcsomag közzétételének egyetlen elvi feltétele az, hogy bizonyos mérési vagy metodikai kérdésekben megállapodjanak. Vannak flexibilis programrészek, pl. a mintavételek frekvenciája, mérete. De az egész automatizálást egységesiteni kell, mert különben csak a program elvi vázlata használható fel, és ujabb programozást tesz szükségessé az, ha valaki akarva-akaratlan eltérő kivánalmakkal lép fel - ez világszerte igy van.

Az emlitett szabványositás első pillanatra kissé ijesztőnek tünhet azok számára, akik csak a maguk módszerében biznak. Gazdaságossági szempontból azonban megvizsgálták, hogy amikor pl. egy nagyüzemben komputert állitanak be az adminisztráció, gazdasági számitások, szervezési munkák stb. elvégzésére, akkor ez 5o%-ban azért kifizetődő, mert mindent gyorsabban tudnak elintézni, másik 5o%-ban pedig azért kifizetődő, mert rákényszeriti a dolgozókat arra, hogy szükségszerüen a megfelelő logikai sorrendben mindent programozottan végezzenek. A komputerek orvosi, izotópdiagnosztikai alkalmazásával kapcsolatban a budapesti orvosegyetemen is vannak már kisebb eredmények. Jelenleg a még ad hoc munkák összehangolása és átfogó koncepció kidolgozása folyik. Komputert csak akkor szabad beállitani, amikor minden feltétel megvan a kellően nagyszámu, tehát folyamatos adatbetápláláshoz. Hogy idáig eljussunk, legalább 2-3 évre van szükség. Ezt az időt arra kell felhasználni, hogy mire a komputerhez hozzájutnak, a számitásokat már kész programok alapján futtathassák. Igy a tárgyalt automata mérőberendezéssel a jelenlegi szériaszámot meg lehet sokszorozni.

A Gamma Müvek a mérési metodikák egységesitését több szempontból rendkivül fontosnak tartják, és mint ilyen kérdést, fölvette a KGST-ben folyó müszaki tudományos koordinációs programba is. Az a véleményük, hogy a mérések automatizálását két irányból kellene megközeliteni. Egyrészt - amiről szó volt - univerzális számitógépek beállitásával. Mellékesen, a kétéves várakozással nem tudnak egyetérteni, mert ha adva van a gép, akkor van bizonyos szivóhatása azok irányában, akik majd rajta dolgoznak. Feltétlenül szükséges, hogy célszámitó egységek is rendelkezésre álljanak, mert aligha képzelhető, hogy valamennyi laboratórium valamennyi feladatára programot és számitógéphez való csatlakozást biztositanak. A Gamma Müvek mind a két feladatot programba vette és lényeges előrehaladásról számolhat be. Egyrészt a többes jelöléssel kapcsolatban mind in vivo, mind in vitro méréseknél, kidolgoztak két integrált áramkörös egységet, amelyek a gyártandó tranzisztoros rendszerekhez csatlakoztathatók: ezek az ugynevezett háttérlevonó és a folyamatos osztó. Ezeket kettős jelölésnél páronként alkalmazva automatikus korrekcióra nyilik lehetőség. Ez azt jelenti, hogy in vitro mérések esetében a kétcsatornás számlálón tisztitott eredmények olvashatók le, illetve nyomtathatók ki, in vivo mérések esetén szintén korrigált eredmények jelennek meg a kinyomtatón. Ennek háromcsatornás változata is realizálódott.

Az izotópellatás kérdései

Résztvevők: Csernai László /SOTE I. Belklinika/ - Földes János /SOTE I. Belklinika/

A kerekasztal-konferencián érintett in vitro tesztekkel kapcsolatban, a müszerezettség mellett helyt kell adjunk az izotópellátás kérdésének. Nem lehet cél, hogy az egyes kórformáknak, mint kutatási témáknak speciális metodikai igényeivel foglalkozzanak. Mindenekelőtt a pajzsmirigyhormonok próbái közül legjobban bevált eljárásokra, készletekre kell forditani a figyel-

met. Az elmult évek tapasztalatai és a most elhangzottak alapján állást lehet foglalni néhány olyan T_3 és T_4 teszt mellett, amelyek a szokásos in vivo jódfelvétel mérésével együtt részét képezhetik egy alapvető pajzsmirigy-diagnosztikus programnak. Ilymódon az in vitro módszerek vonzóvá tehetik azok számára is, akik a jövőben akár megyei kórház rutindiagnosztikájában kivánják meghonositani az izotópalkalmazást.

A készletektől eltekintve, az egyszerü izotópellátásban is adódnak gyakorlati problémák, igy például a Hamolsky-teszttel kapcsolatban. Tavaly egyes felhasználók 2oo Ci/l ml mennyiségben kaptak az Izotóp Intézettől jelzett trijodothyronint. Később ugyanezt az aktivitást o,3 ml-be koncentrálva küldték, ami nagyon előnytelen volt, mert öt héten át naponta igen kis hányadokat kivenni pontatlan és veszteséges, az ampullán jelentős mennyiség visszamarad. E helyen is hangoztatják azt a kérésüket, hogy az egyenletes munkához egyenletes és adekvát koncentrációban történő szállitást igényelnek. Amennyiben ez külföldi cégtől függ, kérik, hogy az Intézet kifelé érvényesitse a reklamációt. Hazai készletbe való kiszereléssel természetesen elesne ez a hibaforrás.

Igen aktuális a jódfelvételi vizsgálat céljára kapszulázott jodid-dózisok kérdése. Az egyedi adagok értéke kicsiny, viszont nagy lenne a felhasznált darabszám, és nagy kényelmet jelentene a felhasználók számára. Lehetővé tenné azt, hogy alacsonyabb szintü, esetleg szabadszintü laborok is ilyen kapszulával végezzenek radioaktiv jód felvételi tesztet, minthogy elvileg zárt készitmény. Az NDK jövőre be kivánja vezetni.

Az izotópigényeket 1969. óta több KGST-konferencián elhangzott javaslat alapján már összeállitották. Ennek értelmében a műszeripari munkacsoport ismételten fel fogja keresni az Izotóp Intézetet, de megfogja keresni a többi KGST izotóptermelő vállalatot is a koordinációs tevékenység keretén belül, és tisztázni igyekszik, hogy mire lehet számitani és mire nem ebben a kérdésben.

A továbbiakban az MTA Izotóp Intézete szolgáltatásait elemezték. A vitához hozzászóltak: Szarvas Tibor, Kocsár László, Györgyi Sándor, Kertész László.

In vitro izotópdiagnosztikai tesztek hozzáférhetősége / vitazáró/

Kertész László

Amikor a telitési analizisek diagnosztikus használhatóságát vitatjuk, akkor az egyes próbák találati biztonsága mellett helyet kell adnunk a rutinszerü hozzáférhetőség kérdésének. A válasz gyakorlati hátterét az szolgáltatja, hogy milyen izotóplaboratóriumi hálózatra támaszkodunk. Az in vitro izotópdiagnosztikai teszteknek egyik nagy előnye az, hogy a mérendő anyag a betegtől függetlenül tárolható és szállitható. Ez azt jelenti, hogy a minták izotópos preparálása és mérése valamely központi laboratóriumban végezhető. Ilyen laboratórium ideális helyet kaphatna megyei szintü kórházakban, kife-

jezetten rutincéllal és -kapacitással. Később, az izotópfelhasználás bővülésével és a szabadszintü, illetve nyitott izotópmüveletet nem igénylő készletek elterjedésével kisebb kórházi egységek és laboratóriumok is végezhetnek alapfeladatokat, amint az egyes országokban a magánpraxis számára is elérhető.

A müszerigényt tehát célszerü kettéválasztani, nehogy az izotópmunkában még tájékozatlanokat a mérés lehetőségétől elriasszuk. Induló laboratóriumban in vitro célra olyan müszerre kell gondolni, amelynek követelményeit a forgalomban lévő energiaszelektiv számlálók valamelyike alapvetően teljesiti. Automatizálás ezekben nincs, de kezdetben kisebb számu minta manuálisan is lemérhető. A szélesebb skáláju feladatokra hivatott munkahelynek verzatilis, komplex mérésre alkalmas müszerre van szüksége. Ha a napi mintaszám vagy mérési gyakoriság loo-as nagyságrendre emelkedik, a mintaváltós automatizálás jól kihasználható. A lágy β-mérés csak un. bázislaboratóriumok feladata lehet, amelyek speciális diagnosztikai, fejlesztési és kisérleti feladatokat látnak el. Adekvát müszertipus tekintetében jelenlegi bázislaboratóriumaink legtöbbje felujitásra szorul, az automatizált mintaelőkészités pedig vágyálom.

Ahogy nukleáris müszeriparunk képviselőjétől konkrét választ kaptunk a lehetőségekről, ugy igyekszünk az Izotóp Intézettel is hivatalos kapcsolatot kiépiteni, hogy egységes és reális igénybejelentéseink nyomán ésszerü és időszerü megoldások szülessenek. Ehhez alapvető feltétel, hogy időben és anyagban gazdaságos eljárásokat kezdeményezzünk. Olyanokat, amelyek máshonnan nem, vagy drágán szerezhetők be, vagy nem egyértelmüen megbizhatók. A készletek ügye nem hozható párhuzamba az egyedi rendelésekkel, s nem is jelzett vegyület előállitásának, hanem kiosztásának kérdése.

A hazai izotópalkalmazásban az in vitro müveletek terén is el kell dőlnie, tudunk-e produkálni elég anyagot, mintát ahhoz, hogy érdemes legyen automatizált mérési körülményeket biztositani, beleértve a készleteket is. Ezután inkább arról kell szó essék, hogy alkalmas apparatura birtokában menynyire tudnak a felhasználók a speciális igények fellegéből a rutinszerü alkalmazás talajára leszállni.

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 4-5. szám

ELIMINÁCIÓS (CLEARANCE) TESZTEK

MOLNÁR GY.

III. sz. Belgyógyászati Klinika, Budapest

A különböző eliminációs vizsgálatoknál alkalmazott matematikai formulák ekvivalenciájának bizonyitása. Az eliminációs tesztek egységes szempont szerinti értelmezése.

Испытания элиминирования
Молнар, Д.
Проверка эквивалентности применяемых в разных элиминационных испытаниях математических формул. Интерпретация с единой точки зрения элиминационных испытаний.

Elimination /clearance/ tests
Molnár, Gy.
Proof of equivalency of mathematical formulae used in elimination investigations; interpretation of elimination tests from a uniform point of view.

Amikor a szervezetbe juttatott valamely anyag eliminációját vizsgáljuk, akkor arra keresünk feleletet, hogy a bejuttatás után mennyi időn keresztül és milyen koncentrációban tudjuk az adott anyagot a szervezetben kimutatni, illetve a szervezetet elhagyó termékben /esetleg termékekben/ mennyi idő alatt tudjuk a beadott teljes mennyiséget változatlan vagy megváltozott kémiai szerkezetben visszanyerni.

Diagnosztikai szempontból igen fontos az a körülmény, hogy több olyan anyagot is ismerünk, amelyek csak egy meghatározott szerven keresztül eliminálódnak, sőt azt is tudjuk róluk, hogy az adott szerven keresztül milyen mechanizmus utján kerülnek kiválasztásra. Ez ad lehetőséget arra, hogy az adott szerv funkciójára, részfunkciójára kaphassunk felvilágositást.

Jelenleg nem kivánunk foglalkozni olyan bonyolult folyamatokkal, amelyekben összetett jelenségek fordulnak elő, például a vasforgalom vagy egyéb,a felszivódással és kiválasztással összefüggő kérdések tárgyalása.

A továbbiakban izotóppal jelzett anyagokról beszélünk, de ezekben az izotópalkalmazás csak az anyag könnyebb kimutathatóságát célozza.

Az eliminációs /clearance/ vizsgálatok során dimenzióval jellemzett számértékeket kapunk: ml/min vagy ml/min/g.

Az egyinjekciós eljárás

Példaképpen válasszuk a vesét. Legyen olyan anyagunk /^{51}Cr-EDTA-etilén-diamin-tetraacetát vagy ^{169}Yb-EDTA/, amely csak glomeruláris filtrációval eliminálódik, felhasználásával meghatározható a glomeruláris clearance. Két eljárást követhetünk:

1. az inulin-clearance vizsgálat /tartós infuzió, hólyag katéterezés, illetve mosás, adott periódusok alatt vizeletgyüjtés, valamint meghatározott időközökben ismételt vérvételek/;

2. az egyinjekciós eljárás.

Az első esetben az izotóppal jelzett fém-komplexnek csak annyi előnye van a jelzetlen inulinnal szemben, hogy kémiai meghatározás helyett aktivitást kell mérnünk. Ennél lényegesen több előnyt kinál az egyinjekciós eljárás, a beteg számára sok kényelmetlenséget és fertőzési veszélyt jelentő "klasszikus" eljárással szemben. Ennél az eljárásnál az intravénás beadáson kivül csak két vérvételre van szükség.

A klasszikus eljárásnál azt vizsgáljuk, hogy az adott anyagból mennyi ürül ki egy bizonyos időtartam alatt, az egyinjekciósnál pedig azt, hogy az anyag beadása után bizonyos idő mulva mennyi van még a szervezetben. Ha a két időtartamot egyformának választjuk, akkor nyilvánvaló, hogy elméletileg az eredetileg bevitt és a pillanatnyilag a szervezetben lévő anyagmennyiség különbsége meg kell, hogy egyezzék a kiüritett mennyiséggel. /A szervezetben maradt mennyiség alatt most az értendő, amely még nem filtrálódott át a vesén./ A filtrált és a kiürült mennyiség azonban csak abban az esetben lesz azonos, ha sem a vesében, sem a hugyutakban, sem a hólyagban nem maradt vissza belőle. Hugyuti rendellenesség esetén ez - közismerten - komoly problémát jelent.

Ebben az értelemben az egyinjekciós módszer nemcsak egyszerübbnek, hanem pontosabbnak is látszik.

Bizonyos feltételek azonban itt is vannak. Ezek közé tartozik az, hogy sem az anyag megoszlási tere, sem a vizsgálandó szerv állapota ne változzék a vizsgálati idő alatt.

Ebben az esetben:

$$C = W.k$$

C - a clearance /jelen esetben glomeruláris filtráció/
W - az anyag megoszlási tere
k - az eliminációs konstans

Tehát,a megoszlási térnek és az eliminációs konstansnak a szorzata egyenlő a clearance-szel.

Ha a W-t ml-ben, a k-t min^{-1}-ben fejezzük ki, akkor a szokásos dimenzióhoz jutunk.

Az anyag megoszlási terét a következőképpen definiáljuk:

$$W = \frac{Q}{H}$$

Q - a bevitt anyag mennyisége /cpm-ben/
H - a beadás időpontjára /t_o/ extrapolált koncentráció /cpm/ml/

Nem nehéz bizonyitani, hogy a C = W.k megegyezik az általánosan ismert és használt $C = \frac{U.V}{P}$ kifejezéssel,

C - a glomeruláris filtráció
U - a clearance-anyag koncentrációja a vizeletben
V - a perc diuresis
P - a clearance-anyag koncentrációja a plazmában

Az eliminációs átlagidő

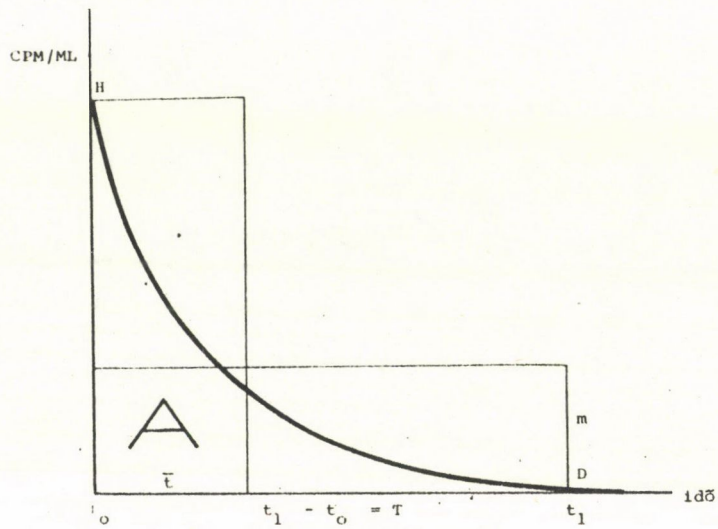
Az általánosabb megfogalmazás érdekében célszerünek látszik az eliminációs átlagidő /$\bar{t}$/ fogalmának bevezetése. Jelentése lényegében megegyezik a keringési vizsgálatoknál alkalmazott keringési átlagidővel. A bevezetésben már emlitést tettünk arról, hogy igen tág megfogalmazásban az elimináció vizsgálatánál azt is kereshetjük, hogy az adott anyag mennyi ideig mutatható ki a szervezetben. Nagy kérdés azonban hogy hol vonjuk meg a kimutathatóság határát! Ennek egyrészt müszerezettségi, másrészt elvi határai vannak. Ha minden egyes molekulát követni tudnánk, akkor találnánk olyat, amely már a beadás utáni másodpercekben "eliminálódik", amig mások hosszu órákon keresztül visszamaradnak.

Hogyan határozható meg az átlag eliminációs idő,és mi az összefüggés egy adott anyag átlag eliminációs ideje és a kiürülési konstans között?

Elemi megfontolásokból következik, hogy ha egy anyag gyorsan ürül /k értéke nagy/, akkor az eliminációs átlagideje rövid kell, hogy legyen.

Matematikailag az összefüggés igy jelölhető:

$$\bar{t} = \frac{1}{k}$$



lo. ábra

Monoexponenciális kiürülési görbe. Az ordináta az aktivitási érték, az abszcissza az idő, mindkettő lineáris léptékben.

t_o - az anyag intravénás beadásának időpontja

t_1 - a vizsgálat befejezésének időpontja, amikor az adott anyag koncentrációja a kimutathatóság alsó határán van, a görbe "eléri" az X tengelyt

H - a kezdeti koncentráció

D - a t_1 időpontban fennálló koncentráció

A - a görbe alatti terület

T - a vizsgálat időtartama

m - az átlagkoncentráció

$\bar{t}$ - az átlag eliminációs idő

Az ábra alapján a következő összefüggések adódnak:

$$A = m.T$$

$$A = \bar{t}.H$$

$$A = \int_{t_o}^{t_1} H.e^{-k.t}\, dt$$

Ha az integrálást elvégezzük, az eredmény:

$$A = \frac{1}{k} \cdot /H-D/$$

Mivel mi nem t_1-ig, hanem a valóságban végtelenig kivánjuk a görbe alatti területet meghatározni, ebből következik, hogy

$$A_{\lim t \to \infty} = \frac{1}{k} \cdot H$$

mivel a D minden határon át csökkenve O-hoz tart.

A teljes folyamatot jellemző görbe alatti terület:

$$A = \frac{H}{k}$$

Ha ezt az összefüggést behelyettesitjük a lo. ábrából levezetett $A = \bar{t}.H$ egyenletbe, akkor

$$\frac{H}{k} = \bar{t}.H$$

azaz

$$\bar{t} = \frac{1}{k}$$

amit bizonyitani kivantunk.

Az eliminációs elv kiterjeszthetősége

A perctérfogat meghatározást speciális eliminációs /clearance/ vizsgálatnak tekintjük abban az esetben, ha módszerként a diluciós elvet használjuk fel.

Az izotóptechnikával végzett perctérfogat mérésnél a számitás alapját a jobb szivfél kiürülési - monoexponenciális - görbeszakasza adja.

Tulajdonképpen arra keresünk választ, hogy mennyi idő alatt mosódna ki teljesen a jobb szivfélbe juttatott tracer, ha nem lenne recirkuláció, - a kérdésfelvetés tipikusan eliminációs jellegü.

Ha ez igy van, akkor a perctérfogat meghatározására használt Steward-Hamilton-féle képlet nem lehet más, mint egy clearance képlet, a két kifejezés azonossága könnyen bizonyitható.

A közismert Steward-Hamilton-formula:

$$F = \frac{I}{A} \quad \text{vagy} \quad \frac{Q}{A}$$

F - az áramlás ml/min-ban
I - a beadott nyomjelző mennyisége
A - a görbe alatti terület
I - Q

Ha a perctérfogat meghatározására a diluciós elvet használjuk, akkor a nyert görbe alakilag megegyezik a lo. ábrán feltüntetettel.

A teljes görbe alatti terület:

$$A = \int_{t_o}^{t} H.e^{-k.t}\, dt = \frac{1}{k} \cdot H$$

Amikor a megtisztulás teljes, akkor a clearance értéke megfelel az adott szerv véráramlásának, tehát C = F.

Ha az I-t Q-val helyettesitjük, akkor az alábbi összefüggéshez jutunk:

$$F = C = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\frac{1}{k}} = \frac{Q}{H} \cdot k$$

A $\frac{Q}{H}$ viszont nem más, mint a tracer megoszlási tere, azaz W, igy tehát:

$$F = C = W.k$$

A perctérfogatra célszerü az F = W.k összefüggést elfogadni.

Köztudott, hogy a k értékét általában %/min-ban szokás megadni. Jelentése pedig, hogy az adott térnek hány %-a tisztul meg egy perc alatt.

Ha olyan tracert használunk, amelynek megoszlási tere a vértérfogat, akkor - ha a k egyenlő 1-gyel - a perctérfogat megegyezik a vértérfogattal. /A megoszlási tér loo%-a átmegy - megtisztul - 1 perc alatt./

Szöveti clearance vizsgálatok esetén is eliminációs tesztről van szó.

Példaként az izom-clearance vizsgálat emlithető, de a különböző szerveken átáramló vérmennyiség is ezen az elven számitható ki.

A képlet szerint:

$$F = \frac{W}{t}$$

W - a szerv tömege grammban
F - az áramlás ml-ben
$\bar{t}$ - az átlag átáramlási idő percben

A $\bar{t}$ helyébe irjuk az $\frac{1}{k}$-t,

a képlet igy alakul:

$$F = \frac{W}{\frac{1}{k}} = W.k$$

Ha W = 1 g, akkor

$$F = k \text{ ml/min/g}$$

Megfelelően választott tracer esetén az áramlás meghatározásához tehát csak az eliminációs konstanst kell ismernünk.

A gyakorlati felhasználás

Vesevizsgálat

1. Glomeruláris filtráció meghatározása

Tracerként különböző fém-EDTA vagy DTPA komplexeket használhatunk. Tekintettel arra, hogy a fenti anyagok megoszlási tere, illetve az eliminációs konstans nem mérhető közvetlenül, a C = W.k összefüggést más formában kell felirnunk.
Az alábbi képletben minden paraméter közvetlenül mérhető vagy táblázatból kiolvasható:

$$C = \frac{I}{A \cdot e^{\frac{2,3}{t}./\log A - \log B/.t_a}} \cdot \frac{2,3}{t} \cdot /\log A - \log B/$$

C - a glomeruláris filtráció ml/min-ban
I - a beadott fémkomplex összaktivitása cpm-ben
A - az első vérminta 1 ml plazmájának aktivitása cpm-ben
B - a második vérminta 1 ml plazmájának aktivitása cpm-ben
t - a két vérvétel között eltelt idő percben
t_a - a beadás és az első vérvétel között eltelt idő percben
e - a természetes logaritmus alapszáma

2. A vesén átáramló vérmennyiség meghatározása.
   A felhasználható tracer ^{131}I vagy ^{125}I-hippurán.
   A számitás menete megegyezik az előbbivel.

Mivel a jelenlegi megbeszélés tulajdonképpeni tárgya az in vitro módszerek, részletes tárgyalásba most nem kivánunk bocsátkozni, mert ezek in vivo eljárások:

A májon átáramló vérmennyiség meghatározása jelzett kolloidokkal.
Szerv vagy szöveti véráramlás mérése ^{133}Xe-nal.
Perctérfogat mérése.

Az emlitett folyamatok mindegyikének az a közös vonása, hogy meghatározásukhoz a $\bar{t}$-ot kell megállapitanunk, amit a célnak megfelelően vagy ebben a formában, vagy az $\frac{1}{k}$ formában illeszthetünk a számitásra megfelelő képletbe.

Hibaforrások

Mint az előbbiekben láthattuk, a felsorolt eljárásokban mindig két komponens, a megoszlási tér és a kiürülési állandó szerepelt. Ezek meghatározása azonban mindig összetett folyamat. Ha például a W nem egy kompartmentet, hanem többet foglal magában, akkor minden egyes kompartmentet és a hozzátartozó kiürülési konstansot külön-külön kell meghatározni. Ez szükségessé teheti a gyakori vérvételeket vagy folyamatos külső detektálás alkalmazását.

A folyamat sebességének meghatározása csak abban az esetben lehet /a müszerből adódó technikai lehetőségeken belül/ pontos, ha a vérvételek vagy külső detektálás esetén a leolvasások idejét megfelelően választjuk meg. Például megemlitjük, hogy a glomeruláris filtráció, izom-clearance vagy perctérfogat-mérés esetén az egy percre eső értékeket számitjuk, de mig az első esetben célszerü, hogy a két vérvétel között megközelitően 1 óra teljen el, addig az izom-clearance-nél valóban az egy perc alatti változást mérjük, a perctérfogat esetében pedig csak néhány másodpercnyi regisztrátum áll rendelkezésünkre, igy a megfelelő időtartamok megválasztása rendkivül fontos.

Vita

Vér- és szöveti-görbék értékelése

Résztvevők: Szabó Tibor - Kertész László /DOTE I. Belklinika/ - Györgyi Sándor /SOTE Biofizikai Intézet/ - Pál Imre/MTA Izotóp Intézete/ - Szomor László /POTE Urológiai Klinika/ - Bános Csaba /Fővárosi János Kórház/ Krasznai István /SOTE I. Belklinika/

Az eloszlási tér vizsgálatához célszerü lenne összehasonlitó térvizsgálatot kapcsolni, hogy a méréseket standardizálni lehessen. Szulfát-, vagy Co-komplex-tér látszik a célra alkalmasnak, ugyhogy a ^{35}S vagy ^{58}Co izotóp mintegy referencia-izotópnak számit. Hippuránt is használnak tesztanyagként, de ennek a tere egyértelmüen nem jellemezhető. Elvileg fel kell tételezni, hogy a tesztanyag integer módon eliminálódik. Ez azonban nem minden esetben következik be, még stabilisnak itélt komplexek esetében sem, és ez, valamint az élettani eloszlási terek egymásbatolódása egyaránt befolyásolja a vizsgálandó görbét. Részben az ilyen mütermékterek adnak spekulativ magyarázatot arra, hogy a vértszintgörbék és a szöveti görbék, amelyek in vivo mérésből származnak, miért térnek el nagyon sokszor az in vitro kapott vérszintgörbétől. Ha például a szív fölött nagyobb vérpoolkoncentráció-változást mérnek, az igy kapott vérszintgörbénk sosem lesz azonos azzal, ami vérmintavételekkel nyerhető. Ha szöveti biopsziás anyagot lehetne használni, amire persze csak állatkisérletekben van mód, akkor sem szokott a szöveti görbe teljesen egyezni az in vitro kapott eredménnyekkel.

A görbék kiértékelése nemcsak hazai, hanem világméretü vita tárgya. Hogy milyen összetevőkből történjék az analizis, az tulajdonképpen már a dinamikus in vivo vizsgálatok körébe vezet. Jó lenne a különféle fázisok elkülönitése céljából alkalmas vegyületben gyors felezési idejü izotópokat, akár mint generátortermékeket bevezetni, amelynek feladatuk teljesitése után mint sugárzási és mérési forrás kiesnek a görbefelvétel későbbi fázisából. Célszerü, hogy olyan indikátort válasszuk ki, amelynek a fizikai felezési ideje összemérhető a görbe valamely kiválasztott fázisának lefutási idejével.

Az elhangzottakat végiggondolva, önként adódik az asszociáció a clearance-vizsgálatok számitásával kapcsolatos eliminációs folyamatokat leiró egyenletek és az emlitett konstansok és például a radioaktiv bomlás folyamatát leiró összefüggések között. A K megfelel a λ bomlási állandójának, az átlagos kiürülési idő megfelel az átlagos élettartamnak és igy tovább. Ezek a folyamatok jellegükben, dinamikájukban hasonlóak a matematikailag jól leirt fizikai folyamatokhoz, az ott használt módszereket, megközelitéseket tehát itt is lehet használni. Az ilyen vizsgálatok információtartalmával kapcsolatban korábban hajlottak arra, hogy a le nem egyszerüsithető összefüggéseket, a ki nem egyenesithető görbéket elvessék. Ma azonban számitógépek birtokában könnyen részfolyamataira bontható a legtöbb bonyolult adathalmaz, hogy élettani összetevőit külön-külön vizsgálják. Hasonló módon alkalmazhatják a reakciókinetikát, az enzimkinetikát, esetleg a biológiai reakciókinetika szemléletét a különféle - például kompetició elvén alapuló - in vitro vizsgálatok eredményeinek interpretálására is. Az elektronika egyre nagyobb szerephez jut a metodológiai fejlesztésben, de nem lenne kisebb jelentőségü az elméleti megalapozottság sem, a matematikai-fizikai szemlélet.

Izotópos clearance-módszerek gyakorlati problémái

A debrecen I.Belklinikán meglehetősen rövid idő, o,5 - 1 óra alatt akarták tesztelni például azt, hogy a vese vérátáramlása vagy a glomeruláris filtráció az antihypertenziv szer hatására csökken-e, romlik-e a vese munkája. Erre kiválóan alkalmas volt a vizeletgyüjtéstől mentes izotópmódszer. A tesztanyag ^{58}Co-DTPA komplex volt. Stabilitását abból itélték meg, hogy a kobalt a fémek sorrendjében elfoglalt helye szerint képes a többit, igy a krómot is kiszoritani a komplex-képzőről, igy a szervezetbe juttatva lecserélődés nem várható.

Probléma volt, hogy mikor kezdjék a vérmintavételt. Az irodalmi adatok megegyeztek abban, hogy az izotóp-komplexnek a rendelkezésére álló térben való eloszlása elhuzódhat 4o-5o percig is. A korai mintavétel elkerülése érdekében a lefektetett betegen in vivo méréssel győződtek meg arról, hogy az aktivitás a sziv fölött mikor kezd egyenletesen csökkenni. Ennek megfelelően általában a beadást követő 6o. percben volt az első vérmintavétel. Kérdéses azonban, hogy mikor vegyék az első vérmintát olyan esetben, ahol megváltoztak a haemodinamikai viszonyok /pl. dekompenzált betegnél/, vagy az eloszlási terek /pl. ödémásoknál/, amikor talán a 2-órás mintavétel is korai. Egyáltalán mérhető-e ilyeneknél a clearance? Az első mintavétel után 3o percenként vették a következő mintákat, mert egymásután 2 clearance-t határoztak meg. Az volt ugyanis a cél, hogy első periódusban megnézzék az alap clearance-t, majd hypotenziv anyagot beadva, a gyorsan beálló vérnyomáscsökkenés alatt mérjék az ujabb clearance-t. Kb. lo-15 vizsgálatról összefoglalva azt mondják, hogy a második mérési periódusban - ha kismértékben is, de folyamatosan - csökkent a clearance. Jó vesefunkcióju betegnél a csökkenés maximálisan 15-2o ml/mm volt. Hasonló foku csökkenés jelentősnek mondható olyan

betegeknél, akiknek már eleve alacsony volt a clearance-ük. A kiindulási clearance- értéknek tehát nagy jelentősége van. Kontroll vizsgálatokat végeztek hypotenziv szer nélkül, hogy mennyire reprodukálható a két időperiódus clearance-értéke. Csak kisfoku /2-6 ml/min/ eltéréseket találtak, ami abból adódik, hogy 3 mintát kell mérni, és ebből számitható clearance-értékek eltérései kb. azonosak a párhuzamos mérések eltéréseivel.

A másik probléma az, hogy időnként - egy-egy izotópkészitményre halmozottan - elfogadhatatlanul nagy volt az eliminációs konstans: a megszokott o,oo5-o,oo7 helyett o,ol fölé emelkedett, ami normális megoszlási tér mellett nagyon megnövelte a clearance értékét /pl. 23o ml/min-ra/. Indokolásul felmerült az, hogy az aktivitás egy része talán szabad kobalthoz kötött, ami nyilván nem járja a kelát utját, vagy pedig latens ödémája van a betegnek, és még mindig abban a periódusban vagyunk, amikor nemcsak a vese választja ki az izotópot, hanem az extravasialis térbe is kilép az izotóp. Ezt végeredményben nem tudták eldönteni, mert a latens ödéma feltételezése és bizonyitása is elég nehéz. Külső mérésekkel indokolatlanul magas szervfölötti aktivitást észleltek, egyes betegeknél a háttér kétszeresét, háromszorosát lehetett egy hét mulva is mérni, pl. a máj fölött. Érdekes, hogy a szervaktivitások sorrendje mindig azonos volt: máj, sziv, vese izom. A clearance-vizsgálatoknak alapvető követelménye, hogy a komplex el is hagyja a szervezetet, ne deponálódjék sehová a későbbiek folyamán sem. Ezt a következőkben rendszeresen vizsgálni kell.

Az effektiv renális plazmafolyam /ERPF/ számitását hasonlóképpen használták kliniko-farmakológiai teszt céljára ugy, hogy először ^{125}I-hippurant adtak a betegnek, és eliminációjából számitották az ERPF-et. Utána beadták a vizsgálandó antyhipertenziv szert, és ekkor ^{131}I-hipuránnal számitották ujra az ERPF-t. A két izotóp nem zavarta egymást a spektrális mérési tartományukban. Nem kaptak reprodukálható eredményt. A kontroll értékek szórása olyan nagy volt, hogy a szer hatásának értékelését lehetetlenné tette. Az irodalmi adatoknak inkább a ^{125}I-hippuránnal kapott ERPF felelt meg, a ^{131}I-hippurán ERPF érték mindig magasabb volt. Megint kérdéses, hogy miből ered az eltérés.

A vérmintavétel idejéül a 7., 8. és 15., 16. percet választották. Renográfiás görbéken követve a koncentrációesést, 18-2o perc mulva már egészen ellapult görbeperiódus következik. Ennek alapján számolva nagyon alacsony értékeket kapnának, ami nem felel meg a vese-clearance-nek, mint ahogy a teljes elkeveredés előtti vérminta-értékek alapján sem lehet ERPF-t számolni.

Most a fémkomplexekről esett szó, noha alkalmaztak röntgen-kontraszt anyagokat is a glomeruláris clearance meghatározására. Az irodalomban feltünő, hogy a fémkomplexek használhatóságával kapcsolatban a vélemények megoszlanak. Vannak, akik esküsznek rájuk, mert kitünő korrelációs koefficienst kapnak endogen kreatininhez képest. Mások viszont tartózkodnak tőlük, valószinüleg a fémkomplexek minőségéből eredő hibák miatt.

Szó esett arról, hogy különböző időpontokban vett minták alapján az izotóp-clearance 10%-ig menő szórást mutatott. Minden klinikus tudja, hogy a rutinban használt endogén kreatinin-meghatározás hibája sokkal nagyobb.

Jelentős szempont, hogy a clearance-vizsgálatokhoz ne kelljen katéterezni a beteget, az összehasonlitást viszont az esetek többségében éppen endogén kreatinin-clearance-szel végzik. Az utóbbi évtizedben nagyon elterjedt a katéterezés nélküli spontán vizeletes kreatinin-clearance. Sokan nem eléggé veszik figyelembe, hogyha egy beteget nem katéterezünk, annak hólyagjában mindig marad kevés vizelet. Ott, ahol 24 órás kreatinin-meghatározást csinálnak, már elhanyagolható a katéterezés hiányával járó hólyag-residuum. A cél természetesen az egyinjekciós clearance rutinmetodikává alakitása, a nem katéterezéses, nefrológiai gondozás. Ugyanakkor nem közömbös, hogy a kreatinin-meghatározás minden egyébnél olcsóbb, bár az is igaz, hogy nagyon sok időt vesz igénybe - a PAH és inzulin nem használható rutinra, sorozatos meghatározásukat csak egyes kedvező helyzetben lévő intézetek engedhetik meg maguknak.

A János Kórházban az izotóp-clearance meghatározásához konstans infuziós technikát alkalmaztak. Ez azt jelenti, hogy a betegbe 4 órán keresztül leggyakrabban ^{125}I-hippuránt, illetve ^{51}Cr-EDTA-t infundáltak. Több esetben tapasztalták, hogy a ^{125}I-hippurán plazmaszintje az idők folyamán emelkedik, a vizsgálat elején mért érték 2-3 szorosát is elérheti. Ilyen megmagyarázhatatlan emelkedés nem jelentkezik következetesen, és nincs összefüggésben a beteg klinikai állapotával. Csak arra lehet gyanakodni, hogy a hippurán lebomlott jódot tartalmaz, és annak az eloszlása és kiürülése egészen más, mint a hippuránhoz kötötté. Ebből az következik, hogy csak kromatográfiásan ellenőrzött hippuránt lehetne ugy használni, hogy az irodalomnak megfelelő eredményeket kapjanak. Ugyanez vonatkoztatható az egyinjekciós eljárásokra is.

Mint ismeretes, a fémkomplexek képzésére leggyakrabban az etilén-diamin-tetraacetát vagy dietilén-triamin-pentaacetát szolgál. Ez a vegyület oszlik el az extracelluláris térben és filtrálódik glomerulárisan. Másodlagos kérdés, hogy milyen fém /Co, Cr, Yb/ izotópját akaszťják rá, csak az kivánatos, hogy a mérés kényelme érdekében γ-sugárzó legyen. Egyébként ugyanugy lehetne egyinjekciós ^{14}C-EDTA-val is meghatározni a glomeruláris clearance-t vagy pedig az extracelluláris teret. A jelölő nuklidok kiválasztása szempontjából az játszik szerepet, hogy mekkora a fémkationnak az illető komplexképzővel alkotott komplexének stabilitása. Beszélnek in vitro stabilitásról, amelyet kémiai módszerekkel, például potenciométerrel meg lehet határozni - és beszélnek in vivo stabilitásról, ahol figyelembe kell venni a pH értéket és a szervezetben található más komplexképzőket. Utóbbiak vetélkednek a kationért, és ha olyan kationról van szó, amely a szervezetben található enzimrendszereknek inhibitora, akkor lehetséges, hogy a kelát-komplex szétesik.

Az Izotóp Intézet által készitett komplexek stabilitásáról az mondható, hogy a kobalt-DTPA a természetes és mesterséges komplexek közül az egyik legstabilabb komplex: pH 9,5-lo értéknél, tehát még lugos közegben is komplexálja a lecsapott kobalt-hidroxidban található kobaltot. A szérum-kalcium fiziológiás jelenléte nem okoz zavart, mert a Co-DTPA és a Ca-DTPA stabilitási konstansai között kb. 5 nagyságrendi a különbség, tehát a Co nagy affinitásával kiszoritja a Ca-ot. A gyártás folyamán a komplexképzőt nem ekvivalens mennyiségben használják, hanem - hordozómentes kobaltról lévén szó - több nagyságrendnyi felesiegben alkalmazzák. Minden gyártási charge-ot analitikailag megvizsgálnak. Lugos lecsapódást követően számos kromatogram kiértékelését végezték el: lecsapott ionos kobalttól származó nyom nem maradt a startvonalon.

A kobalt-DTPA-nak az állatkisérletekben tapasztalt eloszlásáról annyit, hogy patkányoknál intravénás adás után 72 órával is nézték a szervi eloszlást. A máj összvolumenében a beadott dózis o,ol%-ánál kevesebbet találtak, mint ionos kobaltot, ami a természetes háttérnek többszöröse lehet. Talán ez magyarázza az emberen észlelt magas késői aktivitást a májban.

Izotópos clearance-anyagok jellemzői

Radioaktiv hippuránnal mások sem kaptak mindig meggyőző eredményeket. Az irregularitás miatt kromatográfiás minőségi vizsgálatot végeztek, és az OSSKI-val, mint előállitóval egyetértésben teljesen tiszta készitményt találtak. Elképzelhető, hogy a hippuránban a jelző radioaktiv jód még kötésben van fizikai kémiai értelemben, de az állás folyamán - annak ellenére, hogy nem bonyolult vegyületekről van szó - olyan belső molekuláris változások /kötés-lazulás/ jön létre, amelynek in vivo gyorsabb lehasadást idéznek elő.

A hippurán-radioaktiv jód kapcsolat labilitásának szerepét a clearance-eltérésekben el lehetne dönteni ^{125}I-tel, illetve ^{131}I-gyel jelzett hippuránnal. Nagyobb foku jódlehasadás és következményes eltérés az eliminációban a β-bomlás miatt ^{131}I jelzés esetén várható.

A referens válasza

Több mint ezer betegen különböző fémkomplexszel végzett glomeruláris clearance-meghatározás alapján a következő választ adhatom a felvetett kérdésekre.

A fémkomplexek nem kapcsolódnak fehérjékhez, erre bizonyitékul szolgál, hogy az izotóp fémkomplex bevitele után 1 vagy 2 óra mulva vett mintából Sephadex-G 5o-es oszlopon végeztünk eluálást, és azt találtuk, hogy mindig élesen elkülönült a fehérje frakció és az EDTA-frakció, függetlenül attól, hogy az EDTA mivel van jelezve. A visszanyerés során csak kb. o,5-lo%-ot nem találtunk meg az EDTA frakcióban, tehát csak ennyi kötődhetett fehérjéhez. Albuminuriás beteg vizeletéből végezve ugyanezt a vizsgálatot azt találtuk,

hogy a fehérje-frakció és az izotóppal jelzett EDTA külön jelenik meg. Az egész szervezeten áthaladt és a vizeletbe került fémkomplex sem kötődik a vizeletben megtalálható fehérjéhez.

Másik nagyon érdekes kérdés, hogy miért nem azonos a külső detektálás és a vérminta alapján vett eliminációs konstans. Lehetséges, hogy az eltérést az adja, hogy a vérvételek a cubitalis vénából történnek. Érdekes lenne összehasonlitó vizsgálatokat végezni külső detektálás és arteriás vérvételek alapján. Meggyőződésem, hogy a vénás vérvételek megfelelőek, de nem kétséges, hogy a clearance-anyag koncentrációja a vena cubitalis és az arteria renalis vérében nem ugyanaz. Kérdés, hogy a külső detektálás mit reprezentál. Normális viszonyok között egészséges emberen az eliminációs konstans értéke o,ol. Ez megfelel kb. 7o perces félidőnek, azaz mivel a 7o perces félidőnek a reciprok értéke az átlagidő, ez pontosan loo percnek felel meg. A karnak az átlag keringési ideje lo perc. Tehát, ha adott pillanatban a kar artériás keringésének egy pontjába egy izotópcsomag lép be, akkor a vénából nyert vérminta felhasználásakor a fenti loo perces átlag eliminációs időből le kell vonni a kar lo perces $\bar{t}$-át. Igy a "tiszta" eliminációs átlagidő - a fenti esetben - 9o min-nak adódik, ami annyit jelent, hogy a k értéke viszont megnövekszik. Nem állitom, hogy ez biztosan igy van, de lehetséges, hogy ezt is számitásba kellene venni. Az 197o szeptemberében Rotterdamban tartott - izotópmódszerekkel végzett dinamikai vizsgálatokkal kapcsolatos - szimpóziumon Veall is felvetette ezt a problémát. Mindenesetre,mi sziv fölött mérünk, ahol sokkal nagyobb az aktivitás,és az artériás,illetve vénás vér keveredése tökéletesebb.

Felmerült az előzőekben a vérvétel problémája. Az első kb. loo esetben mi is az első 3o perc után vettünk vért. Most már több, mint egy éve mindig az első és a második órában veszünk vért, ha normális megoszlási térre lehet számitani. Ezt szeretném kiemelni, mert ennek a módszernek hátránya, hogy ödémás betegeken csak fenntartással vagy egyáltalán nem alkalmazható. Kisérletképpen ugyanazon /ödémás/ betegen kétszer végeztük el a vizsgálatot,egy napi időkülönbséggel. A jó elkeveredés érdekében 3 óra mulva vettük az első vérmintát, és azután 1 óra mulva a másodikat. Kiderült, hogy a 3 óra mulva levett első vérminta és az első vizsgálatnál az első órában levett vérmintából történő számitás során nem adott nagy differenciát. Várható volt, hogy ez megoldja a kérdést, de nem igy történt.

Sok vizsgálatból azt derült ki, hogy a megoszlási tér nagy valószinüséggel azonos az extracelluláris térrel, mert általánosságban a test sulya 22%-ának adódik az izotóp fémkomplex megoszlási tere. Néhány esetben érdekes eredményt kaptunk: nem ödémás betegen is előfordul, hogy a megoszlási tér 3o%, sőt 32% is volt, ami kezdetben teljesen érthetetlennek tünt. Az ezer beteg közül összeválogattuk azokat, akinek ilyen magas volt a megoszlási terük,és nem volt ödémájuk. Kiderült, hogy mindezek a betegek igen soványak. A 45 kg körüli betegeknél az extracelluláris tér igy mérve lényegesen magasabb volt, mint az átlagos sulyu embereké. Természetesen következik a másik

gondolat: mi a helyzet a kövéreknél. 5o kövér /loo kg-on felüli/ embernél viszont csak 14-16%-a volt a testsulynak a megoszlási tér. Az utóbbit meg tudjuk magyarázni a zsirszövettömeggel, de mi lehet a magyarázat az előző megfigyelésre. Mintegy loo sovány egyént vizsgálva kiderült, hogy ezek az emberek nem ab ovo soványak, hanem lefogytak. Többségük olyan betegségben szenvedett, amely szövetpusztulással jár, de ugy tünik, hogy a szövetpusztulásuk nagyobb, mint a testsulyukból következtethető lenne. A megoszlási tér problémája ezzel a kérdéssel egyáltalán nincs kimeritve. Ugy látszik, hogy van egy módszerünk, amivel extracelluláris tér és vesefunkció együtt határozható meg. Az extracelluláris tér ismeretére leginkább az ödémás betegeknél van szükség. Az ödémás betegeknél használható legkevésbé ez a módszer.

A rövid időközökben történő változások összehasonlitására, 6 vérvétel esetén mi is alkalmaztuk ezt a módszert. 6 vérvétel esetén általában lo-15 clearance-értéket szoktunk a vérvétel párokból összeállitani. Kiderült, hogy 6 vérvételből kalkulált 15 clearance között kb. lo%-ot meghaladó eltérés van. Ez annyit jelent, hogyha kliniko-farmakológiai vizsgálatnak akarjuk használni ezt a módszert, akkor óvatosnak kell lennünk 15%-os változás értékelésekor. Gyakori hibaforrás, ha a módszert a klinikai rutinban alkalmazzuk, ha másként jár annak az órája, aki az anyagot beadja, mint azé, aki a vért leveszi. 5 perc eltérés már megadja a lo% differenciát.

A szórást elsősorban az adja, hogy az első órán belül vett értékek igen megbizhatatlanok az equilibráció bizonytalansága miatt. Ha levonjuk az első órai vizsgálatokat a későbbiekből, akkor kiderül, hogy az első óra utáni értékeink már csak 5%-on belül szórnak, ami elfogadható mérési hiba. A korán vett vérminta nagymértékben megzavarja a vizsgálat értékelhetőségét, ez nem szabad, hogy elkerülje figyelmünket.

Igen érdekes kérdés a betegben észlelhető késői aktivitás problémája. Magam is végeztem egyik betegünknél glomeruláris clearance meghatározást,és 2 nap mulva renográfiát akartunk csinálni. A beteget megvizsgálva aktivitást találtunk, holott előre meghatároztuk, hogy a beadott mennyiség 1 °/oo részének sem lenne szabad visszamaradnia lo órán tul. Az a nézetem, hogy ezeket a fémkomplexeket csak egy bizonyos időszakban lehet glomeruláris filtráció mérésére alkalmazni,és ez a bizonyos időszak a beadás utáni néhány óra. Azt gondolom, hogy végeredményben háromféle kiürülési sebességről lehet szó. A beadás után a koncentrációcsökkenés nagyon gyors, ez az eloszlás és a vesefunkció fázisa. Azután következik a vesefunkció teljes lefutása. A harmadik fázis mechanizmusát nem sikerült még eddig megismernem, bár mások észlelték és meg is mérték, hogy ezen harmadik szakasz félideje kb. 3 nap. Tervezek olyan vizsgálatokat, amelyek arra az időszakra esnek, amikor már csak mikromennyiség van a betegben. A mérést egésztestszámlálóval végzem majd. Az eredmények elemzése várhatóan rávilágit, hogy mi a vizsgált funkció. Erre az irodalomban sincs megnyugtató válasz.

A felvetett kobalt-retencióra nem tudok magyarázatot adni. A legmeglepőbb számomra, hogy az eliminációs konstans értéke o,ol fölött volt. Néhány esetben én is találtam 18o-as - 2oo-as clearance-értéket. Ezen betegeknek egy része diabeteses volt. Van irodalmi adat arra vonatkozólag, hogy diabeteses betegeknél a clearance érték magasabb. A mechanizmusról feltételezzük, hogy vas-efferens szükületről van szó. Tény, hogy neurogén hypertoniás betegeknél én is magas clearance-t kaptam, ami ebbe az elméletbe teljesen beleillik. Kreatinin-clearance meghatározásokkal egybehangzóan izotópos eljárással is azt találtuk, hogy diabetesesek egy részében magasabb a clearance,elsősorban a juvenilis tipusu diabeteseseknél. Ezt az eredményt mások is alátámasztják. Még egy megjegyzést a kreatinin-clearance-hez: véletlenül néhány betegnél indokolatlanul magas vér-kreatinin értéket találtunk. Nem diabeteses betegek voltak. Kiderült az, hogy ezek a betegek C-vitamint kaptak. A C-vitamin a vérben olyan reakciót ad, ami tévesen magas kreatinin értékre utal. Ezt kisérlettel is lehet igazolni.

Egy 17o-es érték önmagában semmit sem mond. Minden esetben át kellene számolni a clearance-értékeit normál testfelületre. A 2 m^2-nél nagyobb felületü embernek a normál clearance-e 17o. Lehet, hogy egy 14o-es clearance-ü egyén vesefunkciója nem olyan jó, mint akinek loo-as értéke van; ez attól függ, hogy milyen teret kell kiszolgálni a vesének. A vese egyik biológiailag lényeges funkciója,hogy kiszolgálja a szervezet vizterét. Már pedig a 19o cm magas és 12o kg-os embernek a viztere, vértere, extracelluláns tere lényegesen nagyobb, és ha igy vesszük számitásba, akkor ezek a nagyon magas értékek más értelmet kapnak.

A komplexek vitájához csatlakozva meg kell emlitenem, hogy ezek a fémkomplexek jól mérhető komplexek in vitro és általában in vivo folyamatokban. Azonban találtunk már egy olyan fémkomplexet is, amely alkalmas komplex in vitro, azonban a szervezetben egészen másként viselkedik. Ez a higany-EDTA,ami ugy deponálódik a vesében, hogyha nem 197-et alkalmaznánk, hanem 2o3-at, akkor az kimutatható lenne heteken keresztül. Tehát az, hogy a fémkomplex stabil, az önmagában még nem egyenlő azzal, hogy adott esetben nincs szöveti affinitása. Szöveti fehérjékre vonatkozóan itt találkozik a kérdés azzal, ami az előzőekben az általános fehérje-kötés ügyében felmerült.

A vizsgálat költségéről szólva ^{51}Cr-EDTA esetén, a rendelkezésre álló mérőberendezések mellett,kb. 2oo µCi a beadandó mennyiség, ami az egységár ismeretében annyit jelent, hogy egy vizsgálat több száz forintba kerül. Itterbiummal is végezhetjük vizsgálatainkat, ami egyébként pontosan ugyan olyan jó, mint a ^{51}Cr /felezési ideje is megközelitően annyi, mint a radioaktiv krómé: 32 nap/ 3o µCi elegendő,és az itterbium ára fele a króm árának.

Felvetődött, hogy konstans infuziót kezdetben cseppfolyósitóval oldottak meg, és mérték a cseppszámot. Én is igy csináltam. Teljesen használhatatlan eredményeket kaptam. A cseppszámot nem lehet stabilan tartani. Most már több, mint fél éve pumpával dolgozom, és külső detektálással először meghatározom a beteg

clearance-ét egyinjekciós módszerrel,azután erre kiszámitom,hogy milyen infuzió-sebességet kell alkalmaznom, illetve,mivel az infuzió sebességet mindig konstansnak /o,5 ml/min/ tartom, azt számitom ki, hogy az infuzióba milyen mennyiségü izotópot kell lemérnünk, de ha nem katéterezzük a beteget, semmit sem ér az eljárás. Nem katétereztem a betegeknek egy jelentős részét, azért, mert egy vizsgálati eljárás bizonyitási eljárása érdekében az a nézetem, hogy nem szabad a beteget veszélynek kitenni a több órás katéterezéssel. Olyan hosszu infuziós vezetékcsövet alkalmazok, hogy amellett a beteg nyugodtan fel tud állni és tud vizelni. A férfiak állva ki tudják magukat vizelni, a nők nem. A nőknél nem kaptam megfelelő eredményt. Példaként emlitem egyik esetünket, ahol a pumpával történő infuzió és hólyagkatéterezés ellenére is meglepetés ért bennünket. A 3 x 3o percig tartó periódusok alatt gyakorlatilag alig volt aktivitás a beteg vizeletében. Ugyanakkor a vérmintát vizsgálva kielégitő eltérést találtunk. Mi volt az oka? Ez a mütétnél derült ki: az egyik vese teljesen tönkrement, a másik pedig zsákvese volt. Ebben az esetben az eliminációs clearance jobb eredményt ad, mint a clearance,a bármilyen gonddal végzett rövid periódusu inzulin clearance-meghatározás.

A rövid felezési idejü izotópokról is szó volt. Használtunk ^{115m}In generátorterméket. Az eredmények ugyanazok, mint bármely más komplexszel, tehát nyugodtan használhatók. Jarnatónak látom , hogy a clearance-görbék fiziológiás fázisváltozásával összemérhető fizikai felezési idejü nyomjelző izotópot válasszunk ki, de erre vonatkozó konkrét vizsgálataink nincsenek.

^{131}I-hippuránnal kapcsolatban sok vizsgálatot végeztem,és a legkülönbözőbb eredményeket kaptam. Mint már emlitettem, nem tartom jónak a korai időszakban vett vérmintákat. Ettől függetlenül mégis csak a jód problémájához kell visszatérnem. Mint emlitettem, a fémkomplexekkel kb. 22% körülinek kapom átlagban a megoszlási teret a testsulyra vonatkozóan. ^{131}I-hippurán esetében előfordult 4o%-os tér is. Hogy ez nem olyan nagyon meglepő, annak két oka van. Az egyik, hogy szabad jodid van a preparátumban, amit például megköt a pajzsmirigy.Ez természetesen, mint tér jelentkezik. Nem jelzett hippuránnal, hanem PAH-hal kapcsolatban vannak irodalmi adatok arra, hogy a PAH megoszlási tere megközelitőleg 4o%-a a test sulyának, ami egyértelmüen annyit jelent, hogy kötődik a vesében. Tehát, amikor mi megoszlási teret mérünk, akkor kompartmentet + poolt mérünk,és tévesen ugy fejezzük ki, mint megoszlási teret.

ZÁRSZÓ

Eredeti célkitüzésünknek megfelelően csak olyan izotópos in vitro és fél in vitro eljárásokat tárgyaltunk, amelyek ma a mindennapi rutin számára legjobban gyümölcsöztethetők. Teljességre ezért nem törekedtünk.

A teljesen in vitro módszerek közül nem esett szó sejtszintü izotóptesztekről, mint pl. a cytotoxicitási, izotóprelease és autoradiográfiás eljárás. Előbbiek még bizonyos szempontból kiforratlanok vagy csak kezdeti tapasztalatok. Az autoradiográfia eredményeit a megelőző napokban Budapesten tartott IV. Autoradiográfiai Szimpózium* ismertette.

Ugyancsak nem törekedhettünk teljességre a fél in vitro eljárások megvitatásánál sem. A különböző eliminációs tesztek közül csak a vese-clearance sokoldaluan megvizsgált problematikája került szóba, mintegy példaként egyéb szervek és szövetek clearance-funkciójának vizsgálatára. Speciális kötődése miatt már érintettük a B_{12}-vitamin izotópos meghatározásának lehetőségét, ami azonban nem a kötődés szaturációs elvén alapszik. A jelzett vitamin felszivódásának és kiürülésének folyamatát a gyakorlatban elsősorban vizeletszint-, ill. plazmaszint-meghatározás utján követjük, tehát fél in vitro eljárással - legujabban kettősjelzéssel ugy, hogy az egyik kobaltizotóppal jelölt vitamin felszivódásra eleve alkalmas formában mintegy referenciaanyagul szolgál. Hasonlóan fél in vitro izotóptesztnek számitanak a különböző térfogatanalizisek, amelyek valamennyien az izotóphigulási elven alapszanak.

*Lásd az IZOTÓPTECHNIKA 1971. 1-2. számát.

Mindaz, ami ezen a kerekasztal-konferencián elhangzott, helyesen tükrözi a hazai klinikai izotópalkalmazás helyzetét és perspektiváját. A nukleáris medicinában potenciálisan kedvező helyzetben levő országok és szervezetek nem járnak messze előttünk / Oak Ridge 1967, San Remo 1968, Bécs 1969, Rotterdam 197o/ az in vitro és fél in vitro eljárások megvitatásában.

Helyes volt felmérni az eddig végzett munkánkat és lehetőségeinket is, mert a közös szakmai nyelv és kooperáció szükségessége világosan kifejezésre juttatja, hogy igényeinknek és kötelezettségeinknek társadalmilag szervezett formában kel érvényt szereznünk.

Kertész László
a konferencia vitavezetője

Az IZOTÓPTECHNIKA általában célszerünek tartja a témakörébe vágó hazai konferenciák előadásainak ismertetését. A Magyar Nukleáris Orvostudományi Társaság Szervező Bizottságának azon kérésére, hogy alakuló ülésükre e kerekasztal-konferencia teljes anyagának kiadásával foglaljuk össze a tématerület hazai állását, eleget tettünk, és igy jelen számunk kivételesen a viták anyagát is közli.

Szerkesztő Bizottság

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 4-5. szám

Kettős és hármas jelöléssel végzett haematológiai izotópdiagnosztikus vizsgálatok számitógépes kiértékelése

CSERNAY L., CSIRIK J.

Szegedi Orvostudományi Egyetem I. sz. Belklinika, Szeged

A keringő plazmatérfogat, vörösvértest-térfogat és vaskinetikai paraméterek egyidejű jelzése és az adatok számitógépes feldolgozása.

Обработка вычислительными машинами данных, полученных в гематологических, диагностических исследованиях,совершенных при помощи двойной и тройной маркировками
Чернаи, Л., Чирик, Й.
Одновременное мечение вращающего объема плазмы и эритроцитов, а также кинетических параметров железа, и обработка данных вычислительными машинами.

Computer handling of haematological data obtained by means of double and triple tracing with radioisotopes
Csernay, L., Csirik J.
Simultaneous tracer technique for determining circulating plasma volume, erythocite volume and iron kinetical parameters and their handling by computers.

A haematológiai izotópdiagnosztikában a kettős jelzés alkalmazása két előnnyel is jár:

1. egyidőben, két klinikai paraméter mérését teszi lehetővé,
2. használata megröviditi a vizsgálatsorozat időtartamát.

Hármas jelzés alkalmazása a kettős jelölés előnyein tul, komplettálja a diagnosztikus vizsgálatot. ^{125}I albuminnal a keringő plazmatérfogat, ^{51}Cr-gyel jelölt vörösvértestekkel a vvt-térfogat, illetőleg a vvt-k relatív élettartama mérhető. ^{59}Fe segitségével meghatározhatjuk a vaskinetikai paramétereket. Megfelelő egy detektoros, három csatornás analizátor segitségével az alkalmazott izotópok beütésszámát - különböző γ-energiájuk alapján - egy mintában, egyidőben határozhatjuk meg, de a γ-spektrumok átfedése miatt az egyes csatornákon mért beütésszámokat az átfedési faktorral, illetve faktorokkal korrigálni kell. Az igy kapott tiszta beütésszámok szükségesek a klinikai paraméterek kiszámitásához. Az egy vizsgálathoz tartozó mintasorozat lemérése után, a csatornák tiszta beütésszámainak és a klinikai értékeknek kiszámitása asztali elektromos számológéppel kettős jelölés esetén kb.

két órát, hármas jelölés alkalmazása esetén kb. két és fél órát vesz igénybe.

A fáradságos és hosszadalmas számolás általában a rutin vizsgálatokat nehézkessé teszi. A mérések automatizálása mellett ezért az izotópdiagnosztikai eljárások számolási feladatait számitógéppel világszerte csupán két-három éve végzik. Mi is célul tüztük ki a számitási feladatok gépi megoldásának kidolgozását. Jelen közleményünkben a kettős, illetőleg hármas jelöléssel végzett haematológiai izotópdiagnosztikus vizsgálatok számitógépes kiértékelésének programját ismertetjük.

A haematológiai vizsgálatok izotóp-méréstechnikai és klinikai megoldását illetően Nemessányi és munkatársai[1] közleményére, illetve Csernay[2] tanulmányára utalunk. Az adatszalagok elkészitéséhez Siemens telexgépet, az adatok és a program beadásához Facit tipusu lyukszalag-olvasót alkalmaztunk. A program kidolgozását és a vizsgálatokat a József Attila Tudományegyetem Minszk-22 számitógépével végeztük. Az eredmények kiirásához gyors sornyomtatót használtunk.

A mérőcsatornák adatainak tisztitásánál mind a legnagyobb energiáju izotópnak a kisebb energiáju izotóp mérőcsatornáira eső átfedési "b" értékeit, mind a kisebb energiáju izotópoknak a nagyobb energiáju izotópok mérőcsatornáira eső átfedési "a" értékeit figyelembe vettük számitásainkban. Az igy kapott átfedési hányadosok segitségével két vagy három ismeretlenes lineáris egyenletrendszert állithatunk fel, amelyeknek megoldásával kapjuk meg az egyes mérőcsatornákon a vizsgált izotópoknak a mintára vonatkoztatott tiszta beütésszámát. Az igy tisztitott csatornaadatok segitségével számitottuk ki a kivánt biológiai paramétereket.

A kidolgozott számitógépes programokat publikációs Algol nyelven az 1. és 2. mellékletben adjuk meg.

A programhoz szükséges adatokat két csoportra osztottuk,és két külön lyukszalagon olvastuk be. Az első szalagon a módszer méréstechnikai megoldásának megfelelő paramétereket /pl. standardok mérési ideje, higitások nagysága, az egyes minták mérési ideje, stb./ az állandó adatokat, a második adatszalagon a mérések eredményeit juttatjuk a számitógépbe. Ezeket a változó adatokat a mérések után telexgéppel esetenként perforáltuk lyukszalagra. Az állandó és változó adatok csoportositását és a perforálási utasitást a 3. és 4. mellékletben adjuk meg. A feldolgozás adatszervezése ezek szerint a következőképpen alakult: elsőként az állandó adatokat, majd a mérési eredményeket tartalmazó változó adatszalagot olvassuk be. A kiszámitott eredményeket az 5. mellékletben megadottak szerint csoportositottuk, és gyors sornyomtatóval az itt közölt protokollnak megfelelően, "α-numerikusan" jelenitettük meg.

Programunk futási ideje /adatbevitel, számitások elvégzése, eredmények kiiratása/ kettős jelölés alkalmazása esetén 6 másodpercet, hármas jelölés alkalmazása esetén 8 másodpercet vesz igénybe. A gépi kódu programbevitel kb. 2o másodpercig tart. Az igy tárolt program használata feleslegessé teszi az esetenkénti programforditási időt. Több eset egymásutáni feldolgozásakor a programbevitelt természetesen nem kell ismételni. Programunkat a gyakorlatban is használjuk, fél év óta klinikánk izotóplaboratóriumában végzett kettős és hármas jelöléses diagnosztikus vizsgálataink eredményeit e program segitségével számitjuk ki.

A számitógépes adatfeldolgozás legjelentősebb előnye az időmegtakaritás, de nem kisebb jelentőségü a hosszadalmas számitás alatt óhatatlanul fellépő hibák elkerülése, valamint a tárolásra és eredményközlésre alkalmas jegyzőkönyv egyidőben való elkészitése sem. Sorozatvizsgálat eredményeinek kiszámitásánál egy perc alatt 7 db kettős jelöléssel, vagy 5 db hármas jelöléssel végzett méréssorozat eredménye számitható ki. A jelenlegi számitógéphasználati dijakat figyelembe véve, az igy elvégzett számitás anyagilag is feltétlenül gazdaságosabb. A kidolgozott program alapját képezi a módszer teljes automatizálásának is. Automatikus mintaváltó és a három csatornás analizátor kimenetéhez csatlakoztatott megfelelő interface és perforátor alkalmazása esetén a változó adatokat tartalmazó lyukszalag a mérésekkel egyidőben elkészithető, és igy minden manuális munka nélkülözhető. A nukleáris müszereket gyártó GAMMA-Müvek, tapasztalataink alapján, tervbe vette analizátoraihoz csatlakoztatható interface gyártását. Nukleáris müszereket gyártó tőkés vállalatok az utolsó két évben szintén jelentős erőfeszitéseket tesznek a nukleáris diagnosztikus laboratóriumok nagymennyiségü mérési adatának számitógépes feldolgozására[3]. E munka keretében probléma-orientált programokat dolgoznak ki. Az általunk ismertetett program szintén ebbe a csoportba tartozik.

Az adatok beolvasását ugy szerveztük, hogy az általunk végzett klinikai és méréstechnikai módszertől bizonyos fokban eltérő eljárások az alapmegoldáshoz könnyen közelithetők legyenek. Az általunk állandónak nevezett paraméterek /mérési idő, mintatérfogat stb./ megváltoztatása a program elvi felépitését nem befolyásolja. A rutinvizsgálatok számitógépes kiértékelésének elterjedése felveti a méréstechnikai és metodikai standardizálás szükségességét. Az eltérő müszerezettség ennek komoly akadályát jelenti. A számitógépes programok flexibilis kidolgozása áthidalásképpen segithet e problémán. Munkánk során mi is ez utóbbi utat követtük.

Programunkat publikációs Algol nyelven ismertettük; az adatbevitelek és az eredmények kiiratásának helyét kommentárban adtuk meg azért, mert az egyes géptipusoknál a be- és kimenetek az illető géptipusra készitett standard programok. Mi magunk a Minszk-22 gépen Inzsenyer programozási nyelvvel dolgoztunk,

de a mellékletekben megadott publikációs Algol program leirások alkalmasak bármely Algol forditóprogrammal rendelkező géptipusra.

Összefoglalva:

Szerzők kettős és hármas jelöléssel végzett haematológiai izotópdiagnosztikus vizsgálatok eredményének kiszámitására számitógépes programot készitettek. A programot publikációs Algol nyelven ismertetik. A program alkalmas gyakorlati felhasználásra minden Algol forditóprogrammal rendelkező géptipuson, a be- és kivitelre szolgáló standard programok beirása után. Az adatbevitel szervezése lehetőséget teremt, a szerzők által alkalmazott klinikai és méréstechnikai módszertől eltérő metodika használata esetén is, a program alkalmazására.

IRODALOM

1. Nemessányi Z., Csernay L., Kulcsár F.,Vas- és erythrokinetikai, valamint volumetriás paraméterek vizsgálata izotóp kettős és hármas jelöléssel. Megjelenés alatt.
2. Csernay L.,Izotópdiagnosztikus laboratórium. GAMMA-Müvek, 1967
3. Winkler, C.,Datenverarbeitung in der Nuklearmedizin. Siemens, 197o

1. melléklet

```
procedure kettoes(ST,TERF1,TERF2,HIG1,HIG2,PLAST,CSO,SULY1,SULY2,NHE,
  SULY,VAHE,H1,H2,KST1,KST2,FST1,FST2,MI1,MI2,AKT1,AKT2,SVEMA,VERT,
  SVERT,HEMA,ELET,RADVA,A,B);
integer CSO;
real ST,TERF1,TERF2,HIG1,HIG2,PLAST,SULY1,SULY2,NHE,SULY,AKT1,AKT2,
  VERT,SVERT,HEMA,A,B;
array VAHE,H1,H2,KST1,KST2,FST1,FST2,MI1,MI2,SVEMA,ELET,RADVA;
begin
  comment Az eljárás kettős jelöléssel végzett haematológiai izotóp-
  diagnosztikai vizsgálatok kiértékelését végzi.
  Bemenő paraméterek:
  ST,TERF1,TERF2,HIG1,HIG2,PLAST,CSO,SULY1,SULY2,NHE,SULY,VAHE,H1,H2,
  KST1,KST2,FST1,FST2,MI1,MI2,
  Jelentésüket lásd a 3. mellékletben,
  Kimenő paraméterek:
  AKT1,AKT2,SVEMA,VERT,SVERT,HEMA,ELET,RADVA,A,B,
  Jelentésüket lásd az 5. mellékletben;
  integer OSZ,I,KISO,KISO1;
  real S,SVE,HAT1,HAT2,K,KVE,V10;
  array SMA[1:30];
  OSZ:=8+2×CSO; KISO:=8+CSO; KISO1:=KISO+1; HAT1:=HAT2:=0;
  for I:=1 step 1 until 4 do
  begin
    HAT1:=HAT1+H1[I]; HAT2:=HAT2+H2[I];
  end;
  HAT1:=HAT1/20; HAT2:=HAT2/20; S:=SVE:=K:=KVE:=0;
  for I:=1 step 1 until 8 do
  begin
    S:=S+KST1[I]; SVE:=SVE+FST2[I]; KVE:=KVE+KST2[I]; K:=K+FST1[I];
  end;
  ST:=8×ST; S:=S/ST-HAT1; SVE:=SVE/ST-HAT2; K:=K/ST-HAT1;
  KVE:=KVE/ST-HAT2; A:=KVE/S; B:=SVE/K;
  for I:=1 step 1 until KISO do
  begin
    MI1[I]:=MI1[I]/5; MI2[I]:=MI2[I]/5;
  end;
  for I:=KISO1 step 1 until OSZ do
  begin
    MI1[I]:=MI1[I]/PLAST; MI2[I]:=MI2[I]/PLAST;
```

```
    end;
    for I:=1 step 1 until OSZ do
    begin
      MI1[I]:=MI1[I]-HAT1; MI2[I]:=MI2[I]-HAT2;
      SMA[I]:=(MI1[I]×B-MI2[I])/(B-A);
      SVEMA[I]:=B×(MI2[I]-A×MI1[I])/(B-A);
    end;
    AKT1:=S/TERF1×HIG1×SULY1; AKT2:=SVE/TERF2×HIG2×SULY2;
    HEMA:=NHE×0.96×0.91; V10:=SMA[7];
    if V10<SMA[8] then V10:=SMA[8];
    VERT:=AKT1/V10×4×HEMA/100; SVERT:=VERT/SULY;
    for I:=1 step 1 until CSO do
    begin
      ELET[I]:=SMA[I+8]/SMA[9]/100;
      RADVA[I]:=(SVEMA[I+8]/4-SVEMA[I+12]/2×(100-VAHE[I]×0.96)/100)×
      100/VAHE[I]/0.96×VERT×100/AKT2;
    end;
  end program;
```

2. melléklet

```
procedure harmas(ST,TERF1,TERF2,TERF3,HIG1,HIG2,HIG3,PLAST,CSO,SULY1,SULY2,
  SULY3,NHE,SULY,VAHE,H1,H2,H3,JST1,JST2,JST3,KST1,KST2,KST3,FST1,FST2,
  FST3,MI1,MI2,MI3,A1,A2,A3,B1,B2,B3,AKT1,AKT2,AKT3,SVEMA,JC1,JC2,JC3,
  PL1,PL2,VERT,SVERT,HEMA,KA1,KA2,ELET,RADVA);
integer CSO;
real ST,TERF1,TERF2,TERF3,HIG1,HIG2,HIG3,PLAST,SULY1,SULY2,SULY3,NHE,SULY,
  A1,A2,A3,B1,B2,B3,AKT1,AKT2,AKT3,VERT,JC1,JC2,JC3,PL1,PL2,SVERT,HEMA,KA1,
  KA2;
array VAHE,H1,H2,H3,JST1,JST2,JST3,KST1,KST2,KST3,FST1,FST2,FST3,MI1,MI2,
  MI3,SVEMA,ELET,RADVA;
begin
  comment Az eljárás hármas jelöléssel végzett haematológiai izotóp-
  diagnosztikai vizsgálatok kiértékelését végzi.
  Bemenő paraméterek:
  ST,TERF1,TERF2,TERF3,HIG1,HIG2,HIG3,PLAST,CSO,SULY1,SULY2,SULY3,NHE,SULY,
  VAHE,H1,H2,H3,JST1,JST2,JST3,KST1,KST2,KST3,FST1,FST2,FST3,MI1,MI2,MI3,
  Jelentésüket lásd a 4. mellékletben,
  Kimenő paraméterek:
  A1,A2,A3,B1,B2,B3,AKT1,AKT2,AKT3,SVEMA,JC1,JC2,JC3,PL1,PL2,VERT,SVERT,
  HEMA,KA1,KA2,ELET,RADVA,
  Jelentésüket lásd az 5. mellékletben;
  integer OSZ,I,KISO,KISO1;
  real HAT1,HAT2,HAT3,V10,J1,J2,J3,K1,K2,K3,F1,F2,F3,KONST,PO,M1,M2;
  array JOST,SMA[1:30];
  OSZ:=8+2×CSO; KISO:=8+CSO; KISO1:=KISO+1; HAT1:=HAT2:=HAT3:=0;
  for I:=1 step 1 until 4 do
  begin
    HAT1:=HAT1+H1[I]/20; HAT2:=HAT2+H2[I]/20; HAT3:=HAT3+H3[I]/20;
  end;
  J1:=J2:=J3:=K1:=K2:=K3:=F1:=F2:=F3:=0;
  for I:=1 step 1 until 8 do
  begin
    J1:=J1+JST1[I]; J2:=J2+JST2[I]; J3:=J3+JST3[I];
    K1:=K1+KST1[I]; K2:=K2+KST2[I]; K3:=K3+KST3[I];
    F1:=F1+FST1[I]; F2:=F2+FST2[I]; F3:=F3+FST3[I];
  end;
  ST:=8×ST; J1:=J1/ST-HAT1; J2:=J2/ST-HAT2; J3:=J3/ST-HAT3;
  F1:=F1/ST-HAT1; F2:=F2/ST-HAT2; F3:=F3/ST-HAT3;
  K1:=K1/ST-HAT1; K2:=K2/ST-HAT2; K3:=K3/ST-HAT3;
```

```
    B3:=F3/F2; B2:=F3/F1; B1:=K2/K1; A3:=K3/K2; A2:=J3/J1; A1:=J2/J1;
    for I:=1 step 1 until KISO do
    begin
      MI1[I]:=MI1[I]/5-HAT2; MI2[I]:=MI2[I]/5-HAT3; MI3[I]:=MI3[I]/5-HAT1;
    end;
    for I:=KISO1 step 1 until OSZ do
    begin
      MI1[I]:=MI1[I]/PLAST-HAT2; MI2[I]:=MI2[I]/PLAST-HAT3;
      MI3[I]:=MI3[I]/PLAST-HAT1;
    end;
    KONST:=1-A1/B1-A2/B2-A3/B3+A2/B1/B3+A1×A3/B2;
    for I:=1 step 1 until OSZ do
    begin
      JOST[I]:=(MI3[I]×(1-A3/B3)+MI1[I]×(A3/B2-1/B1)+MI2[I]×(1/B1/B3-1/B2))
      /KONST;
      SMA[I]:=(MI1[I]×(1-A2/B2)-MI3[I]×(A1-A2/A3)-MI2[I]×(1/B3-A1/B2))/KONST;
      SVEMA[I]:=(MI2[I]×(1-A1/B1)+MI3[I]×(A1×A3-A2)-MI1[I]×(A3-A2/B1))/KONST;
    end;
    AKT1:=J1/TERF1×SULY1; AKT2:=K2/TERF2×SULY2; AKT3:=F3/TERF3×SULY3;
    JC1:=JOST[2]/2; JC2:=JOST[3]/2; JC3:=JOST[4]/2;
    HEMA:=NHE×0.96×0.91; V10:=SMA[7];
    if V10>SMA[8] then V10:=SMA[8];
    VERT:=AKT2/V10×4×HEMA/100; SVERT:=VERT/SULY;
    PL1:=AKT1/JC1; PL2:=PL1/SULY; KA1:=VERT+PL1; KA2:=SVERT+PL2;
    for I:=1 step 1 until CSO do
    begin
      ELET[I]:=SMA[I+8]/SMA[9]/100;
      RADVA[I]:=(SVEMA[I+8]/4-SVEMA[I+12]/2×(100-VAHE[I]×0.96)/100)×
      100/VAHE[I]/0.96×VERT×100/AKT3;
    end;
  end program;
```

3. melléklet

Kettős jelölés Algol programjának perforálási utasitása

Változók bevitele alatt az általunk alkalmazott klinikai és méréstechnikai módszerre jellemző, a közleményben "állandó"-nak nevezett adatok bevitelét értjük. Ezeket az I.lyukszalag tartalmazza.

I. lyukszalag

1. standardok mérési ideje: percben	/ST/
2. standard minta térfogata /^{51}Cr/: ml-ben	/TERF 1/
3. standard minta térfogata /^{59}Fe/: ml-ben	/TERF 2/
4. standard össztérfogata /^{51}Cr/: ml-ben	/HIG 1/
5. standard össztérfogata /^{59}Fe/: ml-ben	/HIG 2/
6. 24 óra után vett plazmaminták mérési ideje: percben	/PLAST/
7. Vizsgálati napok száma /a napok száma a levett vérminták csőszámát jelenti a radioaktiv anyag beadásának napját kivéve/	/CSO/

Tömbök bevitelén az eljárás során mért, a közleményben változónak nevezett adatok bevitelét értjük. Ezeket a II. lyukszalag tartalmazza.

II. lyukszalag

1. sulyarány /^{51}Cr/	/SU[illegible] 1/
2. sulyarány /^{59}Fe/	/S[illegible]Y 2/
3. kezdeti haematokrit-érték	/NHE/
4. beteg sulya: kg-ban	/SULY/
5. a vizsgálati napokon mért haematokrit-értékek	/VAHE/
6. ^{51}Cr csatorna 4 db háttér adata /mérési idő: 5 perc/	/H 1/
7. ^{59}Fe csatorna 4 db háttér adata /mérési idő: 5 perc/	/H 2/
8. ^{51}Cr csatorna 8 db ^{51}Cr standard adata	/KST 1/
9. ^{59}Fe csatorna 8 db ^{51}Cr standard adata	/KST 2/
lo. ^{51}Cr csatorna 8 db ^{59}Fe standard adata	/FST 1/
11. ^{59}Fe csatorna 8 db ^{59}Fe standard adata	/FST 2/
12. ^{51}Cr csatornán mért adatok /a megadott sorrendben/	/MI 1/

Plasma-clearance adatok 6 db /kötelező mérési idő: 5 perc/

lo-2o perces véradat /4 ml/ 2 db /kötelező mérési idő: 5 perc/

Teljes napi vérek /4 ml/ CSO db /kötelező mérési idő: 5 perc/

Napi plazma adatai /2 ml/ CSO db /kötelező mérési idő: 5 perc/

13. ^{59}Fe csatornán mért adatok /a megadott sorrendben/ /MI 2/

Plasma-clearance adatok 6 db /kötelező mérési idő: 5 perc/

lo-2o perces véradat /4 ml/ 2 db /kötelező mérési idő: 5 perc/

Teljes napi vérek /4 ml/ CSO db /kötelező mérési idő: 5 perc/

Napi plazmák adatai /2 ml/ CSO db /kötelező mérési idő: 5 perc/

4. melléklet

Hármas jelölés Algol programjának perforálási utasitása

változók és tömbök bevitele: lásd 3. melléklet

I. lyukszalag

1.	standardok mérési ideje: percben	/ST/
2.	standard minta térfogata /^{125}I/: ml-ben	/TERF 1/
3.	standard minta térfogata /^{51}Cr/: ml-ben	/TERF 2/
4.	standard minta térfogata /^{59}Fe/: ml-ben	/TERF 3/
5.	standard össztérfogata /^{125}I/: ml-ben	/HIG 1/
6.	standard össztérfogata /^{51}Cr/: ml-ben	/HIG 2/
7.	standard össztérfogata /^{59}Fe/: ml-ben	/HIG 3/
8.	24 óra után vett plazmaminták mérési ideje: percben	/PLAST/
9.	vizsgálati napok száma /a napok száma a levett minták csőszámát jelenti radioaktiv anyag beadásának napját kivéve/	/CSO/

II. lyukszalag

1.	sulyarány /^{125}I/	/SULY 1/
2.	sulyarány /^{51}Cr/	/SULY 2/
3.	sulyarány /^{59}Fe/	/SULY 3/
4.	kezdeti haematokrit-érték	/NHF/
5.	beteg sulya: kg-ban	/SULY/
6.	a vizsgálati napokon mért haematokrit-értékek	/VAHE/
7.	^{125}I csatorna 4 db háttér adata /mérési idő: 5 perc/	/H 1/
8.	^{51}Cr csatorna 4 db háttér adata /mérési idő: 5 perc/	/H 2/
9.	^{59}Fe csatorna 4 db háttér adata /mérési idő: 5 perc/	/H 3/
10.	^{125}I csatorna 8 db ^{125}I standard adata	/JST 1/
11.	^{51}Cr csatorna 8 db ^{125}I standard adata	/JST 2/
12.	^{59}Fe csatorna 8 db ^{125}I standard adata	/JST 3/
13.	^{125}I csatorna 8 db ^{51}Cr standard adata	/KST 1/
14.	^{51}Cr csatorna 8 db ^{51}Cr standard adata	/KST 2/
15.	^{59}Fe csatorna 8 db ^{51}Cr standard adata	/KST 3/
16.	^{125}I csatorna 8 db ^{59}Fe standard adata	/FST 1/
17.	^{51}Cr csatorna 8 db ^{59}Fe standard adata	/FST 2/
18.	^{59}Fe csatorna 8 db ^{59}Fe standard adata	/FST 3/

19. ^{51}Cr csatornán mért adatok /lásd a 3. mellékletben megadott sorrendben/ /MI 1/
20. ^{59}Fe csatornán mért adatok /lásd a 3. mellékletben megadott sorrendben/ /MI 2/
21. ^{125}I csatornán mért adatok /lásd a 3. mellékletben megadott sorrendben/ /MI 3/

5. melléklet

Kettős és hármas jelölés kiiratási jegyzőkönyve

1. Kettős jelölés

átfedési hányadosok /A, B/	
beadott aktivitások cpm-ben ^{51}Cr, ^{59}Fe	/AKT 1, AKT 2/
vas-clearance adatok: cpm-ben	/SVEMA/
vörösvértest-térfogat: ml-ben	/VERT/
vörösvértest-térfogat: ml/kg-ban	/SVERT/
korrigált haematokrit-érték	/HEMA/
élettartam-adatok: %-ban	/ELET/
radioaktiv vas beépülése: %-ban	/RADVA/

2. Hármas jelölés

átfedési hányadosok /A 1, A 2, A 3, B 1, B 2, B 3/	
beadott aktivitások: cpm-ben ^{125}I, ^{51}Cr, ^{59}Fe	/AKT 1, AKT 2, AKT 3/
vas-clearance adatok: cpm-ben	/SVEMA/
1o-2o-3o perces plazma-minták ^{125}I-aktivitása: cpm/ml-ben	/JC 1, JC 2, JC 3/
plazma-térfogat: ml-ben	/PL 1/
plazma-térfogat: ml/kg-ban	/PL 2/
vörösvértest-térfogat: ml-ben	/VERT/
vörösvértest-térfogat: ml/kg-ban	/SVERT/
korrigált haematokrit-érték	/HEMA/
keringő vértérfogat: ml-ben	/KA 1/
keringő vértérfogat: ml/kg-ban	/KA 2/
élettartam-adatok: %-ban	/ELET/
radioaktiv vas beépülése: %-ban	/RADVA/

KONFERENCIÁK

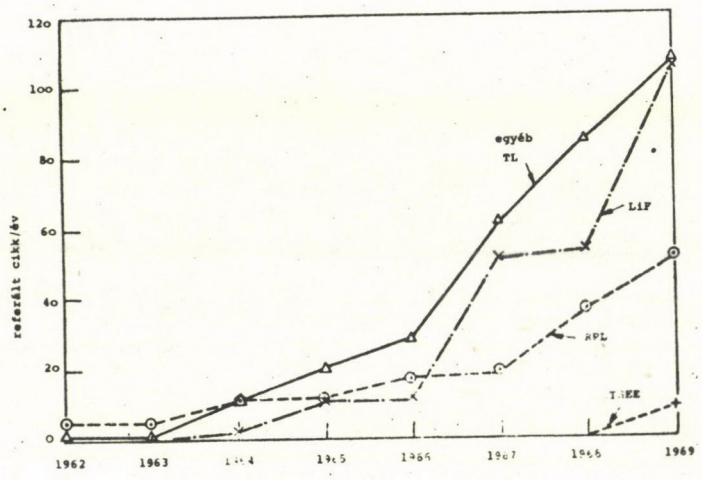
SYMPOSIUM ON NEW DEVELOPMENTS IN PHYSICAL AND BIOLOGICAL RADIATION DETECTORS / Ujabb eredmények a fizikai és biológiai dozimetriában/, Bécs, 1970.nov.23-27

A Nemzetközi Atomenergia Ügynökség szimpóziumán mintegy 70 előadás hangzott el. AZ előadások általános jellemzője az volt, hogy nem alapvető, általános kérdésekkel foglalkoztak, hanem elsősorban a sugárvédelemmel foglalkozó gyakorlati szakemberek számára fontos problémákat vitattak meg. Mintegy 80%-ban fizikai, 20%-ban pedig biológiai dozimetriával kapcsolatos előadások hangzottak el. A szimpózium teljes anyagának ismertetése nem célunk, hiszen az előadások és viták könyv formájában hozzá férhetők lesznek, csupán néhány, számunkra érdekesebb és feltehetőleg nagyobb érdeklődésre számot tartó eredményről kívánunk beszámolni, olyanokról, amelyek mind a jelenlegi kutatásainkkal, mind pedig a jövő feladatainkkal kapcsolatosak, és igy feltehetőleg felhasználhatók lesznek.

Általános a kis dózisok mérésének igénye. Ezzel kapcsolatban két irányban számoltak be eredményekről. Webb a Teledyne Isotopes Con-Rad Laboratóriumban kifejlesztett,teflonba ágyazott $CaSO_4$:Dy kedvező TL tulajdonságairól számolt be: $CaSO_4$:Mn-hoz hasonló nagy érzékenység és elfogadható fading. Hasonlóan nagy érzékenységü és ezenfelül még szövetekvivalens a Hashizume és munkatársai által ismertetett Mg_2SiO_4:Tb foszfor is. Ezek a szerzők 1 mR-ig megbizható /2-5%-os hibával/ történő mérésekről számoltak be,és ez a dozimétereк személyi dozimetria területén való kitünő alkalmazhatóságát látszik bizonyitani.

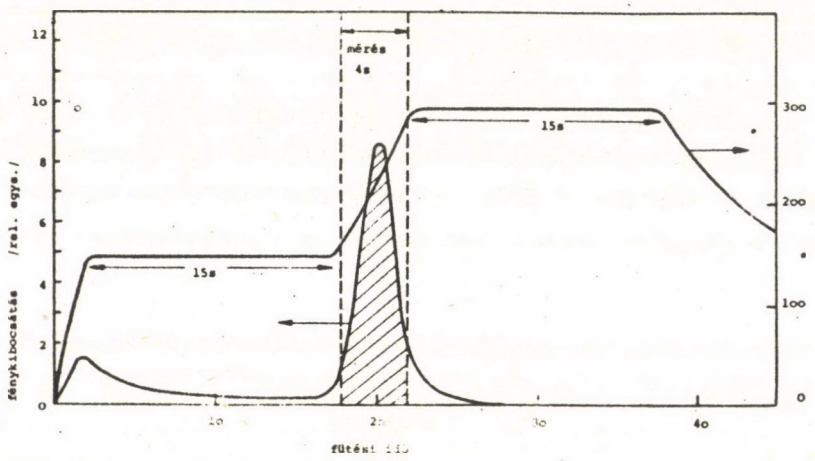
A szilárdtest-dozimeterek személyi dozimeterként történő felhasználásával kapcsolatos kutatások világszerte egyre inkább terjednek,és ezek a dozimeterek - a jelenlegi tendencia alapján - az elkövetkező néhány évben kiszorithatják a jelenleg legelterjedtebb filmdozimétert. Erre enged következtetni az utóbbi években megjelent közlemények száma is /1. ábra/.

Néhány érdekes eredményről számoltak be a TL kiolvasóberendezésekkel és kifütéssel kapcsolatban. Általánosan ismert nehézség, hogy a ma leginkább elterjedt LiF TL dozimeterek kifütésénél az előállitó cégek pontos kifütési utasitásokat adnak, hogy ezzel biztositsák a dozimeterek ismételt felhasználása esetén az alacsony predózist és a változatlan érzékenységet. A több szerző



1. ábra

A Nuclear Science Abstracts-ben referált TL, RPL és TSEE cikkek száma 1962-69-ben.



2. ábra

LiF-teflon dozimèterek "kétlépcsős izoterm" kifütésének vázlata.

által javasolt és alkalmazott "kétlépcsős izoterm" kifütésnek nevezett eljárás lényegét a mellékelt 2. ábra mutatja. Először történik a fadingért felelős alacsony hőmérsékletü TL csucsok kifütése - ezeket nem számolják -,majd a tulajdonképpeni kiolvasás következik, végül pedig,a harmadik szakaszban,a "kiégetés". Az eredmények biztatóak,és kétségtelenül elősegithetik azt, hogy a személyi dozimetriában film helyett TL dozimétert alkalmazzanak.

Érdemes megemliteni a Botter Jensen által ismertetett uj TL kifütési eljárást, amely a jó reprodukálhatóságot és hőkontaktust forró N_2 gáz befuvással biztositja.

A TSEE dozimetria kétségtelen előnye rendkivül nagy érzékenysége. Egyet kell azonban érteni Attix-szal abban, hogy ma még kétséges, hogy a befektetett energia megtérül-e. Nehézkes az alacsony dózistartományban a kiolvasás /ablak nélküli fotoelektron-sokszorozót alkalmaznak/,lo R felett pedig proporcionális számlálót alkalmaznak, itt tehát nincs semmi előnye a TL-lel szemben.

A személyi dozimetriával kapcsolatban még igen sok megoldásra váró feladat van, ezek közül csupán egy fizikai és egy biológiai jellegü kérdést szeretnénk érinteni.

Egyes hasadóanyagok /^{239}Pu, ^{235}U, ^{238}U, ^{237}Np/,hatáskeresztmetszet-energia görbéjük alapján,kiválóak neutrondozimetriai célokra. A szélesebb körü alkalmazhatóságot a "track dozimetria" kétségkivül elősegiti. További előrelépés az automatikus számlálás. Néhány szerző ezzel kapcsolatban végzett vizsgálatairól számolt be. Ma már feltétlenül elérkezettnek kell tartanunk ennek a kitünő dozimetriai rendszernek hazai bevezetését.

Végül néhány szóban szeretnénk beszámolni a biológiai dozimetriáról, illetve az ebből csak a leginkább ismert kromoszóma-aberrációval kapcsolatos vizsgálatokról. Ezt a vizsgálatot hazánkban dozimetriai célokra még nem végzik. Az aberrációk aránya /általában a dicentrikus aberrációt vizsgálják/,a dózistól a következőképp függ

$$Y = \alpha . D^n$$

n - értéke neutronokra 1, γ-sugárzásra n/1
Y - a dózisintenzitástól is függ,

tehát az egy adatból az elnyelt dózis kevert sugárzás esetén nem határozható meg. A vizsgálat rendkivül munkaigényes, pl. loo rad elnyelt dózis esetén $\pm$2o% S.D. elérése egy ember 3 napi munkáját igényli, ugyanez $\pm$lo% S.D.-nél 28 nap lenne. Mindezek tükrében igen értékes a francia kutatóknak az az ajánlata, hogy baleset kapcsán bárkinek, ingyen elvégzik ezt a vizsgálatot.

Zaránd Pál, Makra Zsigmond

ВСЕСОЮЗНОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОВЕЩАНИЕ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ УСКОРИТЕЛЕЙ В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ И В МЕДИЦИНЕ /Össz-szövetségi tudományos és müszaki konferencia a gyorsitók népgazdasági és orvostudományi alkalmazásáról/, Leningrád, 1971. febr.1-3.

A konferenciának a Szovjetunióból és a baráti szocialista országokból közel 400 résztvevője volt, akik 118 dolgozatot nyujtottak be. Az előadásokon kivül szükebb szakterületekről szemináriumszerü megbeszéléseket is szerveztek. Két szakmai látogatás - a leningrádi "Jefremov" Intézetbe és a leningrádi Onkológiai Intézetbe - gazdagitotta a programot.

A konferencia előadásai azt a célt szolgálták, hogy ismertessék, milyen paraméterekkel rendelkező gyorsitóberendezéseket fejlesztettek ki az alkalmazások céljaira a Szovjetunióban, hogyan és milyen célokra alkalmazzák ezeket, milyen speciális berendezésekkel egészülnek ki. A hangsuly általában a készülékeken volt, amelyek részben célberendezésként, konkrét feladat megoldására kerültek fejlesztésre. Körülbelül 40 különböző tipusu gyorsitóberendezést ismertettek, lineáris gyorsitókat, betatronokat, mikrotronokat, különböző direkt gyorsitókat.

Az alkalmazási területekkel foglalkozó előadások főbb területei a röntgensugaras anyagvizsgálat, néhány mezőgazdasággal kapcsolatos téma /pl. burgonyatartósitás, szemes termékek rovartalanitása stb./, technológiai folyamatoknál szerzett tapasztalatok /pl. müanyagok polimerizációs folyamatainál, papirgyártási, gumiipari eljárásoknál, polietilén térhálósitásnál stb./, orvostudományi eredmények, valamint γ-aktivációs analizissel nyert vizsgálati eredmények. Külön foglalkoztak különböző sugárzásfajták esetében a dóziseloszlás kérdésével, különösen betatronokkal kapcsolatban.

A berendezések üzembiztos müködésével, valamint gazdaságossági kérdésekkel foglalkozó előadások zárták be az érdekes konferenciát.

Kostka Pál

HIREK

NUKLEÁRIS ENERGETIKA

A Nemzetközi Atomenergia Ügynökség becslései szerint a fosszilis tüzelőanyag-tartalékok még néhány száz évig, az urán- és tóriumtartalékok még néhány ezer évig fedezik az emberiség energiaszükségletét. 1980-ban a világ energiatermelésének kb. 17%-át szolgáltatják az atomerőművek, ez az arány 2000-re 20% fölé emelkedik majd. Az atomerőművek kapacitása 1980-ban 3 500 000 MW lesz, 2000-ben már valószinüleg eléri a 4 300 000 MW-ot, a jelenlegi össztermelés négyszeresét.
Müszaki Élet,1971. február 19.

A hamburgi Elektromos Müvek már hét ipari atomerőművet létesitett. Ujabban földgázerőművet épit az egyre növekvő ipari energiaszükséglet fedezésére. Azért döntöttek a földgáztüzelésü erőmü mellett, mert beruházási költségei a legkisebbek az eddigi erőmütipusok között.
Magyar Hirlap, 1971. március 8.

Az NSZK Tudományügyi Minisztériuma nemrégiben közzétett tanulmánya szerint a vesztfáliai Hamm városban /Ruhr-videk/ hamarosan nagy hőmérsékletü tórium-reaktoros atomerőmü kezdi meg müködését. Teljesitménye 300 eMW lesz. 1961 és 1966 között 15 MW-os modell-erőművel folytatott kisérletek ösztönözték a kutatókat a "golyóhalmaz"-reaktor prototipusának megépitésére. A nukleáris tüzelőanyagot 6 cm átmérőjü golyószerü grafit hüvelyekbe helyezték, és ezeket beszórták a reaktor aknájába. Schulten professzor szerint igy lehetővé válik a reaktor folyamatos üzeme, ugyanis a kiégett golyókat folyamatosan lehet pótolni.
Müszaki Élet /Budapest/, 1971. március 19.

A hosszutávu japán energiatermelési program szerint az atomerőművekkel termelt energia 1990-re eléri az évi 760 milliárd kWó-t, ami az össztermelés 50%-a lesz, 2000-re pedig 1517 milliárd kWó-t, az össztermelés 17%-át.
MTI, 1971. március 19.

Az angol energiastrukturában jelentős változások észlelhetők a Financial Times Yearbook 197o/71 összeállitása szerint. A szénbányászat termelését csökkentették, az olaj és a földgáz sulya megnövekedett az energiahordozók között, a többi tőkés országot is lényegesen felülmulták az atomerőművek épitésében, ugy hogy az elektromos energiatermelés 13%-át jelenleg már nukleáris energiából fedezik. Az angol atomerőművek összteljesitménye jelenleg 5 387 MW, ami több, mint a többi európai tőkés ország atomerőműveinek együttes teljesitménye /az NSZK-ban például csupán 865 MW, Olaszországban 631 MW, Franciaországban 16ol MW/ sőt az Egyesült Államok atomerőműveinek teljesitménye is csak 6 371 MW, ami azt jelenti, hogy az amerikai atomerőművek egy lakosra jutó átlagos teljesitménye mindössze kb. egyharmada az angliainak.
Müszaki Élet, 1971. március 19.

A Nap az emberiség számára kimerithetetlen energiaforrás. Ha a földet érő napsugárzást 2o%-os hatásfokkal elektromos energiává tudnánk alakitani, akkor egy loo x loo km^2-es földfelszint napelemmel boritva fedezni lehetne a Föld jelenlegi összes elektromosenergia-igényét.

Hagyományos tüzelőanyagkészletek	$7.1o^{18}$	kalória /7 trillió/
nukleáris hasadóanyag-készletek	$144.1o^{18}$	"
napsugárzás évente	$looo.1o^{18}$	"

Magyar Hirlap, 1971. március 19.

IPARI IZOTÓPALKALMAZÁS, BÉKÉS CÉLU ATOMROBBANTÁS

A kolozsvári Stabil Izotópok Intézete kutatói a tordai üveggyár szakembereivel együttmüködve radioaktiv és stabil izotópos mérésekkel vizsgálták az optimális termelési paramétereket. A mérések alapján módositották az olvasztókemence konstrukcióját, megoldották a kiinduló anyagkeverék homogenizálását és az adagolásnak célszerü ritmusát.
Előre, 1971. január 19.

A kazahsztáni Gabonatermesztési Tudományos Kutató Intézet munkatársai sikeres kisérleteket folytatnak a szél eróziójának megakadályozására. A talajvédő vetésforgó és az évelő füvek talajkifuvást védő hatását radioaktiv izotópos talajvizsgálattal ellenőrzik.
Fáklya, 1971. március 7.

Izotópos tömörségmérő berendezés érkezik a Dél-dunántuli Vizügyi Igazgatóság talajmechanikai laboratóriumába, Pogányba.
Dunántuli Napló /Pécs/, 1971. március 13.

Az első békés atomrobbantási tervek szerint a nukleáris töltet alkalmazása sokkal gazdaságosabbnak látszik, mint a hasonló tolóerő elérése hagyományos TNT töltettel. A szovjet tervek a 112 km-es Pecsora-Volga csatorna, valamint egy északi-sarki ércbánya megnyitását célozzák nukleáris robbantással.
Az USA az ötvenes években végrehajtott "Gasbaggy" terv tapasztalatai alapján most Arizonában földalatti olajtároló kirobbantását tervezi. A francia kutatók, miután a Hoggar-hegységben végzett földalatti robbantási kísérleteikkel ellenőrizték a nevadai földalatti robbantások eredményeit, mérlegelni fogják az eljárás bányászati alkalmazását.
Müszaki Élet, 1971. február 19.

Panama semmi esetre sem fogadhatja el azt a tervet, hogy a Csendes- és az Atlanti-Óceán között az uj csatornát atomrobbantással épitsék meg, annak ellenére, hogy az atomenergia felhasználásával a csatornaépitkezés mindössze 75o millió, hagyományos módon pedig 3 milliárd dollárba kerülne.
MTI, 1971. március 13.

NUKLEÁRIS ORVOSTUDOMÁNY

A stanfordi /USA/ egyetem kutatóinak megállapitása szerint a π-mezonok hatszor-tizenkétszer hatásosabbak a rosszindulatu daganatok besugárzására, mint az eddig szokásos röntgen, ill. γ-besugárzás. A π-mezonokat uj tipusu szupravezető anyagokat felhasználó lineáris gyorsitóval tervezik létrehozni. A π-mezonok hatásmechanizmusa igen érdekes: a negativ töltésü π-mezon behatol a megcélozott szövetbe, negativ töltését átveszi a szén-, nitrogén-, oxigénatom. A π-mezon többi energiája α-részecskévé és protonokká alakul át. A környező szöveteket kevésbé kárositja a π-mezonos besugárzás.
Népszava, 1971. február 19.

Egy nyolcéves magyar kisfiu sulyos agydaganatát - amelynek következtében egyik szemére megvakult - megoperáltatni utazott Stockholmba a Karolinska kórházba. A tervezett mütét csak 5o%-os eredményt igért, ezért más megoldáshoz folyamodott az Olivecrona professzor irányitása alatt dolgozó orvoscsoport. A daganatba ágyazott radioaktiv izotóp segitségével próbálják megmenteni a kisfiu életét.
Esti Hirlap, 1971. március 6.

NEMZETKÖZI ESEMÉNYEK

A szovjet-amerikai stratégiai fegyverkorlátozási tanácskozások /SALT - Strategic Arms Limitation Talks/ a negyedik fordulóhoz érkeztek Bécsben. Szemjonov külügyminiszterhelyettes előzetes tájékoztatójában kiemelte, hogy "a kölcsönösen elfogadható megegyezés a stratégiai fegyverrendszerek korlátozásáról kétségtelenül elősegitené a nemzetközi feszültség csökkentését, ami nemcsak a Szovjetunió és az USA, hanem a világ minden népének érdeke."
MTI, 1971. március 15.

A genfi leszerelési bizottság 5o2. ülésén felszólalt Kőmives Imre, hazánk nagykövete. Miután áttekintette a nemzetközi politikai helyzetet, rámutatott arra, hogy a szovjet-amerikai SALT-tárgyalások igen nagy jelentőségüek a Genfben folyó általános leszerelési tanácskozások, valamint az európai biztonsági konferencia szempontjából, nagyban elősegitik a nemzetközi béke és biztonság ügyét.
MTI, 1971. március 19.

VEGYES HIREK

Az omszki Atomfizikai Kutató Intézet laboratóriumában hólével öntözték a gabonát, uborkát és a retket. Kiderült, hogy ezek a növények gyorsabban fejlődtek, mint a kontrollcsoport egyedei. Megfigyelték a kutatók, hogy a hólé az állatok növekedését is kedvezően befolyásolja, a borjaknál és a csirkéknél nagyobb volt a sulygyarapodás, mint az ivóvizzel itatott állatoknál. A kutatók a hólé asszimilációt elősegitő vegyi és biológiai hatását a nehézvíztartalomra vezetik vissza, amely 4o%-kal kevesebb a hólében, mint az ivóvizben.
Magyar Hirlap, 1971. március 1.

A Max Planck Intézet kutatói tengeri halakkal folytatott kisérletekkel kivánták igazolni azt a feltevést, hogy - mivel a tartós emlékek tárolásáért felelős fehérjék és ribonukleinsavak a nehézvizben sokkal állandóbbak, mint a természetes vizben - javitja az emlékezőképességet a nehézviz. Az eredmény egyertelmüen az volt, hogy a 25%-os nehézvizben élő halak emlékezése feltünően maradandóbb és tökéletesebb, mint a normális vizben élőké. Ebből a tényből messzire vezető következtetéseket nem szabad levonni, mivel a nehézviz nemcsak nagyon drága, hanem nagyobb mennyiségben legalább annyira mérgező is. A kisérletek igazolták azt a tényt, hogy a tartós emlékezet tárolása valóban nagymolekuláju vegyianyagok közvetitésével történik.
Élet és Tudomány, 1971. március 26.
/National Zeitung, Basel/

Az óceánok és tengerek vize összesen lo milliárd tonna aranyat tartalmaz a szovjet kutatók véleménye szerint. Megállapitották, hogy 4o különböző igen értékes elem gigantikus tárháza is a tenger, amelyek részben elemi állapotban , illetve bonyolult vegyületként fordulnak elő, nagyon jelentős a nehézviz és az urántartalom.
MTI, 1971. március 2.

A természet "órái" a radioaktiv izotópok, segitségükkel fontos információkat kaphatunk a multról. A rubidium 6o milliárd éves felezési idővel alakul stronciummá, ezt felhasználva állapitották meg a Baltimore környéki ásványmintáról, hogy 1 o5o millió éves és az itt előforduló biotit minták csupán 35o millió évesek. A metamorf kőzetekről is tájékoztat a rubidium; az 1,o5 milliárd évvel ezelőtt keletkezett kőzetről elárulta, hogy 7oo millió évvel később átalakult. A módszer alkalmazható meteoritek vizsgálatára is. Néhányról ki lehetett mutatni, hogy a Földnél előbb keletkezett valahol a világürben. A méréseket többféle izotóp felezési idejét összevetve ellenőrzik.
Delta, 1971. február

Az Apolló-12 ürhajó 12o13-as kőzetmintája a houstoni elemzések szerint anomáliát mutat, kb. negyvenszer annyi káliumot, tóriumot és uránt tartalmaz, mint a gyüjtemény többi kőzete. A metamorf kőzet uralkodó és egyben cementáló anyaga a gránit,és a benne előforduló ásványi anyagok a Hold tengereiből származó többi kőzettel mutatnak rokonságot. A rubidium-stroncium, kálium-argon kormeghatározási vizsgálatok szerint a kőzet 4 milliárd évvel ezelőtt keletkezett, de összetevői,jóllehet más formában, már százmillió évekkel korábban is léteztek; a gránitelemek négy és félmilliárd évesek, a benne lévő bazaltos ásványok pedig még idősebbek. A vizsgálatokból arra lehet következtetni, hogy valamikor régen, a Hold létezésének kezdeti időszakában valahol hatalmas gránitkészletek voltak. Ez az anyag azután ujra megolvadt, "kivált" eredeti helyéről, és négymilliárd évvel ezelőtt összekeveredett a bazaltos kőzetekkel.
Delta, 1971. március

A szovjet és a magyar tudományos akadémiák között tudományos együttmüködés keretében holdkőzet érkezett az MTA Központi Fizikai Kutató Intézetébe. A Luna-16 ürhajó kőzetmintáját neutronaktivációs analizissel vizsgálják meg a hazai kutatók, igy az egyéb eljárással ki sem mutatható nyomelemeket is meghatározzák.
Magyar Nemzet, 1971. április 4.

MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA

309.024

IZOTÓPTECHNIKA

14. ÉVFOLYAM 6. SZÁM

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA IZOTÓP INTÉZETE

2

IZOTÓPTECHNIKA

14. ÉVFOLYAM 6. SZÁM

BUDAPEST 1971. JÚNIUS

Szerkeszti és kiadja a Magyar Tudományos Akadémia Izotóp Intézete

A szerkesztő bizottság:

Bába Miklós
Fehér László
Földiák Gábor, a kémiai tudományok doktora /felelős főszerkesztő/
Gróz Péter
Gyimesi Zoltán
Illy József /titkár/
Kocsár László, az orvostudományok kandidátusa
Koncz József
Kovács Lórántné /munkatárs/
Máté Ferenc, a mezőgazdasági tudományok kandidátusa
Medveczky László, a fizikai tudományok kandidátusa

A szerkesztőség cime: MTA Izotóp Intézete, Bp. 114. Pf. 77. Telefon: 166-547/154

Számunk irói:

Grablevszkij, V.N.
A KGST Titkárság Atomenergia Békés Felhasználási Osztálya

Fehér László
Fővárosi Közegészségügyi és Járványügyi Állomás, Budapest, XIII., Váci ut 174.

Bálint Tibor, a kémiai tudományok kandidátusa
Magyar Ásványolaj- és Földgázkisérleti Intézet, Veszprém

Bod László
MTA Központi Fizikai Kutató Intézete, Budapest, XII., Konkoly Thege M. ut.

Pavlicsek István, Horváth Zsuzsanna, Veres Árpád, a fizikai tudományok doktora
MTA Izotóp Intézete, Budapest, XII.,Konkoly Thege M. ut.

Szabó László
Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézet, Budapest, XXII.,Bfok. Pentz K. 5.

Felelős kiadó: Földiák Gábor, az MTA Izotóp Intézetének igazgatója

Készült a MTA Központi Fizikai Kutató Intézetének házi sokszorositójában F.v.: Gyenes Imre

Eng. sz.: III/4oo/s/215/71. Budapest
1971. 6. szám

Index-szám: 25.399
Törzsszám: 71-5665

Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető bármely postahivatalnál, a kézbesitőknél, a Posta hirlapüzleteiben és a Posta Központi Hirlap Irodánál /KHI Budapest V. József Nádor tér 1./ 215-96162 pénzforgalmi jelzőszámára.

Évi előfizetési dija: 24o.- Ft

Egyes szám ára: 2o.- Ft

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA KÖNYVTÁRA

T A R T A L O M

Sugártechnikai együttmüködés a KGST-ben 5
Grablevszkij, V.N.

Сотрудничество в области радиационной техники в рамках СЭВ
COMECON cooperation in radiation technique

Biológiai radioaktiv hulladékok kezelése 13
Fehér L.

Обработка биологических радиоактивных отходов
Handling of biological radioactive wastes

Radioaktiv izotópok alkalmazása a Magyar Ásványolaj- és Földgázkisérleti Intézetben 21
Bálint T.

Применение радиоактивных изотопов в Венгерском институте по исследованию нефти и нефтяного газа
The use of radioisotopes in the Hungarian Oil and Gas Institute

Nagy γ-intenzitasok mérési módszereinek összehasonlitása. I..26
Pavlicsek I., Bod L., Horváth Zs., Veres Á.

Сравнение методов измерения мощности доз мощных γ-излучений
Comparison of methods for determining high γ-dose rates

Radioaktiv izotópok biológiai hatásának vizsgálata csirkeembrió transzfer ribonukleinsavain 42
Szabó L.

Исследование биологического влияния радиоактивных изотопов на трансферных рибонуклеиновых кислотах цыплячих зародышей
Investigation of the biological effects of radioisotopes on the transfer ribonucleic acids of chicken embryo

HIREK 49

Sugártechnikai együttmüködés a KGST-ben

GRABLEVSZKIJ, V.N.
A KGST Titkárság Atomenergia Békés Felhasználási Osztálya

A KGST Atomenergia Állandó Bizottsága uj sugártechnikai munkaszerve a Tudományos és Müszaki Koordinációs Tanács, amely a gyógyászati termékek sterilezését, polimerek ojtását, faanyagok módositását, valamint mezőgazdasági termékek és élelmiszerek tartósitását tekinti az iparba bevezetendő legfontosabb sugárzásos folyamatnak.

Сотрудничество в области радиационной техники в рамках СЭВ
Граблевский, В.Н.
Новый рабочий орган Постоянной комиссии по применению атомной энергии в мирных целях СЭВ, Координационный научно-технический совет по радиационной технике и технологии считает следующие радиационные процессы наиважными во внедрении в промышленность: стерилизация медицинских изделий, сшивание полимеров, получение древесно-пластических материалов, обработка пищевых и сельскохозяйственных продуктов.

COMECON cooperation in radiation technique
Grablevskiy, V.N.
A new organ of the Standing Commission for the Peaceful Uses of Atomic Energy of the COMECON, the Scientific and Technical Coordination Council for Radiation Technique and Technology considers the following processes as having the widest perspectives when applied in industry: sterilization of medical products, polymer grafting, wood modification and the preservation of foods and agricultural products.

A sugárzásos folyamatok a fejlett országok iparában egyre nagyobb jelentőséget kapnak. Az ötvenes évektől a KGST tagállamok széles körü kutatómunkát kezdtek a sugártechnika ipari bevezetése érdekében. Ez nagyvolumenü tudományos-müszaki kutatást és anyagi ráforditást igényel, amelyet természetszerüleg nem tud egy ország rövid idő alatt, nemzetközi kooperáció nélkül megvalósitani.

Ezzel kapcsolatban első lépésként az Atomenergia Békés Felhasználásával Foglalkozó Állandó KGST Bizottság már 1966-tól az egyes országokban folyó munka koordinálására összpontositotta figyelmét. E cél érdekében kidolgozta a sugárzástechnika és -kutatás fő irányaira vonatkozó tudományos-müszaki kutatások koordinálásának 1966-197o. évi tervét. A koordinációs terv eredményeként lehetővé válik, hogy mind szélesebb körben hasznositsák a KGST tagállamok a sugárzásos folyamatokat és berendezéseket.

A KGST tagállamok együttmüködési formái a sugártechnika területén 197o-ig nem a legmegfelelőbbek voltak. A szakértői értekezletek és szimpóziumok nem vezettek a közös munka tényleges szervezéséhez, nem küszöbölték ki a kutatómunka káros párhuzamos jellegét, nem nyujtottak lehetőséget ahhoz, hogy

közös erőfeszitéssel lehessen megoldani a sugártechnikai folyamatok ipari bevezetésének feladatát.

Az Állandó Bizottság, a KGST XXIII. rendkivüli ülésszakának határozataitól vezérelve, 1969. októberi, rendkivüli ülésén a legfontosabb feladatok közé felvette a "Komplex program" keretében "Az érdekelt országok tudományos-müszaki együttmüködésének uj formáira és módszereire vonatkozó javaslat és prognózis kidolgozása, konkrét technológiai folyamatok kisérleti és ipari besugárzó berendezéseinek létrehozására" c. témát.

Határozat született továbbá arról, hogy a KGST tagállamok szakértőiből ideiglenes munkacsoportot kell létrehozni, konkrét javaslatok előkészitésére. A munkacsoportot megbizták, hogy készitsen jelentést a KGST tagállamokban folyó sugárzásos folyamatok és berendezések bevezetésének helyzetéről és távlatairól.

A Bizottság ezen az ülésen határozatot hozott a sugártechnikával és -technológiával foglalkozó KGST tagállamok Tudományos-Müszaki Koordinációs Tanácsának /TMKT/ létrehozásáról.

197o-ben a munkacsoport elkészitette a jelentést, amelyet az Állandó Bizottság XIX. ülésén megvitattak és jóváhagytak.

A jelentés rámutat a nagy sugárforrások alkalmazásának távlati fő irányaira, tartalmazza a KGST tagállamokban müködő és a megvalósitás stádiumában lévő, részben üzemi jellegü besugárzó állomások főbb jellemzőit, és ismerteti az iparban 1975-ig bevezetésre kerülő folyamatok adatait, valamint az 1975-8oas évekre tervezett kapacitásbővitést.

A jelentésből kiderül, hogy a KGST tagállamok együttmüködésében jelenleg a fő figyelmet a sugárzásfolyamatok ipari bevezetésére kell forditani.

Ugyanakkor arra is rámutat, hogy az együttmüködés szerkezeti formáit is meg kell határozni, amelyek lehetővé tennék, hogy a sugárzásos folyamatok bevezetésében rövid idő alatt lehessen eredményt elérni. Az együttmüködés lehetséges formái között van a nemzetközi besugárzó központ felállitásának a terve is, valamint közös kutatások a KGST tagállamokban már üzemelő besugárzó állomásokon, de más módszerek és formák is.

A Bizottság XIX. ülésén jóváhagyta a KGST tagállamok sugártechnikai és -technológiai kérdéseivel foglalkozó TMKT ügyrendjét.

Az ügyrend szerint a Tanács célja, hogy sokoldalu együttmüködés megszervezésével segitse a KGST tagállamok sugártechnikájának és -technológiájának fejlesztését a sugártechnikai folyamatok, félüzemi és ipari berendezések megismerése a népgazdaság mind több ágazatában.

A TMKT a következő kérdésekben szervez többoldalu együttmüködést:

- sugártechnika és -technológia fejlődési irányainak prognosztizálása;
- sugárzásos folyamatok ipari alkalmazásának bevezetése az elért tudományos eredmények alapján;
- alkalmazott jellegü kutatások koordinálása;
- sugárzásos folyamatok technológiai és berendezéstechnikai kivitelezésének közös munkái;
- tapasztalat- és információcsere, információs anyagok rendszerezése és gyüjtése;
- müszaki-tudományos konferenciák, szimpóziumok, értekezletek szervezése;
- szabványositás és egységesitás a sugártechnika területén;
- besugárzó berendezések és besugárzással előállitott termékek termelésének kooperációja és szakositása;
- káderképzés.

A Tudományos-Müszaki Koordinációs Tanács ezév áprilisában megtartott első ülésén körvonalazta a kitüzött feladatok megvalósitásának utját. Különös figyelmet szentelt az 1975-ig szóló együttmüködési programnak. Az 1975-ig tartó időszakban az országok erőfeszitéseit négy sugártechnikai folyamat ipari bevezetésére célszerü koncentrálni: a gyógyászati termékek sterilezésére, polimerek ojtására, faanyagok modifikálására, valamint mezőgazdasági és élelmiszertermékek tartósitására.

Ezért előirányozta, hogy 1971-ben a fenti sugártechnikai folyamatokról jelentések készüljenek, amelyek tartalmazzák:

- a konkrét sugártechnikai folyamatok realizálásának, vagy kidolgozásának helyzetét a világszinvonalon;
- a szükséges müszaki-gazdasági számitásokat;
- az illető folyamatnak az érdekelt országok népgazdaságába való bevezetésére vonatkozó javaslatot, a konkrét szervezeti intézkedések feltüntetésével.

Az együttmüködési program előirányozza, hogy a jelentések megvitatása és a sugártechnikai folyamatok ipari méretü megvalósitására vonatkozó javaslatok kidolgozása után a következő években /1972-1975./ hozzá lehet kezdeni az ipari besugárzó állomások müszaki dokumentációjának kidolgozásához és az állomások felépitéséhez. Ezekben az években egyidejüleg kell, hogy meghatározzák a besugárzó berendezések és a besugárzott termékek szakositásának és termelése kooperációjának kérdéseit.

A konkrét sugártechnikai folyamatok bevezetésére vonatkozó jelentésekkel párhuzamosan a TMKT foglalkozik még a nagy sugárforrások ipari alkalmazása müszaki-gazdasági alapjainak kidolgozásával is. Már a második ülésen napirendre tüzik az e témáról készült jelentést.

1972-74-re tervezik a gyógyászati anyagokat és termékeket sugárzással sterilező berendezésekkel szemben támasztott műszaki követelmények kidolgozását.

Célszerünek látszik egységes terminológiát kidolgozni a sugártechnika és a sugártechnológia területén.

Az 1975-ig szóló együttmüködési programban előirányozták a sugártechnika és -technológia fő irányainak és fejlődésének tudományos prognózisa kidolgozását; javaslat készül a besugárzó állomások, sugárforrások, ellenőrző módszerek, csomagolás stb. szabványositására és egységesitésére. Megjegyzendő, hogy sugárzásos folyamatoknak és berendezéseknek elkövetkező intenziv bevezetése megfelelő propagandát és tájékoztatást igényel, amelyben segitségünkre lehet a sajtó, a rádió, a televizió és a film is. 1972-74-re előirányozták a megfelelő intézkedések kidolgozását és végrehajtását.

Célszerünek látszik, hogy az alkalmazott jellegü kérdésekről konferenciákat és szimpóziumokat szervezzenek. Igy például 1972-ben a Magyar Népköztársaságban tartják a tagállamok első konferenciáját a nagy besugárzó állomások ipari bevezetéséről.

A KGST tagállamoknak a sugárzásos folyamatok és berendezések területén való együttmüködése távlatairól szólva /amelynek kezdetét a TMKT létrehozásától és az 1975-ig szóló együttmüködési program kidolgozásától számitjuk/, meg kell jegyezni, hogy a sugárzásos folyamatok ipari méretü alkalmazása az atomenergia népgazdasági alkalmazásának egyik legfontosabb utja lehet.

Az Atomenergia Békés Felhasználásával Foglalkozó Állandó KGST Bizottság még 1961-ben megjegyezte, hogy amig az atomenergiával müködő villamos erőmüveket nem használják széles körüen, az atomenergia békés felhasználásának hatékonyabb utja a sugárzás alkalmazása lesz, pontosabban,illetve részben az anyagok sugárzásos feldolgozása a vegy -, az élelmiszeriparban és a mezőgazdaságban, miután ez a népgazdaság számára gazdasági eredménnyel jár.

A sugárzásos folyamatok széles körü felhasználására jelenleg rendelkezésre áll a szükséges energetikai bázis; ismeretes, hogy az atomiparban összegyülemlett radioaktiv hulladékokból származó aktivitás több, mint amennyi szükséges. A magenergetika folyamatos fejlődésével kapcsolatban elkerülhetetlenül növekszik a radioaktiv hulladékmennyiség, amely a legolcsóbb magenergiát tartalmazza.

Ennek az óriási tartaléknak ipari alkalmazása komoly eredménnyel járhat, csökkenhet a kiégett fütőanyag kémiai feldolgozásának önköltsége, következésképpen közvetve csökken a nukleáris villamosenergia önköltsége. Továbbá a radioaktiv hulladék ipari felhasználása azért is jelentős, mert a hasadványtermékek tárolása komoly probléma, amelynek megnyugtató megoldásához egyre na-

gyobb anyagi befektetés szükséges.

Jelenleg az ipari sugárzásos folyamatoknál és a kutatásban főként ^{60}Co sugárforrást használnak. Ez azzal magyarázható, hogy a sugárforrás gyártása és tömör lezárása aránylag könnyü feladat, és könnyü vele dolgozni.

Ugyanakkor távlatilag széles lehetőség nyilik a ^{137}Cs sugárforrás felhasználására is, elsősorban abból a megfontolásból, hogy a ^{137}Cs izotópnak a ^{60}Co izotóppal összehasonlitva nagy a felezesi ideje, tehat csökken az ipari berendezés üzemeltetési költsége. Ezenkivül a ^{137}Cs sugárforrások alkalmazása lényegesen csökkenti a berendezés védelmi költségét is. A ^{137}Cs sugárforrás gyártásának költsége erősen függ a termelés volumenétől. Rendelkezésre állnak olyan adatok, amelyek arra engednek következtetni, hogyha a ^{137}Cs sugárforrás termelését tizszeresére lehet növelni, akkor a 1 Ci árát a tizedrészére lehet csökkenteni. Az alkalmazandó sugárforrások ára meghatározó szerepet játszik a sugárzásos folyamatok ipari alkalmazásában, mivel a nagy besugárzó állomások költségének 5o%-a a sugárforrásból származik.

A hasadványtermékekből előállitott β-sugárforrásokat gyakorlatilag nem alkalmazzák, bár nagyon perspektivikusak a ^{90}Sr, ^{3}H és ^{85}Kr β-sugárforrással végzett olyan kutatások, amelyek során vékony polimerfilmeket sugároztak be a célból, hogy gázfázisu reakciók iniciálásával bonyolult alaku termékek bevonatait száritsák.

Jelenleg, amikor az a feladat, hogy a laboratóriumi kutatásokról áttérjünk a félüzemi kisérleti ipari felhasználásra, különös figyelmet kell szentelni a berendezések tervezésének és létrehozásának, miután a gyakorlati ipari alkalmazásban meghatározó szerepe lesz az anyagi-müszaki bázisnak.

Ismeretes, hogy lényeges elvi különbség van az ipari méretü folyamatokhoz és a kutatásokhoz szükséges berendezések között.

A legfontosabb különbség talán az, hogy a kisérleti berendezések univerzálisak kell, hogy legyenek, mig az ipari berendezéseknek csak az adott folyamat adott termelékenységü elvégzését kell biztositaniok. Különbség származik abból is, hogy a kutatóberendezés hatékonysága nem elsődlegesen fontos, mig az ipari berendezéseknél a termelékenységi és gazdaságossági mutatók az első helyet foglalják el. Ez azt jelenti, a jelenlegi stádiumban különleges jelentőséget kap az ipari berendezések müszaki-gazdasági mutatóinak tanulmányozása.

Ezzel kapcsolatban a TMKT kellő figyelmet kiván szentelni az ipari sugárzásos folyamatok müszaki-gazdasági aspektusainak és a berendezések létrehozásának.

A TMKT munkatervében szerepel az egyes konkrét sugárzásos folyamatok ipari bevezetéséről készitett jelentések megvitatása.

Az első helyen szerepel a gyógyászati termékek sugárzásos sterilezésének megvitatása. Ez nem véletlen. Ismeretes, hogy az ionizáló sugárzás sterilezésre való felhasználásának gondolata több mint 5o évvel ezelőtt merült fel. Az utóbbi években a sugárzásós sterilezés némely országban gyógyászati iparrá nőtte ki magát. A világon létező ipari besugárzó állomásoknak mintegy a fele a gyógyászati termékek sterilezésére szolgal.

Ez azzal magyarázható, hogy a meglévő és a jelenleg alkalmazott hő- és kémiai sterilező módszerek több esetben nem elégitik ki a modern gyógyászat követelményeit. Csak a sugárzásos sterilezés alkalmas az egyszeri felhasználásra kerülő nagy mennyiségü gyógyászati termékek sterilezésére. Ha figyelembe vesszük, hogy az uj szintétikus anyagok és sok gyógyászati preparátum sem birja ki a kémiai és hőkezelést, válik nyilvánvalóvá, hogy a sugárzásos sterilezés jelenleg a legcélszerübb sterilezési eljárás.

A sugárzásos sterilezés fő előnye, hogy lehetőséget nyujt előzetesen becsomagolt, termolabilis preparatumok és anyagok különböző méretben történő, folyamatos sterilezésére.

Több országban az egyszeri felhasználásra kerülő gyógyászati segédeszközök /tük, fecskendők stb./ sugársterilezését széles körüen alkalmazzák a gyógyászati gyakorlatban. A gyógyászati termékek sugársterilezésének előnyei annyira egyértelmüek, hogy felhasználása évről évre terjed. A sugársterilezett egyszeri felhasználásu fecskendők alkalmazása gyakorlatilag megszünteti a rertőzés lehetőségét, elsősorban a hepatitiszét, amely felléphet a hagyományos üvegfecskendő használatakor. A sugárzásos sterilezés kinőtte kisérleti jellegét. A világviszonylatban kialakult gyakorlat azt mutatja, hogy lehet és szükséges ezt a módszert széles körben, ipari méretekben alkalmazni. Meg kell jegyezni, hogy a sugársterilezés bevezetése a besugárzó berendezés épitése miatt tőkebefektetést igényel, ugyanakkor e költségek rövid idő alatt megtérülnek, és a sugárzásos sterilezés önköltsége kisebb lesz, mint a hagyományosé.

A TMKT által megvizsgálandó fontos kérdések között szerepel az élelmiszerek és mezőgazdasági termékek sugárzásos feldolgozásának problémája. Ez a probléma különösen nagy jelentőségü: majdnem minden ország érdekelt benne, és saját lehetőségükhöz képest kisérleteket is folytatnak. Az élelmiszerek besugárzása is nagyon fontos, hiszen a föld lakosainak nagyütemü növekedése miatt az élelmiszertartósitás és tápértékmegőrzés egyre égetőbb feladat, mivel az élelmiszertermelés nem tart lépést a kereslettel.

Annak ellenére, hogy az élelmiszerek sugárzásos tárolási módszere kételyeket támaszt, néhány országban az egészségügyi szervek mégis engedélyezték többféle besugárzott élelmiszer forgalmazását. A besugárzott élelmiszerek

egészségügyi értékeléséhez nagy tudományos munkát végeztek. E kutatások jelentősége abban van, hogy az ionizáló sugárzással végzett terméktartósitás hatására előálló változások mások, mint a hagyományos konzerválási módszereknél fellépők. Azért is jelentősek, mert az ionizáló sugárzás hatására előálló szervezetkárosodás előtérbe helyezte azt a kérdést, hogy a besugárzott termékek közvetve nem okoznak-e hasonló károsodást. Végezetül azért is fontosak e kutatások, mert az emberi táplálkozásra vonatkozó fiziológiai és biokémiai ismereteink jóval nagyobbak jelenleg, mint a hagyományos konzerválási módszerek bevezetésekor voltak.

Világosan látszik, hogy a fa- és müanyag anyagok sugárzásos ipari kezelésének bevezetésével kapcsolatos ajánlás kidolgozása nem véletlenül vált a TMKT egyik fontos feladatává. Ez a folyamat lehetőséget nyujt gyakorlatilag uj anyag előállitására, természetesen jobb paraméterekkel, mint amilyenekkel a nyersanyag faféleségek rendelkeznek. Ez a módszer több országban széles körben elterjedt.

A KGST országok együttmüködése a következő években két irányu kell, hogy legyen:

- különböző sugárzásos folyamatok ipari bevezetése;
- a sugárhatáskémia tudományának és technikájának fejlődésére irányuló prognosztizálás.

Ki kell dolgozni a fejlődés prognózisát minden lehetőség szerint a magkémiai folyamatoknál, a bevonatok kezelésénél, állóvizek tisztitásánál, ipari hulladékkezelési és más folyamatoknál.

A sugárkémiai folyamatok azért jelentősek, mert egyes kutatók prognózisa szerint már századunk végén a magkémiai reaktorokban olyan ipari méretü folyamatok mennek végbe, mint a levegő nitrogénjének tetroxid formában való megkötése, a szén-dioxid felbontása szén-monoxidra és oxigénre, hidrogén-peroxid és hidrogén előállitása vizből stb.

Ha a hasadványtermékek energiatartalékának felhasználásával sikerül kifizetődő uj, nagyenergiáju vegyületeket előállitani, elkerülhetővé válik, hogy bányászott fütőanyagot égessünk el anyagok termelésére.

A sugárzásos folyamatok bevezetése lehetőséget nyujt uj, előre megadott tulajdonsággal rendelkező, kiváló minőségi áruk előállitására, amelyek az adott területen megtakaritást eredményeznek. Ezért a sugárzásos folyamatok alkalmazásakor a gazdasági hatékonyság értékelésekor nem szabad figyelmen kivül hagyni azokat a megtakaritásokat, amelyek az adott termék előállitásakor a népgazdaság más iparágában jelentkeznek.

Nem feltétlenül szükséges, hogy a sugárzásos folyamatok olcsóbbak legyenek a hagyományos kezeléseknél, ill. folyamatoknál. Figyelembe kell venni a

folyamat előtti és utáni költségkihatásokat is. A sugárkémiai folyamatok magreaktorok alkalmazásával történő felhasználása vegyitermékek ipari előállitására ma még a kutatás stádiumában van, ugyanakkor távlatilag ez a probléma olyan jelentős lehet, mint a magreaktorokkal történő viztisztitás, azaz édesviz-előállitás vagy az atomrobbantások békés célu felhasználása. A legnagyobb problémát a gazdasági korlátok leküzdése jelenti.

A sugárzás széles körü felhasználása feltételeinek megteremtése érdekében erőfeszitéseinket feltétlenül azokra az anyagokra kell koncentrálnunk, amelyeket csak sugárzással lehet előállitani, amelyekre egyedi vagy jobb tulajdonságaik miatt megemelt árakat lehet megállapitani.

Összefoglalva megállapithatjuk, hogy a sugárzásos folyamatok ipari bevezetésének fő problémái a következők:

- a sugárforrások,
- a gazdasági mutatók,
- a kvalifikált szakemberek,
- a kész termékek piaca.

Biológiai radioaktiv hulladékok kezelése

FEHÉR L.
Fővárosi Közegészségügyi és Járványügyi Állomás, Budapest

Az alkalmazott módszerek a formalinnal konzervált állati tetemeknek betonba, gipszbe és bitumenbe való ágyazásán alapulnak.

Обработка биологических радиоактивных отходов
Фехер, Л.
Применяемые методы основываются на вкладывании консервированных формалином животных падалей в бетон, гипс и битумен.

Handling of biological radioactive wastes
Fehér, L.
The applied methods are based on the embedment of formaline conservated carcases into concrete, plaster and bitumen.

Biológiai kisérleteknél felhasznált radioaktiv izotópokból előálló hulladékok kezelése több, az egyéb radioaktiv hulladékok kezelésétől eltérő problémát is felvet. A hulladék biológiai jellegénél fogva - a bakteriális fertőzöttség miatt - a rothadás veszélyével is kell számolni. A bomlás során keletkező gázok radioaktiv anyagokat is tartalmaznak, amelyek a környezet szennyeződését okozhatják. A biológiai radioaktivhulladék-feldolgozás legelőnyösebb módszerének a hamvasztás látszik, amely megszünteti a hulladék biológiai jellegét, csökkenti térfogatát és kedvező tárolási lehetőséget is biztosit. A hamvasztóberendezés létesitésére, üzemeltetésére nem rendelkezünk tapasztalatokkal. Az idevonatkozó külföldi adatok, valamint az a körülmény, hogy hazánkban az évente keletkező biológiai hulladék mennyisége viszonylag csekély, azt eredményezte, hogy a biológiai radioaktiv hulladékok eltávolitását egyéb módszerekkel próbáljuk megoldani. Nem indokolja hamvasztóberendezés létesitését a szilárd radioaktiv hulladékok mennyisége sem. Az évente begyüjtött szilárd hulladéknak /7o-8o m^3/ mintegy 4o%-a nem éghető.

Biológiai hulladékok főbb jellemzői

Orvosi kutatásoknál, élettani vizsgálatoknál, gyógyszerkutatásban és állattenyésztési kutatásban a radioaktiv nyomjelzéses technikának nagy szerepe van. Az alkalmazás során a radioaktiv izotóppal kezelt állatok tetemeit fajlagos aktivitásuktól függően radioaktiv hulladékként kell kezelni. A biológiai radioaktiv hulladék minimális fajlagos aktivitására vonatkozóan, az MSZ 62-69.sz. "Radioizotópok sugárzása elleni védelem" c. szabványnak a szilárd radioaktiv hulladékokra megadott előirásait kell figyelembe venni. Ezen értelmezés alapján, radioaktiv hulladéknak akkor tekintjük a biológiai hulladékot, ha a fajlagos aktivitása több mint looo-szerese az ivóvizre megadott MMK értéknek.

A mérőmüszerek tökéletesitésének eredményeként az állatkisérleteknél felhasznált izotópok egyszeri mennyisége csökkenő tendenciát mutat.

E körülmények következtében az előálló biológiai hulladék egy része nem tekinthető radioaktiv hulladéknak. Az ilyen alacsony fajlagos aktivitásu állati tetemek azonban közfogyasztásra, állatifehérje-feldolgozásra nem bocsáthatók.

Megengedhető, hogy a biológiai hulladékokat a keletkezés helyén kazánházakban égessék el, illetve hogy dögkutakba távolitsák el. Tapasztalataink szerint, a munkahelyeken tárolt biológiai hulladékok egy részének fajlagos aktivitása nem éri el a radioaktiv hulladékokra megállapitott értéket. Amikor a kisérleti feldolgozáshoz kivántunk biológiai hulladékot begyüjteni, kitünt, hogy az adott munkahelyen több éven át radioaktiv hulladékként tárolt hulladék közönséges hulladékként kezelhető.

A munkahelyeken keletkező biológiai hulladéknak az a része, amely 3o napnál rövidebb felezési idejü radioaktiv anyaggal szennyezett, szintén nem igényel központi kezelést, hanem a helyszinen a lebomlás után hasonlóképp távolitható el, mint az egyéb, nem radioaktiv hulladéknak minősülő biológiai hulladék. Olyan esetekben, amikor a rövid felezési idejü izotóppal szennyezett állati tetemek tárolása a lebomlásig nehézségekbe ütközik /ló, tehén stb./, az egészségügyi hatóságok engedélye alapján a hulladék közvetlenül dögkutakba távolitható el.

Központi kezelést, tárolást igénylő biológiai radioaktiv hulladék évi mennyisége, hazánkban 4-5 m^3. A hulladék megoszlása a szennyezést okozó radioaktiv izotópok szerint - 5 évre vonatkoztatva - a következő:

1. táblázat

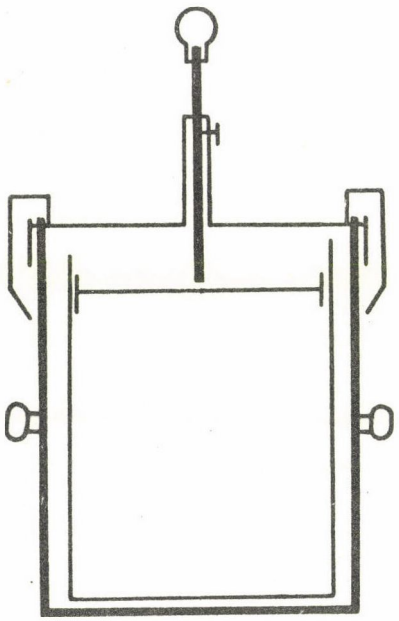
Izotóp megnevezése	Az összes hulladék mennyiségéhez viszonyitva %-ban
^{3}H	6,1
^{14}C	31,5
^{22}Na	1,9
^{35}S	15,5
^{45}Ca	2,o
^{51}Cr	8,2
^{59}Fe	4,8
^{65}Zn	8,4
^{9o}Sr	3,5
^{2o4}Tl	14,7
egyéb	3,4

A hulladékok fajlagos aktivitása 5-o,ol μCi/g biológiai szövetérték között van.

A hulladékkezelés szempontjából figyelembe kell venni a hulladékot alkotó állati tetemek anyagát is. A biológiai radioaktiv hulladékok megoszlása 5 évre vonatkoztatva állati tetemek szerint a következő:

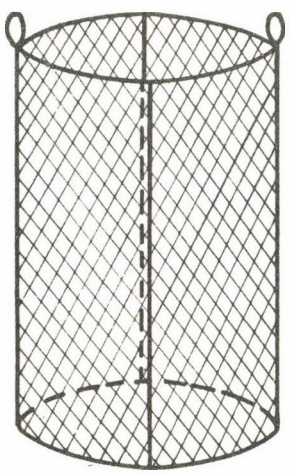
2. táblázat

Állat	Az összes hulladék mennyiségéhez viszonyitva %-ban
egér	4,7
patkány-tengerimalac	7o,6
nyul-macska	1o,8
sertés-kutya	11,9
ló, szarvasmarha	2,o



1. ábra

Biológiai radioaktivhulladék-gyüjtő.



2. ábra

Biológiai radioaktiv hulladék gyüjtésére szolgáló kosár.

Biológiai radioaktiv hulladékok munkahelyi gyüjtése és tárolása

A munkahelyeken keletkező biológiai radioaktiv hulladékot a biológiai bomlás megakadályozása érdekében - a kialakult gyakorlatnak megfelelően - 5%-os formalinoldatban tárolják, mégpedig hosszabb ideig. A huzamosabb tárolásnál azonban a formalinkoncentráció csökken, és a rendszerben fehérjereakciók mennek végbe, oxidáció következtében a nem megfelelő körülmények között tárolt állati tetemek utófertőzés veszélye közben biológiai bomlásnak indulnak. A laboratóriumok gyüjtő- és tárolóedényzetként üvegedényeket, tejeskannákat stb. alkalmaznak. A kisérleti feldolgozás alkalmával tapasztaltuk, hogy a szükülő nyaku edények nem alkalmasak biológiai radioaktiv hulladékok gyüjtésére. Az edényben megmerevedett állati tetemek eltávolitása nehézségekbe ütközik, sok esetben lehetetlen. Javaslatot dolgoztunk ki az igényeinket kielégitő laboratóriumi biológiai hulladékgyüjtő-edény bevezetésére. Vázlata az 1-2. ábrán található. A konzerváló formalinoldat tárolására szolgáló edényzetbe / 1. ábra/ dróthálo kosár merül / 2. ábra/. Az edénybe megfelelő higitásu formalinoldatot öntünk, majd a fedőrész eltávolitása után az állati tetemeket kosárba rakjuk. A fedőrészhez állitható, rögzithető perforált lemez tartozik, amelynek célja biztositja, hogy az állati tetemek belemerüljenek a formalinba. Igy megelőzhető, hogy a formalint nem ért állati tetemek bomlásnak induljanak.

Izotóptemetőbe való szállitáskor az állati tetemekkel megtelt kosarak lennének célszerüen müanyagzsákba csomagolva. A tárolóedényben maradt formalinoldat, a formalinkoncentráció beállitása után további állati tetemek laboratóriumban való gyüjtésére, tárolására alkalmas marad.

Biológiai radioaktiv hulladékok kisérleti feldolgozása

Eljárásunk kidolgozásánál abból a feltételből indultunk ki, hogy a laboratóriumok a biológiai radioaktiv hulladékot formalinos közegben gyüjtik és tárolják. A módszer formalinnal konzervált állati tetemek feldolgozásán alapul.

A feldolgozás célját az alábbiakban jelöltük meg:

1. biztositsa az állati tetemek tartó konzerválását,
2. a végleges tárolásra szánt hulladék szilárd halmazállapotu legyen,
3. szilárd halmazállapot kialakitása csak minimális térfogatnövekedéssel járjon.

Ennek érdekében a biológiai radioaktiv hulladékot steril körülmények között szilárd anyagba ágyaztuk, majd az utófertőzés megakadályozása érdekében légmentes lezárást biztositunk. A sterilitást a formalin jelenléte biztositotta. Szilárd közegként beton, gipsz, bitumen szolgált. A légmentes lezárásra minden esetben bitument alkalmaztunk.

A laboratóriumi és üzemi körülmények között közel 4 m^3 biológiai radioaktiv hulladékot dolgoztunk fel. A feldolgozott tetemek formalinban való tárolásának az ideje 1 hét és 2 év között változott. A feldolgozott állati tetemek egér, patkány, macska és nyul volt. A szennyeződést okozó radioaktiv izotópok ^{3}H, ^{14}C, ^{35}S, ^{45}C, ^{65}Zn, ^{90}Sr.

Állati tetemeket üzemi körülmények között 2oo literes használt fémhordókba betonoztunk be. A sterilitás biztositására a beton kialakitásához 3%-os vizes formalinoldatot használtunk. A gyorskötő cement és homok keverékéből betont képeztünk és ebbe ágyaztuk az állati tetemeket. felületi rétegként jó minőségü betont alakitottunk ki. A beton megkötése után bitumenes bevonatot alkalmaztunk. A feldolgozás alkalmával az eredeti tárolási térfogat 6o%-kal megnövekedett.

Hasonló módon jártunk el állati tetemeknek gipszbe ágyazásánál is. A gipszet formalinoldattal kevertük össze és a tetemekre öntöttük. A megszikkadt felületet ugyancsak bitumennel vontuk be.

Mind a betonozásnál, mind a gipszbe történő beépitésnél felhasználtuk a laboratóriumban eredetileg a tetemek konzerválására alkalmazott formalinoldatot. Bár a gipsz esetében a formalinoldatba került fehérjék a gipsz kötését bizonyos mértékig lassitják, a gipsz teljes megszilárdulása rövid időn belül bekövetkezik.

Bitumenbe való beépitésnél a formalinnal konzervált állati tetemekre folyós bitument öntöttünk. A hulladék térfogata az eredeti tárolási térfogathoz képest nem növekedett.

Mindhárom módszerrel feldolgozott biológiai hulladékot a szabadban tároltuk hat évig. Szemmel látható változás eközben nem történt. Radioaktiv szennyeződés a környezetbe nem jutott. A hároméves tárolás után a megbontott egységekből vett minták, sterilnek bizonyultak.

Összehasonlitva a három feldolgozási lehetőséget, az alábbiakat állapithatjuk meg:

A betonba való beépités bár jól tárolható formát biztosit, a tárolási térfogatnövekedése miatt nem előnyös.

A gipszbe való beépités gyakorlatilag térfogatnövekedéssel nem jár. Lényegesen rövidebb idő szükséges a megkötésre. A müvelet egyszerüségét tekintve, a biológiai radioaktiv hulladék feldolgozása esetenként a hulladék keletkezése helyén is elvégezhető. Erre vonatkozóan megemlitjük, hogy kb. 1 m^3 biológiai radioaktiv hulladékot dolgoztattunk fel az izotópfelhasználókkal, kielégitő eredménnyel. A laboratóriumban való feldolgozás után a hulladék szilárd radioaktiv hulladékként kezelhető, amely kedvezőbb tárolási feltételeket biztosit a helyszinen, megkönnyiti az izotóptemető üzemeltetője részére a hulladék szállitását, kezelését

Lehetőséget látunk arra is, hogy az állati tetemek gipszbe való beépitésére müanyagzsákot alkalmazzunk. Erre vonatkozóan tárolási kisérleteket végzünk. A müanyagzsák alkalmazása nagymértékben csökkentené a feldolgozás költségeit.

Gipszbe való beépités hátrányaként emlitjük meg, hogy a gipsz levegőnedvesség hatására - amennyiben a szigetelés nem tökéletes - morzsalékossá válhat. Eziránu tapasztalataink a tárolás eddigi folyamán nem voltak.

Megitélésünk szerint izotóptemetőbe-helyezéshez a biológiai radioaktiv hulladék feldolgozás szempontjából a legelőnyösebbnek a bitumen alkalmazása mutatkozik. A folyós bitumen a formalinnal konzervált állati tetemek közti teret kitölti, és a tárolás során előforduló külső behatások ellen tökéletes biztonságot nyujt.

Biológiai hulladékok jövőbeni kezelése

A biológiai hulladékok jelenlegi kezelése közismert. A solymári izotóptemetőbe biológiai hulladékot a fenti mennyiségen kivül nem gyüjtöttünk be. Az itt leirt módszer üzemszerü alkalmazására különböző okok - elsősorban a tárolóhely ideiglenes jellege, valamint technikai feltételek hiánya - miatt nem került sor. Ennek következtében az izotópfelhasználók a biológiai hulladékot klinikák, kórházak, intézetek padlásain, pincéiben jobb esetben hulladéktároló helyiségekben tárolják, közel sem megfelelő körülmények között. A több éve tárolt biológiai hulladék formalinkoncentrációja esetenként olyan mértékben lecsökken, hogy nem gátolja a tárolt tetemek biológiai bomlását.

A biológiai hulladékkezelés módszerének ismertetésén tulmenően, az izotópfelhasználókat elsősorban az érdekli, hogy mikor oldódik meg végérvényesen a hulladék elszállitása, elhelyezése.

Az Országos Atomenergia Bizottság 197o-ben megbizta a Fővárosi Közegészségügyi és Járványügyi Állomást, uj izotóphulladék feldolgozó és -tároló létesitésével, üzemeltetésével. Várhatóan 1973-ban megoldódik a különböző radioaktiv hulladékok, köztük a biológiai hulladékok feldolgozása és elhelyezése a végleges tárolóhelyen.

A tervek szerint az izotópfelhasználóktól begyüjtött, formalinnal konzervált állati tetemeket, normál kutgyürükből kiképezett, agyagtalajba süllyesztett betonkutakba helyezzük el. Egy-egy betonkut 4 m^3 térfogatu lesz és alkalmas egy évi bilógiai hulladék mennyiségének tárolására. Az állati tetemek tárolásánál fellépő hézagtérfogatot - az elhelyezést követően - 8o-9o ^{o}C-ra felmelegitett bitumennel töltjük ki. A bitumen egyrészt biztositékot nyujt az állati tetemek utólagos bakteriális fertőződése, és az ezt követő biológiai bomlás ellen, másrészt megnyugtató módon megakadályozza a radioaktiv anyag környezetbe jutását is.

Az állati tetemeknek a sterilitását - amig az izotópfelhasználóktól eljut a bitumembe ágyazásig - a testszövetbe bediffundált, a külső felületen vékony rétegben jelenlévő formalinoldat biztositja.

A biológiaihulladék-feldolgozás feltételeinek megteremtésén kivül, szabályozni kivánjuk a biológiai hulladékok munkahelyi kezelését is. Ennek érdekében a szilárd radioaktiv hulladékok gyüjtéséhez hasonlóan egységesiteni kivánjuk a hulladékgyüjtő-edény méretét, formáját. Lehetőséget kivánunk biztositani a hulladékgyüjtő-edények egy helyen történő előállitására. Erre vonatkozóan szintén előirásokat kivánunk megadni.

Figyelembevéve a javasolt biológiai hulladékkezelés egyszerüségét, valamint az évi hulladék mennyiségét, várható, hogy a begyüjtés, feldolgozás, elhelyezés kérdése megnyugtató módon nyer megoldást.

IRODALOM

Фехер, Л., Гач, Ф., Переработка биологических радиоактивных отходов в Венгерской Народной Республике, Атомная Энергия, 28/1970/346.

Radioaktiv izotópok alkalmazása a Magyar Ásványolaj- és Földgázkisérleti Intézetben

BÁLINT T.
Magyar Ásványolaj- és Földgázkisérleti Intézet, Veszprém

A sugárabszorpciós elemző módszereket folyamatos /üzemi/ módszerré fejlesztették. Széles területen alkalmazzák a nyomjelzéses technikát is.

Применение радиоактивных изотопов в Институте по исследованию нефти и нефтяного газа
Балинт, Т.
Аналитические методы по абсорбции радиации были развиты в непрерывные /промышленные/ методы. Широко применяется и техника меченых атомов.

The use of radioisotopes in the Hungarian Oil and Gas Institute
Bálint, T.
The radiation absorption analytical methods have been developed into continuous /industrial/ methods. Tracer techniques have been also widely used.

A Vegyipari Izotópalkalmazási Munkabizottságban 1958-ban indultak meg az izotópalkalmazás kutatások az Analitikai Osztály keretein belül. Kezdetben a zárt sugárforrásokkal végezhető laboratóriumi elemző módszerek bevezetésére, illetve uj módszerek kidolgozására került sor, majd az 1964-ben létesült "C"-tipusu laboratóriumban megkezdődtek a nyilt izotópos munkák is. Ezzel párhuzamosan - az eddig szakaszos laboratóriumi analitikai módszerek alapján - folyamatos /üzemi/ berendezések kifejlesztése kezdődött meg. Ennek megfelelően a laboratórium munkája két főcsoportra osztható:

a/ folyadékok laboratóriumi es üzemi elemző módszereinek fejlesztése, és
b/ reakciómechanizmusok és müveletek /berendezések radioaktiv nyomjelzéses vizsgálata.

Az első csoportba tartozó elemző módszerek csaknem kivétel nélkül a radioaktiv sugárzás abszorpciójának rendszámfüggésén alapulnak. Az egyes elemek tömegabszorpciós együtthatója adott sugárzási energia esetén a rendszám harmadik hatványával növekszik, tehát kis rendszámu komponensek mellett, szénhidrogénekben közepes és nagy rendszámu komponensek meghatározása le-

hetséges röntgensugárzást emittáló izotóp sugárforrások felhasználásával.

A szakaszos müködésü laboratóriumi módszerek és a kapcsolatos készülékek közül a β-abszorpción alapuló hidrogéntartalom-mérés[1-71], a ^{55}Fe-sugárabszorpción vagy $^{3}H/Zr$ target alkalmazásán alapuló O-, S-, Cl-elemzés[1-5, 8-11], a ^{109}Cd-sugárabszorpciós Zn-, Co-. Ba- és ólomadalék-meghatározás[4, 11, 12] érdemel említést /I. táblázat/.

1. táblázat

Laboratóriumi sugárabszorpciós elemző módszerek főbb jellemzői

Izotóp sugárforrás /jel, sugárzás fajta, effektivenergia, felezési idő/	^{90}Sr-^{90}Y β, 2,18 MeV 28 év	^{55}Fe K, 5,9 keV 2,6 év	$^{3}H/Zr$-target ∿8 keV 12,3 év	^{109}Cd K, 22 keV 1,3 év
Ajánlott felületi sürüség g/cm²	0,35	0,38	0,72	4,3
Az elemzés hibája /τ/ a vizsgált elem, abszolut %	0,02	0,16 O 0,013 S 0,012 Cl	0,35 O 0,029 S 0,026 Cl	0,057 S 0,048 Cl 0,011 Co 0,004 Pb 0,01 Ba és Zn
A sürüségmérés megengedett hibája, g/ml	$1,10^{-4}$	$20,10^{-4}$	30.10^{-4}	-
Egy mérés időszükséglete, min	10	5	5	5

Amint a táblázatból kitünik, e módszerek gyorsaságukkal és a szokványos kémiai módszereket elérő, egyes esetekben tul is haladó pontosságukkal tünnek ki. Pl. a ^{109}Cd-sugárabszorpciós Ba-meghatározás esetében kenőolajadalékokban lehet kb. 10 perces méréssel a Ba-tartalmat igen jó pontossággal meghatározni, elkerülve ezzel a kromátos, illetve szulfátos báriummeghatározás időigényes és nagy pontosságot igénylő analitikai müveleteit.

A sugárabszorpciós módszerek főbb jellegzetességeiből /roncsolásmentes, egyszerü mérés, nagy stabilitás stb./ következik, hogy előnyös tulaj-

donságai üzemi /folyamatos/ módszerek formájában való alkalmazás esetén érvényesülnek szembetünően. Az eddig szakaszos, laboratóriumi módszerek megfelelő folyamatossá tétele érdekében a sugárabszorpciós mérés sürüségérzékenységét meg kellett szüntetni; megfelelő mechanikus sürüségkompenzációs módszerek[13-19] kidolgozásával a folyamatos elemzőmódszerek két alaptipusát sikerült kifejleszteni. /Maga a sürüségkompenzációs módszer természetesen gyakorlatilag valamennyi sugárabszorpciós módszerre alkalmazható./

Gázolaj-kénmentesitő üzem termékellenőrzése céljaira $^{3}H/Zr$-sugárabszorpciós elven alapuló folyamatos kénelemző berendezés [18-20] épült, amelynek üzemi próbái a szőnyi és százhalombattai kőolajfinomitókban folyamatban vannak. Ugyancsak kőolajipari alkalmazás céljára készült a ^{109}Cd-sugárabszorpciós ólomadalék-, illetve Ba- és Zn-tartalomméró berendezés[21], benzinek, illetve motorolajok adalékolásának folyamatos ellenőrzésére. E készülékek főbb adatait a 2. táblázat tartalmazza, amelyből látszik, hogy mindkét esetben sikerült az üzemi követelményeket fejleszteni.

2. táblázat

Folyamatos /üzemi/ sugárabszorpciós készülékek főbb jellemzői

Jellemzők	Folyamatos kénmeghatározó készülék	Folyamatos ólomadalék tömönyseb. mérő készülék
Méréstartomány	0 - 3 s% S	0 - 3 g adalék/l
A mérés hibája /τ/	± 0,02 s% S	± 0,03 g adalék/l
Megengedett sürüség-ingadozás, g/ml	± 0,1	± 0,08
Az elemzendő folyadék		
áramlási sebessége	20^{+80}_{-15} l/h	20 ± 20 l/h
nyomása	20^{+10}_{-20} ata	5 ± 5 ata
hőmérséklete	20±30 °C	20 ± 40 °C

A nyomjelzéses munkákat az alkalmazásoknak igen széles területe jellemzi.

Komplex elegyek vizsgálata uj radiogázkromatográfiás módszer kidolgozásához vezetett[22-24], amelynek jellemzője, hogy a gázkromatográfiás elvá-

lasztással egyidőben és azonos helyen megy végbe - izotópcsere felhasználásával - a cserélhető atomokat tartalmazó komponensek radioizotópos jelölése, miáltal az elválasztott összetevők minőségi azonositása is nagymértékben egyszerüsödik. Többkomponensü, illékony radioaktiv termékek radiogázkromatográfiás elemzésére jól bevált a metán vivőgázzal végezhető elválasztás, amelynél a metán mint töltőgáz is szerepel lágy β-sugárzó izotópok /^{3}H, ^{14}C, ^{35}S/ átáramlásos, propercionális csővel történő mérésénél[25].

Olefinek kobalt karbonil hidrid hatására lejátszódó izomerizációjának mechanizmusát triciummal jelzett katalizátor és a reakció folyamán időnként vett minta radiogázkromatográfiás elemzésével sikerült tanulmányozni[25-26]; ugyanez a módszer vitt közelebb a szénhidrogének pirolizisének közelebbi megismeréséhez n-hexán-1-$[^{14}C]$ pirolizistermékeinek aktivitásvizsgálatával.

Kimerülőben lévő nyersolajkutak termelésének fokozásában bevált módszer CO_2-gáznak a tárolókőzetekbe sajtolása; mivel a CO_2 kedvező hatása egyszerü fizikai kölcsönhatással nem volt magyarázható, bizonyitani kellett, hogy a nyersolaj és a CO_2 között kémiai kölcsönhatás nem jön létre; ez $^{14}CO_2$ és folyadékszcintillációs méréstechnika alkalmazásával sikerült is[27].

Vegyipari müveletek, berendezések nyomjelzéstechnikai vizsgálata területén a következők érdemelnek említést:

- a Péti Nitrogénmüvek kisérleti oxoszintézis-üzemében ^{58}Co izotóp felhasználásával az egyes müveleti egységek folyadéktartózkodási idejét, keveredési egységszámait és az üzemi vezetékrendszerben a kobaltlerakódások helyét és mértékét határoztuk meg[28];
- izotóptartalmu szennyvizek feldolgozására az Intézetben kifejlesztett bitumenes izotópmentesitő berendezések hatásfokának pontos mérése ^{24}Na izotóp felhasználásával volt lehetséges[29];
- töltött oszlopokban lejátszódó és a müködési hatásfokot erősen befolyásoló keresztmetszeti folyadékeloszlási anomáliákat ^{32}P izotóppal és különleges modellkészülékkel részleteiben tanulmányoztuk[30].

IRODALOM

1. Bálint, T., MÁFKI közl., 1 /1960/ 5
2. Bálint, Kerényi, Az analitikai kémia III. konferenciája, Prága, 1959. szept.
3. Bálint, Orsós, Energia és Atomtechnika 14 /1961/ 237
4. Bálint T., Kőolajtermékek radioaktiv sugárabszorpciós elemzése, Müszaki doktori értekezés, Veszprém, 1962.
5. Bálint, T., Acta Chim. Hung. 39 /1963/ 161

6. Bálint, T., Acta Chim. Hung. 39 /1963/ 171
7. Bálint, T., Acta Chim. Hung. 41 /1964/ 341
8. Bálint, T., Acta Chim. Hung., 26 /1961/ 203
Elhangzott az Analitikai Kongresszuson, Budapest 1961. ápr. 24-29.
10. Bálint, T., Chimie et Industrie. 92 No 3. /1964/ 97
11. Bálint, T., A radioaktiv sugárabszorpciós elemzés és annak alkalmazása folyékony kőolaj- és petrolkémiai termékek elemi összetételének mérésére, Kandidátusi disszertáció, Veszprém, 1967
12. Bálint, T., Még nem publikált adatok
13. Bálint, T., Fizikai kémiai módszerek alkalmazása
14. Bálint, T., Acta Chim. Hung. 52 /1967/ 243
15. Bálint, Laky, Eljárás és berendezés folyadékok elemi összetételének radioaktiv sugárabszorpciós elemzéséhez, 153 549 sz. magyar szabadalom.
16. Bálint, Kerényi, ACHEMA-Tagung. Frankfurt /Main/ 1967. jun. 21-29. /előadás/
17. Bálint, Kerényi, MÁFKI Közl., 10 /1969/ 9
18. Bálint, Gersey, MÁFKI Közl., 11 /1970/ 9
19. Bálint, Gersey, 2251 /Ma-1967.sz. szabadalmi bejelentés
20. Bálint, T., Folyamatos kénmeghatározó berendezés leirása és kezelése. /Müszerkönyv/ Veszprém, 1970
21. Bálint, T., Folyamatos ólomadalék-koncentrációmérő berendezés leirása és kezelése. /Müszerkönyv/ Veszprém, 1970.
22. Bálint, Szepesy, J. Chromatog. 30 /1967/ 433
23. Bálint, Szepesy, MÁFKI Közl., 9 /1968/ 9
24. Bálint, Szepesy, MA-1643 sz. szabadalmi bejelentés.
25. Bálint, Hanel, MÁFKI Közl., 12 Megjelenés alatt
26. Hanel, É., Nem publikált adatok
27. Bálint, Bélafiné, Décsy, J-49/1970.sz. MÁFKI jelentés.
28. Bálint, Hanel, Laky, Kémiai Közl., 32 /1969/ 151
29. Bálint, Hanel, Magyar, Nem publikált adatok.
30. Bálint, Hanel, Kerényi, J-73/1970.sz. MÁFKI jelentés.

Nagy γ-intenzitenzitások mérési módszereinek összehasonlitása I.

PAVLICSEK I.[x], HORVÁTH ZS.[x], VERES Á.[x], BOD L.[xx]

[x]MTA Izotóp Intézete, Budapest

[xx]MTA Központi Fizikai Kutató Intézete, Budapest

Az ionizációs kamrás, kalorimetrikus, kémiai dozimeteres, fotoaktivációs és Si-félvezető detektoros módszer összehasonlitása az MTA Izotóp Intézete nagy aktivitásu sugárforrásán végzett mérések alapján.

Сравнение методов измерения мощности доз мощных γ-излучений. I.
Павличек, И., Бод, Л., Хорват, Ж., Вереш, А.
Сравнение методов определения доз ионизационной камерой, калориметрией, химическим дозиметром, фотоактивацией, и Si полупроводниковым детектором на примере измерений, совершенных на мощной гамма-установке Института изотопов Венгерской Академии Наук.

Comparison of methods for determining high γ-dose rates.I.
Pavlicsek, I., Bod, L., Horváth, Zs., Veres, Á.
Comparison of methods using ionization chambers, calorimetry, chemical dosimetry, photoactivation and Si semiconductor detectors, applied at the high activity gamma-facility of the Institute of Isotopes of the Hungarian Academy of Sciences

Az iparban, gyógyászatban, mezőgazdaságban és kutatásban egyre inkább alkalmaznak nagyaktivitásu /10^2-10^6 Ci/ sugárforrásokat és nagyteljesitményü /100 W - 100 kW/ gyorsitóberendezéseket. Ezek nemzetközi és hazai viszonylatban egyaránt megfigyelhető elterjedése megkivánja a nagy γ-dózisterek /10^2-10^9 R/h/ méréstechnikájának kifejlesztését. Intézetünkben már eddig is több módszert alkalmaztunk nagy γ-intenzitások mérésére, a felmerült konkrét igények kapcsán és alkalomszerüen.

Az első hazai besugárzóállomás elkészültével /1968/ azonban nálunk is egyre sürgetőbb igény mutatkozott kidolgozott, standard dozimetriai módszerekre és berendezésekre, amelyek széles, legalább 4 nagyságrendet átfogó méréstartományban müködtethetők, ésszerü egyéb paraméterek, - pontosság, kiértékelési gyorsaság és nem utolsósorban ár - mellett. Időszerünek tartjuk ezért lehetőségeink számbavételét és eddigi tapasztalataink bizonyos foku összegezését a nagy sugárintenzitások dozimetrálása terén.

A továbbiakban áttekintést kivánunk adni a nagy dózisteljesitmények mérésére alkalmas módszerekről és eszközökről.

1. Mérések ionizációs kamrákkal

Levegőekvivalens falu ionizációs kamrák a besugárzási dózis és dózisteljesitmény abszolut mérésére alkalmasak. Az általunk használt kamrák ismert sugárzási térben hitelesitett un. másodlagos etalonok voltak. A mérések eredményét R -ben és R/h -ban kaptuk meg.

2. Kalorimetrikus mérések

Különböző anyagu kaloriméterek segitségével az illető anyagban elnyelődött energiadózisok abszolut mérését végeztük. Adiabatikus kalorimetriával egy bizonyos időtartam alatti hőmérséklet-növekedésből az illető időtartam alatt elnyelt dózis rad -ban, izotermikus /hőáramlásos/ kalorimetriával pedig a beállt stacionárius hőmérséklet mérése alapján a dózisteljesitmény rad/h -ban határozható meg. Az általunk használt grafit hőáramlásos differenciál kaloriméterrel az elnyelt dózisteljesitmény-adatokat határoztuk meg szénben, és az összehasonlitás kedvéért R/h -ra is átszámoltuk.

3. Kémiai doziméteres mérések

Különböző kémiai doziméterek, a sugárzás hatására keletkezett reakciótermékek mérése alapján, mint másodlagos etalonok, az elnyelt dózis mérésére alkalmasak. Az általunk használt 3 különböző módszerrel rad/h -ban nyert adatokat R/h -ba is átszámitottuk.

4. Mérések fotoaktivációs detektorral

Néhány stabil mag, általában 1 MeV körüli energiaküszöb felett - igy a ^{60}Co 1,25 MeV-es γ-sugárzásával is - metastabil állapotba gerjeszthető. Az aktiválás után mérhető izomeraktivitás a γ-fluxussal kapcsolatba hozható. Kétféle aktivációs detektorral relativ méréseket végeztünk oly módon, hogy a beütésszámokat a fenti módszerekhez normáltuk.

5. Si-félvezető detektorok

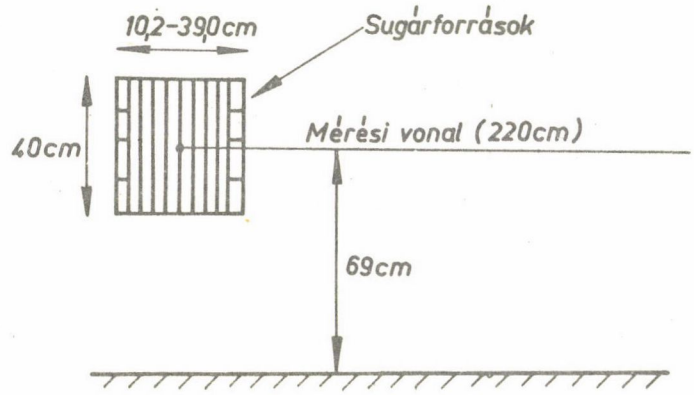
Különböző tipusu Si-félvezetők rövidzárási áramát mértük. Az előző módszernél alkalmazott eljáráshoz hasonlóan végeztünk hitelesitést, amely a μA -ben kapott eredményekhez R/h értékeket rendel hozzá.

Ezen módszerekkel elért eredményeket az MTA Izotóp Intézete 80 000 Ci-s ^{60}Co sugárforrásának[1] adott pontjaiban végeztük. A sugárforrásokból négy különböző átmérőjü "koszorut" lehet kialakitani, igy a források hengerpalástok mentén, az alkotó irányában helyezkednek el.

A négy geometriában az egyes hengerátmérők:

Geometria	mm
I.	102
II.	192
III.	280
IV.	390

A méréseket a sugárforrások félmagasságában a henger tengelyére merőlegesen fektetett szimmetriasikban, tehát a legnagyobb intenzitásu sikban egy egyenes mentén végeztük /1. ábra/.



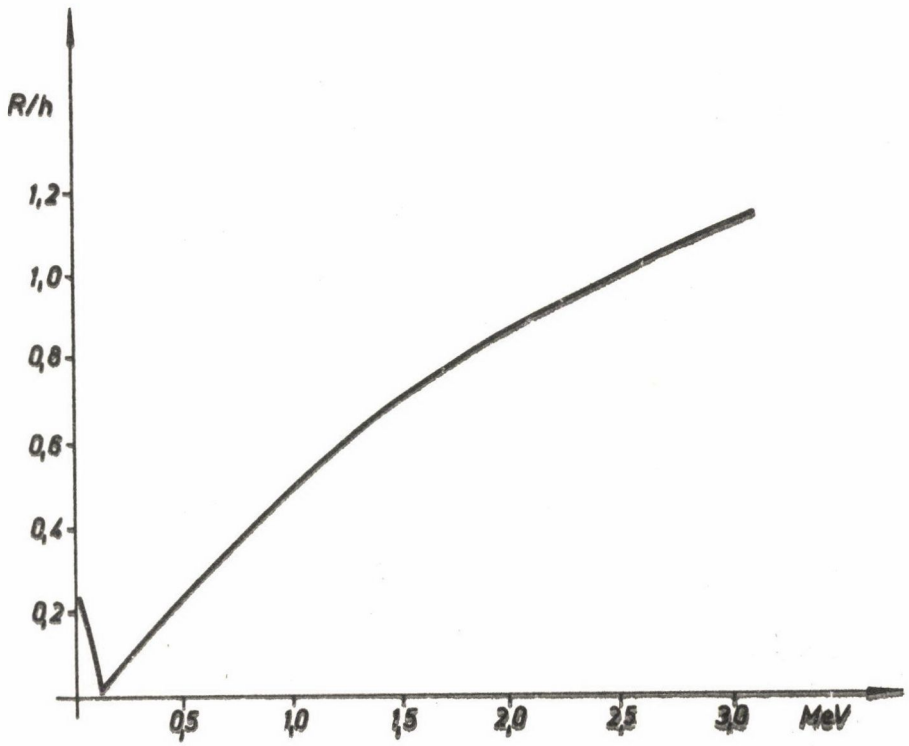
1. ábra

Forrás- és mérési geometria.

1. Mérések ionizációs kamrákkal

Az általunk használt gyüszükamrák levegővel töltött edények, amelyekben az edény levegőekvivalens falától elszigetelt ugyancsak levegőekvivalens anyagból készült elektród nyulik. Az elektród és a fal között feszültségkülönbség van, amellyel az edényben keletkező ionpárokat összegyüjtve az áramintenzitást mérjük.

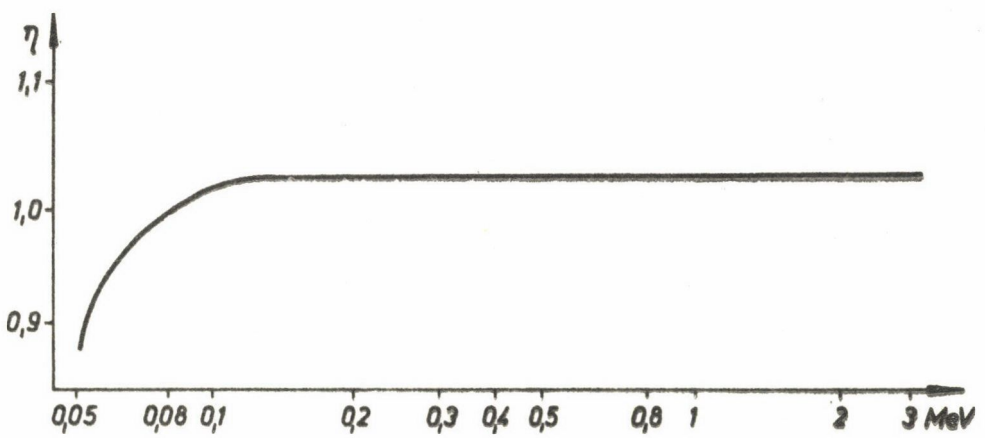
A kamra ionizációs árama, mint a primér γ-energia függvénye, egy adott kamrára jellemző görbe, amely a kamra technikai kivitelezésétől is függ. Levegőekvivalens kamráról akkor beszélhetünk, ha a görbe jellege megegyezik a levegőbeni elnyelődés energiafüggésével. A görbét elméleti uton is meghatározhatjuk. A 2. ábrán a besugárzási dózisteljesitmény látható R/h-ban, az energia függvényében feltételezve, hogy egy bomlásra egy foton esik, és a forrás aktivitása 1 Ci. Ez a görbe felhasználható az egyes sugárforrások



2. ábra

A levegőre vonatkoztatott besugárzási dózisteljesitmény energiafüggése.

dózisállandójának meghatározására, ha ismerjük a γ-energiákat és %-os hozamaikat. Amennyiben a kamra ionizációs árama primér fotonenergia-függése megegyezik a besugárzási dózis energiafüggésével valamely energiaintervallumban, akkor ezen a szakaszon a kamra érzékenységi görbéje konstans. Az általunk használt Philips 37486 tip. 3 cm^3-es kamrára ez a görbe a 3. ábrán



5. ábra

37486 tip. Philips 3 cm^3-es kamra érzékenységi görbéje.

látható. Helyesen megválasztott kamrafalanyag esetén az előbbi feltétel biztositható. A kamrafal méretezésével kell biztositani az elektronegyensulyt, mely a gyüszükamrával történő besugárzási dózismérésnek, a levegőekvivalens anyagok használata mellett, másik feltétele. Ha áramot mérünk, a besugárzási dózisteljesitményt mérjük. Az áram ismeretében a dózisteljesitményt a következőképpen kapjuk:

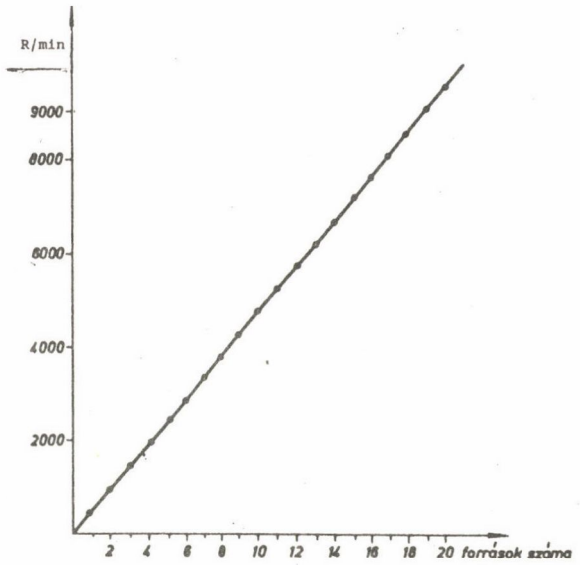
$$X = I \frac{760}{P} \cdot \frac{273 + t}{273} \cdot \frac{1}{V} \cdot a \qquad /1/$$

X - a besugárzási dózisteljesitmény, R/s
I - a mért áram, CGS-egység
P - a légnyomás, torr
t - a hőmérséklet, ^{o}C
V - a kamratérfogat, cm^3
a - abszorpciós faktor.

Említést érdemel még, hogy a keletkező ionpárok rekombinációja e mérési módszernek elvi határt szab. Méréseink folyamán ismert sugárzási térben előre hitelesitett másodlagos standard ionkamrákat használtunk. A méréseket a Philips cég univerzális dózismérőjével végeztük. A gyár 37486 tip. 3 cm^3-es kamráját - tekintettel a gyári hitelesités óta eltelt jelentékeny időre - az Országos Mérésügyi Hivatalban ujra hitelesitettük, $\pm$ 2,5%-os pontossággal. E kamra maximális méréshatára 18 kR/h. Ezt tekintettük etalon kamrának a mérés folyamán. A tulajdonképpeni méréshez két speciális kistérfogatu kamrát készitettünk el. Az egyik kamra anyaga plexi, a másik kamráé 140 atm nyomáson préselt grafitpor. Az elkészitett kamrák felső méréshatára 0,6 MR/h. A grafitkamra linearitása a 4. ábrán látható. A mérést a sugárforrások számát változtatva /1-2o/ végeztük. A kamra a forrásoktól egyenlő távolságban, a forrásgeometria forgásszimmetria-tengelyében volt elhelyezve. A méréseket a Gamma-Besugárzó Laboratórium forrásainak szimmetriasikjában a középponttól való távolság függvényében egy vonal mentén végeztük.

Az I-gyel és II-vel jelzett geometriát a grafitfalu kamrával, a III-mal és IV-gyel jelzett geometriát a plexifalu kamrával mértük végig.

A mérési eredményeket az 1. táblázatban tüntetjük fel. Az ionizációs kamrás mérések előnye az abszolut módszer mellett még a mérések gyorsasága, olcsósága és egyszerüsége. Hátránya, hogy MR/h felett a módszer nem használható.



4. ábra

Grafitkamra linearitása.

1. táblázat

Távolság cm	* I. geometria kR/h	* II. geometria kR/h	III. geometria kR/h	IV. geometria kR/h
25		750		
30	580	630		
34		490	510	
40	310	340	530	
50	205	210	215	235
55			180	
60	150		150	170
67,5			110	
70				
75		100	94	106
80	82			
85			76	83
100	52	56	57	57,2
120		40,0		
125	33,0	32,0		35,6
130		31,0	34,5	
140			32,5	
150	23,0	23,0	26,5	28
175	17,0			
180		16,0	17,0	17,6
190	14,0	15,0		15,6
200	13,0	14,5	13,2	14,8
210	11,0	13,0		

A Gamma-Besugárzó Laboratórium dózistérviszonyai a mérési vonal mentén.
A mért értékek hibája: ± 10%.
* Grafitkamra.

2. Kalorimetrikus mérések

Ha a sugárzási térbe helyezett anyagban elnyelt sugárzási energia maradék nélkül hőenergiává alakul át - és ez következik be nagyon sok anyagnál, - akkor az elnyelő anyag hőmérsékleti viszonyainak méréséből meghatározhatjuk a sugárzási térből felvett energia mennyiségét. Ilyen mérések elvégzésére szolgálnak a kaloriméterek. Kalorimétereket már röviddel a radioaktivitás felfedezése után használtak az ionizáló sugárzások kutatásában. Uj lendületet kapott a kaloriméterek felhasználása a nagy sugárforrások - elsősorban az atomreaktorok - megjelenésével.

A KFKI VVR-SZ tipusu reaktorához kidolgozott kaloriméterekkel[2,3] végzett mérések elsősorban a sugárhatáskémiai kutatásokat segitették. A reaktor rekonstruálása utáni VVR-SZM reaktor zónához uj tipusu kalorimétert fejlesztettünk ki[4]. Ennek a kaloriméternek egy változatával végeztük el a dózisteljesitmény mérését az Izotóp Intézet Gamma-Besugárzó Laboratóriumában.

A kalorimetria, mint abszolut dózisteljesitménymérő módszer általában a 10^5-10^{11} R/h tartományban használható. Főleg relativ módszerek hitelesitésére használják. Rutinmérésekre kevésbé alkalmas - az adiabatikus kalorimetria technikai igényessége, a hőáramlásos módszer pedig viszonylagos lassusága miatt.

A kaloriméternek eleget kell tennie azoknak a feltételeknek[5], amelyek biztositják, hogy a kalorimétertest hőmérsékletének alakulását a sugárzási térbe való helyezés pillanatától egy egyszerüsitett differenciálegyenlettel irhassuk el. Ez a jólismert differenciálegyenlet:

$$\frac{dT}{dt} = \frac{w}{m.c} - k\left(T - T_j\right) . \qquad /2/$$

w - a fütőteljesitmény,
m - a kalorimétertest tömege,
c - a kalorimétertest anyagának fajhője,
T - a kalorimétertest hőmérséklete,
T_j - a köpeny hőmérséklete,
k - hővezetési tényező.

Látszik a /2/-ből, hogy amikor a kalorimétertest hőmérséklete már nem változik, azaz $\frac{dT}{dt}=0$, akkor a testbe bevitt és az onnét elfolyó hőenergia egymással egyenlő, azaz

$$\frac{w}{m.c} = k \left(T_e - T_j \right) \qquad /3/$$

T_e a kalorimétertest egyensulyi hőmérséklete, és ezért részesitjük előnyben a hőáramlásos kaloriméter elnevezést.

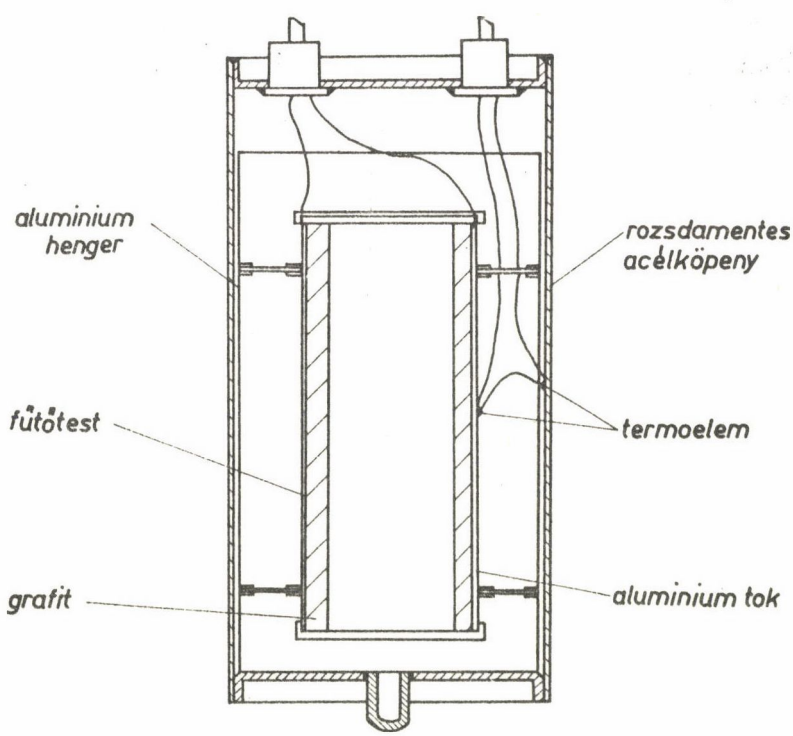
Azonnal következik /3/-ból, hogy a keresett fütőteljesitmény

$$w = m.c.k \left(T_e - T_j \right) = m.c.k. \Delta T \ . \qquad /4/$$

Az m.c.k tényezőt a kalorimétertestbe épitett elektromos fütőtest segitségével határozzuk meg.

A sugárzási térből nemcsak a kalorimétertest, hanem a kaloriméter szerkezeti anyagai is vesznek fel energiát. Éppen ezért nem egy, hanem két kalorimétert készitünk. A második kaloriméter mindenben megegyezik az elsővel, csak éppen kalorimétertestet nem tartalmaz. Ez a második - "üres kalorimétornek" nevezett - kaloriméter a háttér mérésére szolgál. A két kaloriméter együtt tulajdonképpen egy differenciális kalorimétert képez, amit két lépésben kell használni.

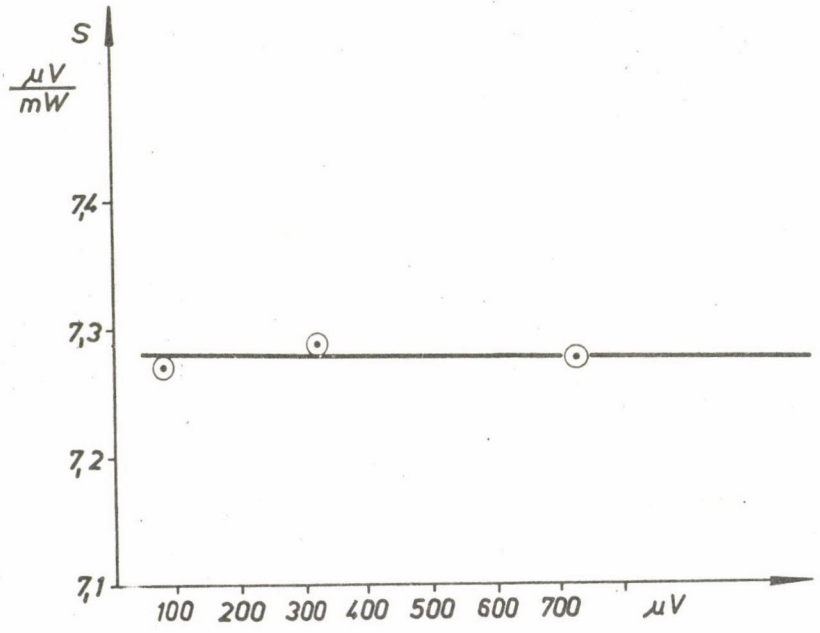
A Gamma-Besugárzó Laboratóriumban használt kaloriméter /5. ábra/ köpenye 50 mm külső átmérőjü, 0,5 mm falvastagságu és 100 mm hosszu rozsdamentes acélhenger. A kalorimétertest 26 mm átmérőjü, 63 mm hosszu és 22,9402 g sulyu grafitcső. A grafitcső belsejében helyezkedik el a 88 Ω ellenállásu



5. ábra

Kaloriméter keresztmetszete.

0,08 mm-es nikrothal huzalból tekercselt kalibrációs fütőtest. A kalorimétertestet 0,2 mm falvastagságu Al-tok foglalja magába. Ezt a tokot egy 0,5 mm falvastagságu Al-henger tengelyében helyeztük el. Ez az Al-henger szorosan illeszkedik a rozsdamentesacél-köpenybe. A köpeny és a kalorimétertest hőmérséklete közötti különbséget tiz sorbakötött Cu-konstantán termoelemből álló termooszlop méri. A termooszlop 77 Ω ellenállásu. A termooszlop és a kalibrációs fütőtest üvegszigetelésü átvezetőn keresztül csatlakozik a négyerü külső rézkábelhez. Az átvezetőket a köpeny felső lezárólapjába és a lezárólapokat a köpenyhez a KFKI Reaktorfizikai és Technikai Laboratóriumában kifejlesztett elektronsugaras hegesztőberendezéssel[6] vákuumbiztosan hegesztettük. A köpeny alsó lezárólapjába hegesztett vékony rézcsövet is elektronsugaras hegesztéssel zártuk le. Ez a rézcső arra szolgált, hogy a kalibráló fütőtest felhasználásával a kalorimétert vákuum alatt kigázositsuk. Ez a kigázositás a kaloriméter érzékenységének stabilitását szolgálja. A kaloriméter hőátviteli közege $\sim 10^{-5}$ Hgmm nagyságrendü vákuum.



6. ábra

Kaloriméter kalibrációs görbéje.

A kalibrált /6. ábra/ kaloriméterrel a következőképpen mérünk:

a kalorimétert a kivánt helyen a sugárzási térbe helyezzük, és megvárjuk az egyensulyi hőmérsékletkülönbség beállását. A hőmérsékletkülönbséget elosztva a megfelelő kalibrációs görbéről vett S érzékenységgel, megkapjuk a keresett fütőteljesitményt, azaz a kalorimétertestben elnyelt sugár-

zási energia értékét. Kaloriméterünk beállási ideje 2 - 3 óra volt, az elnyelt dózisteljesitmény mérésének pontossága ± 5%.

2. táblázat

Forrás-geometria	Forrás közepétől mért távolság, cm	Grafitban elnyelt dózisteljesitmény, Mrad/h	Besugárzási dózisteljesitmény, MR/h
II.	0	3,10	3,53
	25	0,75	0,86
	50	0,16	0,18
III.	0	2,15	2,45
	25	0,96	1,09
	50	0,20	0,23

A mérések eredményeit a

$$P = \frac{(Z/A)_{lev}}{(Z/A)_{szén}} \cdot \frac{D_{szén}}{0,877} = 1,138 \; D_{szén} \qquad /5/$$

képlet alapján R/h -ba is átszámitva a 2. táblázatban tüntettük fel. Itt $D_{szén}$ a kaloriméter által közvetlenül rad/h -ban szolgáltatott elnyelt dózisteljesitmény, Z és A pedig a levegő és szén effektiv rendszáma, illetve atomsulya.

3. Kémiai doziméteres mérések

Azokat a dozimetriai eljárásokat, amelyek bizonyos rendszerekben besugárzás hatására bekövetkező kémiai változások meghatározásán alapulnak, kémiai dozimétereknek nevezzük. Ezeknél a sugárzás elnyelt energiáját a rendszerben bekövetkezett sugárhatáskémiai átalakulás nagyságából határozzuk meg. E rendszerek érzékenysége két tényezőtől függ: a sugárhatáskémiai átalakulás fajlagos hozamától, az un. G-érték nagyságától, és a kémiai átalakulás meghatározására alkalmazott analitikai módszer érzékenységétől. Fontos azonban az is, hogy a G-érték a sugárzás energiájától, a dózisteljesitménytől és a dózistól minél nagyobb tartományban független legyen.

Az általunk használt dozimetriai rendszerekben a sugárzás hatására végbemenő brutto kémiai folyamatokat a következőkben foglaljuk össze:

Elsődleges reakció

$$H_2O \rightarrow H + e^-_{aq} + OH^{\cdot} + HO^{\cdot}_2 + H_2 + H_2O_2$$

Fricke-doziméter

$$OH^{\cdot} + Fe^{2+} \rightarrow OH^- + Fe^{3+}$$

$$H_2O_2 + Fe^{2+} \rightarrow OH^{\cdot} + OH^- + Fe^{3+}$$

$$H + O_2 \rightarrow HO^{\cdot}_2$$

$$H^+ + Fe^{2+} + HO^{\cdot}_2 \rightarrow Fe^{3+} + H_2O_2$$

$$G(Fe^{3+}) = 3\,G_H + G_{OH^{\cdot}} + G_{H_2O_2}$$

Módositott Fricke-doziméter

$$Cu^{2+} + H \rightarrow H^+ + Cu^+$$

$$Cu^{2+} + HO^+_2 \rightarrow H^+ + O_2 + Cu^+$$

$$Cu^+ + Fe^{3+} \rightarrow Cu^{2+} + Fe^{2+}$$

$$G(Fe^{3+}) = G_{OH^{\cdot}} + G_{H_2O_2} - G_H - G_{HO^{\cdot}_2}$$

Cériumos doziméter

$$H + Ce^{4+} \rightarrow H^+ + Ce^{3+}$$

$$H_2O_2 + Ce^{4+} \rightarrow H^+ + HO^{\cdot}_2 + Ce^{3+}$$

$$OH^{\cdot} + Ce^{3+} \rightarrow OH^- + Ce^{4+}$$

$$G(Ce^{3+}) = G_H + 2\,G_{H_2O_2} - G_{OH^{\cdot}}$$

Vizes rendszerek besugárzásakor időrendben először a vizből keletkező, az előzőkben feltüntetett elsődleges radiolitikus termékek keletkeznek[7]. Ha a doziméterben olyan oldott anyag van, amely az elsődleges termékek egyikével vagy néhányával kvantitative reagálni képes, a reakció során keletkező termék mennyiségének meghatározása alapján következtethetünk az elsődleges sugárhatáskémiai reakció mértékére.

A Fricke-doziméter esetén a 0,4 mólos kénsavat tartalmazó levegővel, illetve oxigénnel telitett vas-II-szulfát vizes oldatában a felirt reakcióegyenletek szerint a vas-II-ionok vas-III-ionokká oxidálódnak[8]. A sugárhatáskémiai hozam 15,5 ion/100 eV. A hasznos dózistartomány, ahol a kémiai átalakulás és az elnyelt dózis között az összefüggés lineáris, Fricke-doziméternél 10^3 és 4.10^4 rad között van[9].

Ha a Fricke-doziméterhez réz-II-sót adunk, a réz-II-ionok a hidrogénatomok és hidrogén-peroxid-gyökök hatására réz-I-ionokká redukálódnak, anélkül, hogy az OH-gyökökkel és hidrogén-peroxiddal reakcióba lépnének. E zavaró reakció révén a $G/Fe^{3+}/$ értéke 15,5-ről 0,66 ion/100 eV-ra csökken, és ezáltal nagyobb dózisok mérése válik lehetővé. E rendszer 10^5 és 10^7 rad dózistartományban szolgáltat megfelelő dózisadatokat[10].

A cériumos doziméter az előzőekhez hasonló módon, a cérium-IV-szulfátnak 0,4 mólos kénsavas vizes oldatában sugárzás hatására bekövetkező cérium-III-szulfáttá történő redukcióján alapul[11]. A sugárhatáskémiai hozam 2,34 ion/100 eV. Hasznos dózistartománya igen széles, 9.10^3-tól 5.10^7 rad-ig terjed, de rendkivül nagy hátránya, hogy szerves szennyezésekre fokozottan érzékeny, jól reprodukálható eredményeket csak hosszadalmas előkészitési munkával lehet elérni[12].

A dozimetriai oldat készitéséhez használt háromszor desztillált vizet a nyomnyi mennyiségü szerves szennyezések elroncsolása érdekében 3 Mrad dózissal is besugároztuk. A szervetlen kémszerek tisztitása nem bizonyult fontosnak. Mivel a cériumos dózismeghatározás igen munkaigényes és hosszadalmas volt, továbbá csak meghatározott körülmények mellett adott kielégitő eredményeket, a módszert kizárólag a kémiai doziméterek összehasonlitó méréseinél használtuk. Nem találtuk alkalmasnak nagyszámu mérést igénylő feladatok elvégzésére, dózistérképek felvételére és üzemszerü besugárzások ellenőrzésére.

Nagy dózisszintek mérésére igen alkalmasnak bizonyult a legutóbbi évek során kidolgozott uj dozimetriai rendszer: az alkoholos klórbenzol-doziméter[13]. Nagy előnye, hogy a kellő pontosság mellett szennyeződésekre kevésbé érzékeny, mint a szervetlen vizes dozimetriai rendszerek. A sugárhatáskémiai folyamatok mechanizmusa még nem teljesen tisztázott. A mért termék a klórhidrogén, illetve a klorid-ion. Az általunk alkalmazott dozimetriai oldat G-értéke 5,0 ion/100 eV. A keletkezett klór-hidrogén és az elnyelt dózis között 5.10^4 és 4.10^7 rad tartományban lineáris az összefüggés. Az oldat kezelhetőségének és tárolhatóságának is számos előnye van a vizes rendszerekhez képest. Egyetlen alapvető hátránya - a nemzetközi szakirodalom szerint - a titrálásos analitikai értékelés munkaigényessége és időszükséglete.

A klór-hidrogén-koncentrációk meghatározására sok esetben előnyösen alkalmazhatók oszcillometriás mérések. Oszcillometrián a vezetőképességi titrálások azon csoportját értjük, amelyeknél a mérést nagyfrekvenciás váltakozó árammal végzik. Előnyük egyszerüségükön és gyorsaságukon kivül az, hogy titrálás közben nem kell galvanikus érintkezést létesitenünk az áramkörrel, továbbá értékes felvilágositást adnak a vizsgált minta összetételéről is. Ezek az ismeretek adták az ötletet ahhoz, hogy a hosszadalmas higanynitrátos klorid-iontitrálás helyett megpróbálkozzunk a besugárzott oldatok vezetőképességének közvetlen oszcillometriás mérésével[14].

A mérésekhez Radelkisz gyártmányu OK-302 tipusu, Pungor-féle oszcillotitrátort használtunk, amely 140 MHz frekvenciával és kapacitiv mérőcellával müködik.

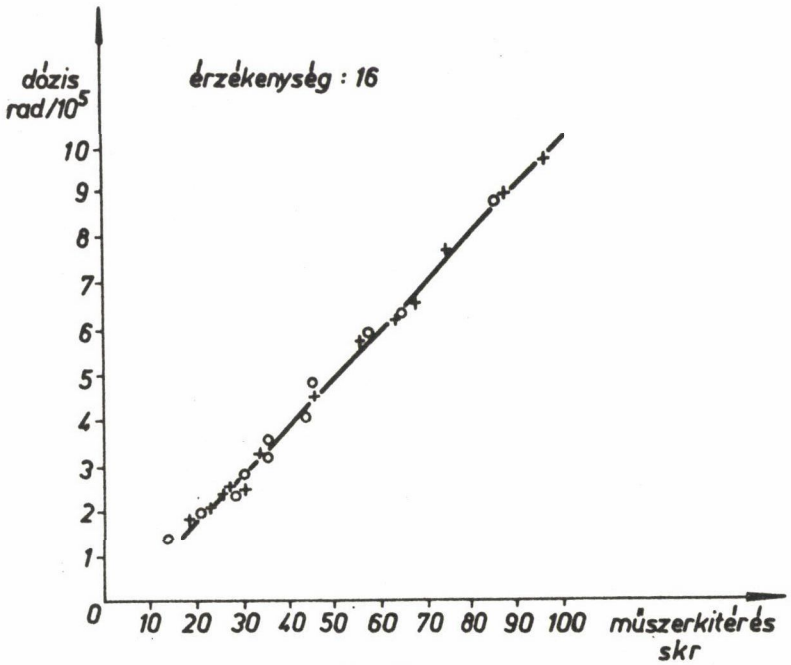
Nem szabad figyelmen kivül hagynunk, hogy nemcsak a klór-hidrogén, hanem a besugárzás során keletkező termékek is hozzájárulhatnak az oldat vezetőképességének és kapacitásának megváltoztatásához. Ezért a kalibrálásra szánt mintákat is besugárzással kell előállitanunk, higany-II-nitrátos titrálással meghatározva a klorid-ionkoncentrációt, tehát meghatározva minden egyes kalibráló ampullára az elnyeltdózis-értéket. Lényeges, hogy mind a kalibrálás, mind a mérések során gyakorlatilag azonos átmérőjü és azonos falvastagságu ampullákat használjunk. Ellenőrzésként mintegy ötven besugárzatlan oldattal töltött ampullát vizsgáltunk meg minden egyes használt érzékenységi tartományban; gyakorlatilag azonos müszerkitéréseket kaptunk. Megállapitottuk azt is, hogy az ampullák besugárzás során adódó elszineződése nem befolyásolja a mérés pontosságát.

A 7. ábrán látható a 16-os érzékenységi fokozatban felvett kalibrációs görbe. A müszer érzékenységének megfelelő beállitásával jó közelitéssel elérhető, egy adott méréstartományra, hogy egy nagyságrenden belül lineáris a müszerkitérés a dózisértékkel. Mivel minden egyes méréssorozat előtt az adott érzékenységet egy-egy kalibráló ampullára kell beállitanunk, lényeges az a kérdés, hogy a besugárzott oldatok mennyi ideig tárolhatók.

Egy adott müszerre nézve a kalibrációt minden érzékenységi fokozatra csak egyszer kell elvégeznünk, és a kalibrációt általában évenként egy-két alkalommal kell ellenőriznünk.

Egy-egy mérés és értékelés időigénye minimum 1 perc, a titrálás nyolctiz perces időszükségletével szemben. Ha a kalibrációhoz kellően nagyszámu mérést végzünk, ugy a dozimetriai módszer pontosságát, illetve reprodukálhatóságát tovább lehet javitani.

Az általunk végzett több ezer mérés tanusága szerint a módszer rutin-



7. ábra

Oszcillotitrátor dózis-kalibráló görbéje.

munkák elvégzésére is igen jól használható. A besugárzás után az analitikai értékelés hosszu tárolási idő után is pontosan végezhető.

A mérési eredményeket az /5/ képlet alapján R/h-ra is átszámitottuk. A Fricke-, módositott Fricke- és klórbenzolos dozimetriára az alábbi átszámitási tényezőket használtuk:

3. táblázat

$\frac{P}{D_F}\left[\frac{R}{rad}\right]$	1,025
$\frac{P}{D_{MF}}\left[\frac{R}{rad}\right]$	1,025
$\frac{P}{D_{CB}}\left[\frac{R}{rad}\right]$	1,035

Az 1970. októberére átszámitott mérési eredményeinket - R/h -ban - a 4. táblázat tartalmazza.

4. táblázat

Távolság cm	I. geometria MR/h	II. geometria MR/h	III. geometria MR/h
13,9	1,887	-	-
15,9	-	1,96	-
20,4	-	-	1,507
20,9	-	-	-
23,9	0,860	-	-
25,4	-	-	0,936
30,4	-	-	0,663
33,9	0,391	-	-
35,9	-	0,38	-
40,4	-	-	0,396
40,9	-	-	-
53,9	0,170	-	-
55,9	-	0,18	0,184
60,4	-	-	0,142
70,9	-	-	-
73,9	0,0899	-	-
75,9	-	0,114	0,105
80,4	-	-	0,0899
93,4	0,0621	-	-
95,9	-	0,069	-
100,4	-	-	0,0574
100,9	-	-	
105,4	-	-	0,055
113,9	0,0376	-	-
115,9	-	0,0402	-
120,4	-	-	0,0411
130,9	-	-	-
133,9	0,0264	-	-
135,9	-	0,0284	0,0282
140,4	-	-	0,0295
153,9	0,0200	-	-
155,9	-	0,0221	-
160,4	-	-	0,0230
160,9	-	-	
165,4	-	-	0,0203
173,9	0,0156	-	0,0189
175,9	-	0,0178	-
180,9	-	-	-
183,9	0,0125	-	-
185,9	-	0,0153	0,0147
190,4	-	-	0,0158

IRODALOM

1. Hirling, J., Stenger, V., Energia és Atomtechnika, 22 /1969/ 446
2. Szabó, F., Gróh, R., IAEA Techn. Rep. Series, 46 /1965/ 96
3. Gróh, R., I. Magkémiai Szimp., Debrecen /1965/

4. Bod, L., Measurements with the Hungarian heat-flow calorimeter, IAEA-128 /1970/ 24-30
5. Holm, N.W., Berry, R.J., Manual on radiation dosimetry, Dekker, N.Y. /1970/
6. Fóti, E., Metallurgical Society Conferences, Vol. 51. /1969/ 417
7. Lefort, M., Ann.Rev.Phys.Chem., 9 /1958/ 123
8. Fricke, H., Phil.Mag., 7 /1929/ 729
9. ASTM D 1671-63
10. Hart, E.J., Walsh, P.D., Radiation Res., 1 /1954/ 342
11. Taimuty, S.J., Towle, L.H., Peterson, D.L., Nucleonics, 17 /1959/ 8, 103
12. Dewhurst, H.A., J.Chem.Phys., 19 /1951/ 1329
13. Dvornik, J., Lee, U., Ranogajec, F., "Food Irradiation" International Atomic Energy Agency, Vienna 81 /1966/
14. Horváth, Zs., Bányai, É., Földiák, G., Radiochemica Acta, 13 /1970/ 150

Radioaktiv izotópok biológiai hatásának vizsgálata csirkeembrió transzfer ribonukleinsavain

SZABÓ L.
Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és
Sugáregészségügyi Kutató Intézet, Budapest

Csirkeembrió májából készitett kontroll és ^{32}P-vel jelzett transzfer ribonukleinsavak aminosavmegkötő-képességének in vitro vizsgálata.

Исследование биологического влияния радиоактивных изотопов на трансферных рибонуклеиновых кислотах цыплячих зародышей
Сабо, Л.
In vitro исследование способности завязывания аминокислот контрольными и меченными ^{32}P трансферными рибонуклеиновыми кислотами, изготовленными из печени цыплячих зародышей.

Investigation of the biological effects of radioisotopes on the transfer ribonucleic acids of chicken embryo
Szabó, L.
In vitro study of amino-acid bonding capacity of control and ^{32}P-labelled transfer ribonucleic acids, prepared of levers of chicken embryos.

A radioaktivizotóp-készitmények előállitásának és felhasználásának üteme világszerte növekvő tendenciát mutat. Napról-napra csökken a gazdasági szféra azon ágainak száma, amelyekben még nem vezették be, vagy a közeli jövőben nem vezetik be a radioaktiv izotópokat. Az ember életéért és egészségéért folytatott küzdelemben is megtalálták helyüket a sugárzó izotópok[1-6]. Azonkivül, hogy a gyógyászatban és a betegségek diagnosztikájában egyre fokozódik a felhasznált radioaktiv izotópok mennyisége és fajtáinak száma, alkalmazásuk révén nagyon komoly eredményeket értek el a gyógyászati anyagok és élelmiszerek tartósitása terén is[7].

Hazánkban is, más kisebb országokhoz hasonlóan, az ötvenes évek második felében kezdődött meg a sugárzóanyagok szélesebb körü felhasználása. Az első mesterséges radioaktivizotóp-szállitmány 1954-ben érkezett meg a Szovjetunióból, és ezzel elkezdődhetett a modern izotóptechnika bevezetése a tudományos kutatásban, az orvosi gyakorlatban, az iparban és a mezőgazdaságban. 1959-ben már saját atomreaktorunk is elkezdte munkáját. A fejlődés hazai ütemét jól szemléltetik azok a tény, hogy a forgalomba kerülő izotópkészitmények száma alig másfél évtized leforgása alatt mintegy tizszeresére emelkedett[8].

Az izotópok termelésének és alkalmazásának nagyarányu növekedése azonban, vitathatatlan hasznosságuk mellett, ujabb problémákat is felvetett. A sugárzóanyagok felhasználásának legkülönbözőbb területeiről érkeztek jelzések a lehetséges károsító hatásokról is. Az első ilyen komoly figyelmeztetést jelentő vizsgálatokat Hershey és munkatársai végezték el radioaktiv foszforra. Kimutatták, hogy a baktèriumok virusaiba - a bakteriofágokba - inkorporált ^{32}P lebomlása a bakteriofágok pusztulását okozza[9]. Ezt követően, 1951-től napjainkig, számos olyan tudományos közlemény látott napvilágot, amelyeknek szerzői az élő szervezetekbe inkorporált radionuklidok biológiai hatásait tanulmányozták[10-17]. Kezdettől fogva megkülönböztetett figyelemmel tanulmányozták azoknak a radionuklidoknak a hatását, amelyek biológiai fontosságu makromolekulákba /elsősorban nukleinsavakba/ épülnek be, majd azokban intramolekulárisan radioaktiv bomlást szenvednek. Ezek a radioaktiv elemek az élő szervezetek anyagcsere-folyamatai során a biopolimérek elemeinek stabil izotópjai helyett épülnek be, és majd az élőlények pusztulásához vezetnek. El is nevezték ezeket a vizsgálatokat "suicide", azaz öngyilkossági kisérleteknek. E vizsgálatok sorozatában a radioaktiv foszfor után rövidesen megjelentek más biológiai fontosságu elemek /H, C, S/ radioaktiv izotópjaival kapcsolatos vizsgálatok első eredményei is. A triciummal végzett kisérletekről elsők között Strauss[18], a ^{14}C-vel végzettekről pedig McQuade és mtsai[19] számoltak be. Röviddel ezután Strauss[20] irt a kén radioaktiv izotópjáról, és a ^{35}S-ről, mint sejthalált okozó nuklidról.

A felsorolt elemeken kivül természetesen nem hanyagolhatók el azoknak az elemeknek a radioizotópjai sem, amelyek kisebb mennyiségben fordulnak elő az élő szervezetben /például I/, vagy amelyek helyére a hasonlóság elve alapján épül be radionuklid /például Ca - ^{90}Sr/.

A kérdés fontosságát csak fokozza az a tény, hogy egyes radionuklidok a nukleáris fegyverek kipróbálásánál tömegesen kerülnek a bioszférába, és nagymértékben veszélyeztetik egészségünket /például ^{14}C, ^{3}H, ^{90}Sr stb./. A biológiai jelentőségü radionuklidok legfontosabb sajátságait az 1. táblázatban foglaltuk össze.

A kutató laboratóriumokból kikerülő - elsősorban alacsonyabb szervezettségü élőlényeken végzett vizsgálatok eredményei mellett - a közelmultban jelentek meg olyan közlemények is, amelyek a terápiás vagy éppen diagnosztikai célból adott radioaktiv izotópok részéről fenyegető veszélyre figyelmeztetnek[21,22]. A teljesség igénye nélkül felsorolt problémák vezettek bennünket arra, hogy a radioaktiv izotópok különféle hatásainak vizsgálataihoz olyan

I. táblázat

Néhány biológiai jelentőségü radionuklid fontosabb bomlási sajátságai

Radioaktiv-izotóp	Képződő leány-elem	Fizikai felezési idő	β-energia /MeV-ben/: Maximális	Átlagos
$^{3}_{1}H$	$^{3}_{2}He$	12.3 év	0.0181	0.0057
$^{14}_{6}C$	$^{14}_{7}N$	5570 év	0.156	0.045
$^{32}_{15}P$	$^{32}_{16}S$	14.3 nap	1.71	0.70
$^{33}_{15}P$	$^{33}_{16}S$	25 nap	0.25	0.093
$^{35}_{16}S$	$^{35}_{17}Cl$	86.7 nap	0.167	0.049
$^{90}_{38}Sr$	$^{90}_{39}Y$	28 év	0.54	?
$^{131}_{53}I$	$^{131}_{54}Xe$	8.1 nap	0.97	0.19

biológiai rendszert /objektumot/ keressünk, amely lehetővé teszi az ilyen fajta kisérletek több paraméterének párhuzamos tanulmányozását. Ilyen rendszernek bizonyult a csirkeembrió, amelybe ha fejlődésének meghatározott szakaszában radioaktiv izotópot injiciálunk, akkor, a csirkeembrió zártrendszer jellege miatt, viszonylag rövid idő alatt optimális feltételek mellett vizsgálható bármely radionuklid biológiai hatása[23-27]. Az optimális jelzési feltételek az embrionális fejlődés során azt is lehetővé teszik, hogy viszonylag nagy fajlagos aktivitásu biológiai fontosságu makromolekulákat izoláljunk, és megfelelő tárolási feltételek mellett a későbbiekben in vitro is tanulmányozhassuk.

Jelen dolgozatunkban olyan makromolekulák in vitro tanulmányozásáról számolunk be, amelyeknek szerkezete ma már eléggé ismert, tisztán előállithatók, funkciójuk jól mérhető. Ezek az un. transzfer ribonukleinsavak, ame-

lyeknek szerepe az élő szervezetekben a fehérjeszintézis kezdeti lépéseiben ma már tisztázottnak tekinthető[28-30]. Kisérleteink során csirkeembriók májából kontroll és ^{32}P-vel jelzett transzfer ribonukleinsavakat /tRNS-eket/ állitottunk elő. A jelzett tRNS fajlagos aktivitása o,o3 mCi ^{32}P/mg tRNS volt. A továbbiakban megvizsgáltuk ezeknek a tRNS-eknek az aminosavmegkötő-képességét /^{14}C-aminosavakkal/ közvetlenül a tRNS-ek izolálása után és a ^{32}P egy, illetve két fizikai felezési idejének eltelte után. Mind a kontroll, mind a jelzett tRNS készitmények tárolása ez időtartamok alatt -20 ^{o}C-on történt. Az aminosavmegkötő-képesség meghatározásához a radioaktiv aminosavon kivül adenozin-trifoszfátot, Mg^{++}-ot és homológ aminoacil-tRNS szintetáz enzimet használtunk.

Kisérleteink eredményeit a 2. táblázatban foglaltuk össze. Az aminosavmegkötő-képességet 1 mg tRNS-re vonatkoztatott 10^{-12} mol ^{14}C-aminosav

2. táblázat

Kontroll és ^{32}P-tartalmu tRNS-ek aminosavmegkötő-képessége a tárolási idő függvényében

Tárolás napja	Kontroll tRNS		^{32}P-tRNS	
0.	950±30	100%	900±20	94%
14.	930±20	100%	570±25	61%
28.	890±30	100%	380±30	42%

mennyiségben fejeztük ki. Emellett feltüntettük %-ban is a változást, ami minden esetben az azonos ideig és azonos feltételek mellett tárolt kontroll tRNS-ekre vonatkozik, amit 100%-nak vettünk. Megjegyezzük, hogy a kontroll tRNS készitmények aminosavmegkötő-képessége a tárolási idők alatt jelentősen nem változik.

A továbbiakban tisztázni kivántuk, hogy az aminosavmegkötő-képesség ^{32}P bomlása során tapasztalt csökkenése mennyiben tudható be a radionuklid β-részecskéjének és mennyiben az intramolekulárisan lejátszódó radioaktiv bomlást kisérő un. helyi jelenségeknek[31]. E célból kisérleteinket olyan kontroll rendszerekkel egészitettük ki, amelvekben a kontroll tRNS készitményekkel együtt tároltunk o,o3 mCi, illetve o,3 mCi ^{32}P-t. Ebben az esetben a radionuklid mint külső sugárforrás hatott a tRNS molekulára. Két-, illetve négyheti tárolás után /-2o ^{o}C!/ szintén meghatároztuk az aminosavmegkötő-képesség változását. E kisérletek eredményeit a 3. táblázatban

3. táblázat

Kontroll és különböző aktivitásu ^{32}P jelenlétében tárolt tRNS-ek aminosavmegkötő-képessége a tárolási idő függvényében

Tárolás napja	Kontroll tRNS		Kontroll tRNS + o,o3 mCi ^{32}P		Kontroll tRNS + o,3 mCi ^{32}P	
0.	950±30	100%	945±25	99%	950±30	100%
14.	930±20	100%	910±40	97%	870±20	94%
28.	890±30	100%	850±20	96%	810±30	91%

tüntettük fel. A külsőleg hozzáadott, majd ugy tárolt ^{32}P lehetséges cseréjének kizárására a kontroll tRNS foszforatomjaival olyan kontroll kisérleteket is végeztünk, amelyekben a külső β-sugárforrást az ^{90}Y szolgáltatta, amely inert sójának alakjában volt jelen. /A ^{90}Y fizikai felezési ideje 2,6 nap, átlagos β-energiája 0,9 MeV/[32-35]. Az alkalmazott kiindulási aktivitás ez alkalommal o,3 mCi volt, de a tárolási idő a fizikai felezési időknek megfelelően csak 2,6, illetve 5,2 nap volt. Ezeknek a kisérleteknek az eredményeit a 4. táblázatban tüntettük fel.

4. táblázat

Kontroll és o,3 mCi ^{90}Y jelenlétében tárolt tRNS-ek aminosavmegkötő-képessége a tárolási idő függvényében

Tárolás napja	Kontroll tRNS		Kontroll tRNS+o,3 mCi ^{90}Y	
0.	950±30	100%	950±25	100%
2,6.	945±40	100%	870±20	92%
5,2.	950±15	100%	790±25	89%

Megjegyzés: az aminosavmegkötő-képességet minden esetben az 1 mg tRNS által megkötött ^{14}C-valin 10^{-12} molnyi mennyiségében fejeztük ki.

Kisérleti adatainkból nyilvánvalóan kitünik, hogy a csirkeembrióból izolált máj-tRNS-ek funkciója kifejezettebben változik az intramolekulárisan lebomló ^{32}P atomok hatására, mintha ugyanez a dózis vagy éppen 10-szer nagyobb dózis is kivülről sugározza be a tRNS molekulákat. Továbbá a kül-

sőleg alkalmazott radioaktiv foszfor hatásától jelentősen nem tér el a radioaktiv ittrium hatása sem, bár ez utóbbi átlagos energiája magasabb is, mint a radioaktiv foszforé.

E jelenség magyarázatában fontos szerepet tulajdonitunk az intramolekuláris radioaktiv bomlást kisérő transzmutációnak, amely uj elem megjelenését jelenti az adott biopolimérben. S ha a radioaktive jelzett elem olyan kulcsfontosságu helyet foglal el a molekulában, mint a foszfor, amely a nukleinsavak primér szerkezetének kialakitásával a molekula térszerkezetét is determinálja, akkor az ide beépült radionuklid transzmutációja az ionizáló sugárzástól várható elváltozásokat messze meghaladó károsodáshoz vezethet /36-40/.

A tRNS-ek károsodása pedig végső fokon az élő szervezet fehérjeszintézisének zavarain keresztül vezethet beláthatatlan következményekhez.

IRODALOM

1. Hevesy, G., Radioactiv indicators /1948/
2. Várterész, V., Sugárbiológia /1963/
3. Tigyi, J., Doktori értekezés /1964/
4. Kocsár, L., Kandidátusi értekezés /1966/
5. Niedetzky, A., Kandidátusi értekezés /1966/
6. Stanbury, J.B., J. Nucl. Med. 11 /1970/ 586
7. Antoni, F., Doktori értekezés /1968/
8. Tétényi, P., Kémiai Közl., 32 /1969/ 321
9. Hershey, A.D., Kamen, M.D., Kennedy, J.W., Gest, H., J. Gen. Physiol., 34 /1951/ 305
10. Stent, G.S., Fuerst, C.R., J. Gen. Physiol., 38 /1955/ 441
11. Mcfall, E., Pardee, A.B., Stent, G.S., BBA, 27 /1958/ 282
12. Stent, G.S., Fuerst, C.R., Advan. Biol. Med. Phys., 7 /1960/ 1
13. Fox, M.S., J. Mol. Biol., 6 /1963/ 85
14. Drobnik, J., Radiat. Res., 21 /1964/ 339
15. Davern, C., J. Mol. Biol., 32 /1968/ 151
16. Moustacchi, E.,Biological effects of trasmutation and decay of incorporated radioisotopes IAEA, Vienna /1968/
17. Oftedal, P., Kaplan, V.D.,Biological effects of transmutation and decay of incorporated radioisotopes IAEA, Vienna /1968/
18. Strauss, B.S., Radiat. REs., 8 /1958/ 234
19. Ncquade, H.A., Friedkin, M., Atchinson, A.A., Exptl. Cell. Res., 11 /1956/ 249
20. Strauss, B.S., Radiat. Res., 11 /1959/ 345

21. Chone, B., Therapiewoche, 34 /1967/ 1178
22. Cobau, C.D., Simons, C.S., Meyers, M.C., Am. J. Med. Sci., 254 /1967/ 151
23. Szabó, L.D., Antoni, F., Köteles, G.J., Holland, J., Hidvégi, E.J., Várterész, V., Biological effects of transmutation /1968/
24. Köteles, G.J., Antoni, F., Szabó, L.D., Várterész, V., Studia Biophysica, Berlin 7 /1968/ 89
25. Szabó, L.D., Antoni, F., Köteles, G.J., Holland, J., Hidvégi, E.J., Studia Biophysica, Berlin 7 /1968/ 97
26. Köteles, G.J., Antoni, F., Szabó, L.D., Int. J. Radiat. Biol., 152 /1969/ 245
27. Köteles, G.J., Antoni, F., Szabó, L.D., Atomkernenergie /ATKE/ 14 /1969/ 363
28. Bayev, A.A., Venkstern, T.V., Mirzabekov, A.D., Krutyilina, A.L., Axelrod, V.D., Fodor, I., Kaszarinova, L.Ya., Engelhardt, V.A., Structure and function of tRNA and 5S RNA /1968/
29. Cramer, F., Erdmann, V.A., von der Haar, F., Schlimme, E., J. Cell. Physiol., 74 /1969/ 163
30. Staehelin, M., Experientia, 27 /1971/ 1
31. Baenes, J.W., Burgus, W.H., Miskel, J.A., Radioactivity applied to chemistry /1951/
32. Jacob, A., Dietrich, G., Strahlentherapie, 107 /1958/ 3
33. Notter, G., Melander, O., Johansson, L., Acta Radiol., 7 /1968/ 17
34. Bell, M.C., Sasser, L.B., West, J.L., Wade, L., Radiat. Res., 43 /1970/ 71
35. Печуренков, В.Л., Генетика, 6/1970/67
36. Szabó, L.D., Antoni, F., Holland, J., Köteles, G.J., Várterész, V., Материалы юбилейной научной сессии Ленинградского Рентгено-радиологического института, 1968
37. Köteles, Gy., Szabó L.D., Antoni, F., Radioaktiv izotópok a tud. kutatásban c. szimpózium előadáskivonatai /1969/
38. Szabó, L.D., Antoni, F., Bölöni, E., Radioaktiv izotópok a tud. kutatásban c. szimpózium előadáskivonatai /1969/
39. Antoni, F., Szabó, L.D., Várterész, V., Symp. Proc. 4th Int. Congr. Radiobiology /1970/
40. Szabó, L.D., Antoni, F., Várterész, V., Abstr. 4th Int. Congr. Radiobiology /1970/

HIREK

NUKLEÁRIS ENERGETIKA

Kapica professzor /Szovjetunió/ laboratóriumában olyan termonukleáris reaktor terveit dolgozták ki, amelyben a gömbvillámokhoz hasonlóan megy végbe a nagyfrekvenciás plazmakisülés. A kisérletek során létrehozott forró plazmaszálak elektronhőmérséklete megközelitette az egymillió fokot.
Delta 1971. március.

Az obnyinszki Fizikai-Energetikai Intézet kutatói eredményesen próbáltak ki egy kisméretü, hordozható atomreaktort. A reaktor aktiv zónájában 30 kg-nyi ^{235}U van. A reaktor annyi hőt termel, amennyi 50 000 tonna szén elégetésekor szabadulna fel. Öt esztendőre adja a fütést egy kb. 3-5000 lakosu sarkvidéki településnek.
Magyar Hirlap 1971. március 28.

A Szovjetunióban sikeresen fejeződött be egy néhány kilowattos teljesitményü termoemissziós atomenergetikai berendezés kipróbálása. A berendezés a világon elsőként alakitja az atomenergiát közvetlenül villamos energiává.
Magyar Nemzet, Magyar Hirlap, Népszabadság 1971. március 26.

Az angliai Berkshire, Manchester és Lancashire kutatói a volfrámot 24-ezermillió elektronvoltos protonokkal bombázva másodlagos magreakciók révén, előállitották a 112. elemet. A kisérleti bizonyitékok szerint a másodlagos magreakciók termékeként 110-114-es rendszámu elemek izotópjai is képződhetnek.
Delta 1971. április.

IPARI IZOTÓPALKALMAZÁS

A BNV-n a találmányok pavilonjában bemutatták Bálint Tibor és Laky János /MÁFKI/ találmányát, amely folyadékok automatikus elemzését végzi. A berendezés sugárabszorpciós elven müködik, és jól használható folyékony kőolajtermékek kén-, benzinek ólom-, valamint motorolajok bárium- és cinktartalmának folyamatos mérésére.
Élet és Tudomány 1971. május 21.

A Szovjetunióban termoelektromos generátort szerkesztettek, amely kb. 10 évig üzemképes és 12-32 V feszültségü áramot termelve 30 W összteljesitménnyel üzemeltet 200 km hatósugaru jelzőbóját. A teljesitmény akkumulátor-tömb csatlakozással impulzusüzemben 2,5 kW-ra növelhető. A generátor fütőanyaga ^{90}Sr, amely bomlási hőjét a bizmut-tellurid félvezető termoelemek alakitják át villamos energiává.
Delta 1971. március.

Montreálban kiállitották a svájci gyártmányu Oscillaform atomórát, amely az első Európában készült hordozható atomóra. Müködését a neunburgi csillagvizsgáló atomórájához igazitották. Más időmérő müszerekkel összehasonlitva 300 év alatt mindössze egy másodpercet fog eltérni a pontos időtől.
A MEDOSZ Lapja 1971. március 16.

Kaliforniában megvizsgálták az autóutak mentén a talaj és a növényzet ólomtartalmát radioaktiv izotópokkal. Teljes bizonyossággal igazolták, hogy az ólom benzin-adalékokból származik. Az ólomvegyület a motorhajtóanyagokba kopogásgátlóként adagolt ólom-tetraetil bomlásterméke, amely a kipufogó gázban feldusul.
Napló /Veszprém/ 1971. április 3.

MEZŐGAZDASÁGI IZOTÓPALKALMAZÁS

Az Élelmiszeripari Kutató Intézetben hat szamócafajtával végeztek tartósitási kisérleteket, s megállapitották, hogy radioaktiv besugárzással a tárolhatóság másfélszeresére növekszik, a veszteségek pedig minimálisra csökkenthetők.
MTI, Pestmegyei Hirlap, Fejérmegyei Hirlap 1971. május 21.

A nyiregyházi Agrotechnikai Kutató Intézet a növénynemesitők munkáját segiti elő a növények tápanyagfelvételét vizsgáló radioaktiv izotópos vizsgálataival.
Keletmagyarország /Nyiregyháza/ 1971. május 22.

A Kansasi Egyetem /USA/ biológusai a viz tökéletes csirátlanitására trijodid-mügyanta ioncserélőt készitettek. Radioaktivan jelzett baktériumokkal megállapitották, hogy bár 92-96% a vizzel kikerül az oszlopból, de már élettelen állapotban. A kisérleteket szalmonellával és streptococcus faecalisszal fertőzött vizzel, erősen lugos anioncserélőt alkalmazva végezték. A berendezés hosszu életü, és gyakorlati alkalmazásra kiválóan alkalmas.
Élet és Tudomány 1971. május 28.

Az United Nations Development Program 1970. decemberében tartott értekezletén elhatározták, hogy a gyümölcslégy /Ceratitis capitata /Wiedemann// sterilhimes kiirtásának kisérletét tovább folytatják, és kiszélesitik.
Nuclear News /USA/ 1971. március.

NUKLEÁRIS ORVOSTUDOMÁNY

A moszkvai Röntgen-Radiológiai Tudományos Kutató Intézetben uj, hatékony agydaganat-diagnosztikai módszert dolgoztak ki: kismennyiségü radioaktiv izotóppal megjelölt indikátort adnak be a betegnek. Néhány perc mulva a kóros rész jól körülhatárolható.
MTI, Békés Megyei Népujság /Békéscsaba/ 1971. április 4.

Az Oak Ridge Associated Universities kutató kórházában uj módszert dolgoznak ki leukémiásokba való csontvelőátültetésre. A betegeknek egy hétig minden nap antilimfocita-globulin-injekciókat adnak, hogy a védekező mechanizmust elnyomják. Ezután 40 R/perc intenzitásu 500 R sugárzásnak teszik ki, hogy az elnyomó hatást növeljék. A besugárzást követő napon intravénás csontvelőinjekciót adnak; a velőt testvértől veszik, akinek sejttipusa összefér a betegével. A fertőzést azáltal gátolják, hogy a beteget ultratiszta szobában, szürt, lamináris levegőáramban tartják.
Nuclear News /USA/ 1971. március.

A Szovjetunióban is kidolgozták a nukleáris energiaforrásu elektrokardiostimulátor kisérleti példányát. A plutóniumforrásos, termoelektromos generátor teljesitménye 160 - 200 µW, feszültsége 5,5-6 V, garantált élettartama legalább 10 év. Az 1969-es kisérletek során használt generátor 47 g tömegü volt, a közeljövőben azonban ezt 20-25 g-ra fogják csökkenteni.
Atomnaja Energiaja májusi száma.

A jülichi /NSZK/ Magkutató Központ Orvostudományi Intézetének kutatói készüléket szerkesztettek a szivbetegségek gyorsabb és pontosabb felismerésére. A szivrendellenességek lokalizálásának és mérésének céljából $^{113}In^{m}$ izotópot fecskendeznek a betegbe. Az izotóp megérkezését és átjutását a γ-kamra jelzi a sziv egyes szegmentumain. A mérések mindössze három percig tartanak, az automatikusan felrajzolt görbe kiértékelése pedig 20 percig. A szivkatéterrel folytatott vizsgálathoz képest ez a vizsgálat kevesebb megterhelést jelent a beteg számára, és egyben veszélytelenebb is.
Fejérmegyei Hirlap /Székesfehérvár/ 1971. május 12.

Az Ohioi Állami Egyetemen /USA/ kidolgozott eljárással radioaktiv ^{111}In-izotópot fecskendeznek be az emberi szervezetbe. A rosszindulatu daganatos helyeken megkötődő izotóp detektálható. A módszer jelenleg kisérleti jellegü, tömeges vizsgálat céljaira még nem alkalmas.
Delta 1971. május.

Bethesdai /USA/ kutatók és szivspecialisták kisérleteket végeznek a szivritmus elektromos szabályozására. Eddig Hg-elemet használtak, most ezt ^{238}Pu izotóppal helyettesitették. Azt várják, hogy ez 10-20 évig is szolgáltathat áramot. A radioaktiv Pu-ot három fémréteg boritja, a környező szövetek sugárterhelése óránként mindössze 5 mrad, ami nem több, mint a fluoreszkáló karórák sugárzása. A kutyán végzett kisérletek sikere lehetővé teszi, hogy emberen is alkalmazzák a "pacemaker"-t.
Élet és Tudomány 1971. május 7.

NEMZETKÖZI ESEMÉNYEK

1971. májusában Balatonfüreden rendezték a III. Nemzetközi Sugárkémiai Szimpóziumot. A balatonfüredi rendezvényen 5o külföldi 17o hazai kutató vett részt. /A hazai kutatók előadásainak röviditett tartalmáról az IZOTÓPTECHNIKA 1971. évi 7. száma tájékoztat./
MTI, Napló /Veszprém/ 1971. május 12.

Sraub F.Brunó akadémikus, az Országos Atomenergia Bizottság elnökhelyettese a Parlamentben tartott sajtótájékoztatóján elmondta, hogy az 197o. március 5-én hatályba lépett atomsorompó-szerződésben foglaltak betartásának ellenőrzésével a bécsi Nemzetközi Atomenergia Ügynökséget bizták meg, amely 197o-ben nemzetközi bizottságot hivott életre a biztositási, ellenőrzési módszerek kidolgozására.
MTI, 1971. május 8.

Kolozsvárott az Orvostudományi Társaságok Szövetsége nemzetközi szimpóziumot rendezett radioaktiv izotópok gasztroenterológiai felhasználásáról.
Előre 1971. május 16.

VEGYES HIREK

Francia kutatók Grenoble-ban folyékony mügyantával itattak át, majd besugárzással kezeltek egy több ezer éves, fából készült egyiptomi jármot. Hasonló módszert használnak vizzel átitatott faépitmények, régi kéziratok, és egyéb ásványi, növényi és állati eredetü anyagok megmentésére.
Élet és Tudomány 1971. április 23.

Szovjet mérnökök a tengerfenék ásványainak kutatására olyan szondákkal dolgozó berendezéseket fejlesztettek ki, amelyeket a hajó fedélzetéről bocsátanak le a tengerfenékre. A radioaktiv izotópokkal és impulzusérzékelőkkel müködő készülék a γ-sugarak elnyelési fokától függően szolgáltat információt az ólom, arany, mangán, vas és más elem lelőhelyéről. Az első kisérletek arra vallanak, hogy a készülékek 35-5o méteres mélységig teszik lehetővé a geológiai kutatást. MTI 1971. április 2o.

Az Atomkernenergie májusi számában rövid közlemény ismerteti a politetra-fluoretilén dozimétert, amellyel kb. 10^{11} rad γ-dózis mérhető.

\+ + +

A hazai orvosi izotópalkalmazás kutatására, terjesztésére és szakmai összefogására a Magyar Orvostudományi Társaságok és Egyesületek Szövetsége keretében megalakul a

MAGYAR ORVOSTUDOMÁNYI NUKLEÁRIS TÁRSASÁG.

A Társaság alakuló közgyülését Budapesten szeptember 28-án tartja.

A Társaság célja:

a hazánkban több mint két évtizede folyó orvosi izotópkutatás és -alkalmazás egyre szélesedő módszertani eredményeinek terjesztése,

a nukleáris medicinának, mint uj tudományágnak az elismertetése,

az alkalmazási területeket átfogó egységes szakmai szemlélet és nyelv kidolgozása és terjesztése,

a kutatóhelyek közötti információcsere gyorsabbá tétele.

A MONT Szervező Bizottsága kéri a céljaikkal egyetértőket, hogy a Társasághoz való csatlakozási szándékaikat a következő cimre jelentsék be:

Debreceni Orvostudományi Egyetem I.sz. Belklinika, Debrecen 12.

MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA

309.024

IZOTÓPTECHNIKA

14. ÉVFOLYAM 7-8. SZÁM

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA IZOTÓP INTÉZETE

IZOTÓP BUDAPEST

IZOTÓPTECHNIKA

14. ÉVFOLYAM 7-8. SZÁM

BUDAPEST 1971. JÚLIUS-AUGUSZTUS

Szerkeszti és kiadja a Magyar Tudományos Akadémia Izotóp Intézete

A szerkesztő bizottság:

Bába Miklós
Fehér László
Földiák Gábor, a kémiai tudományok doktora /felelős főszerkesztő/
Gróz Péter
Gyimesi Zoltán
Illy József /titkár/
Kocsár László, az orvostudományok kandidátusa
Koncz József
Kovács Lórántné /munkatárs/
Máté Ferenc, a mezőgazdasági tudományok kandidátusa
Medveczky László, a fizikai tudományok kandidátusa

A szerkesztőség cime: MTA Izotóp Intézete, Bp. 114. Pf. 77. Telefon: 166-547/154

Számunk irói:

A III. Nemzetközi Sugárkémiai Szimpózium anyagát sajtó alá rendezte
Horváth Zsuzsanna,
Kovács Lórántné,
Wojnárovits László, a MTA Izotóp Intézetének munkatársai

Felelős kiadó: Földiák Gábor, az MTA Izotóp Intézetének igazgatója

Készült a MTA Központi Fizikai Kutató Intézetének házi sokszorositójában F.v.: Gyenes Imre

Eng. sz.: III/4oo/s/215/71. Budapest
1971. 7-8. szám

Index-szám: 25.399
Törzsszám: 71-5666

Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető bármely postahivatalnál, a kézbesitőknél, a Posta hirlap-üzleteiben és a Posta Központi Hirlap Irodánál /KHI Budapest V. József nádor tér 1./ 215-96162 pénzforgalmi jelzőszámára.

Évi előfizetési dija: 24o.- Ft

Egyes szám ára: 2o.- Ft

MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA

A III. NEMZETKÖZI SUGÁRKÉMIAI SZIMPÓZIUM

1971. május 10-15. között rendezte a Magyar Kémikusok Egyesülete a III. Nemzetközi Sugárkémiai Szimpóziumot.

A szimpózium a sugárhatáskémia területén folyó kutatási és fejlesztési tevékenységről adott képet, főleg a polimerkémia, a vizkémia és a szerves szintézisek vonatkozásában.

Ezen a szimpóziumon a korábbiakhoz képest lényegesen több közvetlen ipari bevezetéssel foglalkozó előadás hangzott el, az igen szinvonalas alapkutatási dolgozatok mellett.

Mint az előző szimpóziumokon, ez alkalommal is rendkivül élénk és közvetlen vita alakult ki a kutatók között, amely hozzásegitett a tudományos információcseréhez.

Olvasóink tájékoztatására a szimpóziumon elhangzott azon magyar előadások rövid tartalmát közöljük, amelyek kéziratát a szerzőik a folyóirat rendelkezésére bocsátották.

T A R T A L O M

A III. NEMZETKÖZI SUGÁRKÉMIAI SZIMPÓZIUM

Az OH-gyökök reakcióinak kinetikája szobahőmérsékletü és tulhütött vizes oldatokban..... 302
Kules I., Schiller R.

Кинетика реакций OH радикалов в водных растворах при комнатной температуре и переохлаждении
Kinetics of reactions of OH radicals in aqueous solutions at room temperature and overcooled

H_2O_2 felhalmozódása besugárzott vizes KI oldatban..... 305
Botár L., Kroó E., Zsarnay M.

Накопление H_2O_2 в облученном водном растворе KI
Accumulation of H_2O_2 in irradiated aqueous KI solutions

Viz és vizes oldatok radiolizise stabil szabadgyökök jelenlétében..... 310
Putirszkaja, G.V., Matus L.

Радиолиз воды и водных растворов в присутствии свободных радикалов
Radiolysis of water and aqueous solutions in the presence of stable free radicals

A kémiai szerkezet hatása a szénhidrogének sugárhatáskémiai bomlására..... 314
Földiák G.

Влияние химической структуры на радиационное разложение углеводородов
The effect of chemical structure on the radiation chemical yield of hydrocarbons

A π-kötés irányitó hatása egyes monoalkének radiolizisére.... 318
Cserép Gy., Földiák G.

Управляющее влияние π-связей на радиолиз некоторых моноалкенов
The directing effect of π-bonds on the radiolysis of several monoalkenes

A ciklikus szerkezet hatása a gáz halmazállapotu szénhidrogének radiolitikus bomlására..... 324
Horváth Zs., Földiák G., Gruber L.

Влияние циклической структуры на радиолитическое разложение газообразных углеводородов
Effect of cyclic structure on radiolytic decomposition of gaseous hydrocarbons

A ciklikus szerkezet hatása a szénhidrogének sugárhatáskémiai bomlására..... 328
Wojnárovits L., Földiák G.

Влияние циклической структуры на радиационно-химическое разложение углеводородов
Effect of cyclic structure on the radiation chemical decomposition of hydrocarbons

Cikloalkén - n-alkán - izoalkán elegyek radiolizisének vizsgálata..... 332
György I., Horváth Zs., Wojnárovits L., Földiák G.

Исследование радиолиза смесей циклоалкан - n-алкан - изоалкан
Investigation of radiolysis of cycloalkane - n-alkane - isoalkane mixtures

Szénhidrogénelegyek radiolizise..... 338
Roder M.

Радиолиз смесей углеводородов
The radiolysis of hydrocarbon mixtures

Az etilén sugárhatáskémiai alkilálása..... 342
Földiák G., Stenger V., Jakab A.

Радиационно-химическое алкилирование этилена
Radiation chemical alkilation of ethylene

Ionos folyamatok 3 metil-hexánban, γ-sugárzás hatására..... 347
Balog J., Tóth L., Pintér K.

Ионные процессы в 3-метил-гексане под влиянием гамма-излучения
Ionic processes in 3-methyl-hexane, initiated by gamma irradiation

Etil-benzol sugárhatáskémiai oxidációja etil-benzol-hidroperoxid jelenlétében..... 349
Kroó E., Danóczy R., Gál D.

Радиационно-химическое окисление этил-бензола в присутствии этилбензол-гидро-перекиси
Radiation chemical oxidation of ethyl-benzene in the presence of ethyl benzene hydroperoxid

Sugárzás által iniciált polimerizációs reakció és a termikus robbanások..... 351
Dobó J.

Инициированная облучением реакция полимеризации и проблема термических взрывов
Polymerization reaction, initiated by radiation and the problem of thermal explosion

Akrolein és alkil-nitril sugárzásos ko-polimerizációja karbamid csatornakomplexben..... 358
Kiss L., Polgár S.

Радиационная сополимеризация акролеина и акрил-нитрила в канальном комплексе карбамида
Radiation copolymerization of acrolein and acryl-nitril in carbamide channel complex

Akril-nitril-karbamid csatornakomplex utópolimerizációjának kalorimetrikus vizsgálata..... 361
Polgár S., Kaplan, A.M., Kiss L., Barkalov, I.M.

Калориметрическое изучение послеполимеризации канального комплекса акрил-нитрил-карбамида
Calorimetric investigation of post-polymerization of acryl-nitril-carbamid channel complex

Kristályos n-vinil-karbazol sugárzásos polimerizációja..... 364
Azori M., Tüdős F., Mohos B.

Радиационная полимеризация кристаллического n-винилкарбазола
Radiation polymerization of crystalline n-vinyl-carbazol

A lánczáródás kinetikája a sugárzásos ojtásos ko-polimerizációban..... 366
Czvikovszky T.

Кинетика обрыва цепи в радиационной сшивочной сополимеризации
Kinetics of chain termination in the radiation graft copolymerization

KIADVÁNYOK..... 372

HIREK..... 373

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 7-8. szám

Az OH-gyökök reakcióinak kinetikája szobahőmérsékletü és tulhűtött vizes oldatokban

KULES I., SCHILLER R.
MTA Központi Fizikai Kutató Intézete, Budapest

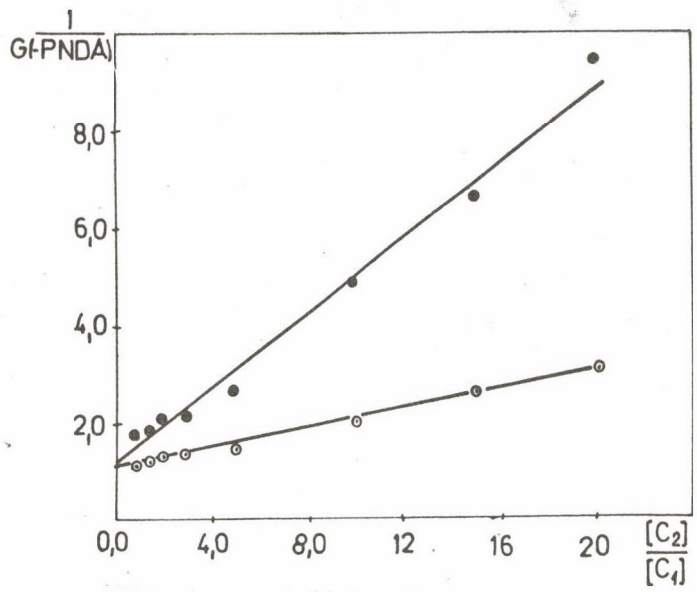
Az OH-gyökökkel szelektiven reagáló p-nitrozo-dimetil-anilin vizes oldatait vizsgálták különböző egyéb OH-gyök akceptorok jelenlétében. Az OH-gyökök eltünési reakciói gyökakceptorok jelenlétében diffuzió vezérelt folyamatok.

Кинетика реакций ОН радикалов в водных растворах при комнатной температуре и переохлаждении
Кулеш, И., Шиллер, Р.
Были изучены водные растворы р-нитрозо-диметил-анилина, селективно реагирующего с ОН радикалами в присутствии различных других акцепторов ОН радикалов. Реакции исчезновения ОН радикалов в присутствии акцепторов радикалов оказываются процессами, лимитирующимися диффузией.

Kinetics of Reactions of OH radicals in Aqueous Solutions at Room Temperature and Overcooled
Kulesh, I., Schiller, R.
Investigations were made on aqueous solutions of p-nitroso-dimethyl-aniline, reacting selectively with OH radicals in the presence of some other OH radical acceptors. The reactions of disappearance of OH radicals in the presence of radical acceptors proved to be diffusion-controlled processes.

A versengő gyökcsapdák módszerével vizsgáltuk az OH-gyököknek különböző oldott anyagokkal lejátszódó reakcióit a hőmérséklet függvényében, szobahőmérséklet és -8 ^{o}C között. Két kérdésre kerestünk választ ezekkel a vizsgálatokkal, egyrészt tudni akartuk, hogy az oldatok tulhütésének van-e valami olyan hatása a kinetikára, amely a tulhütött rendszer szerkezeti sajátságaira utalna, a sugárkémiai hozamok ugyanis már adtak számunkra ilyen jellegü felvilágositást[1]. Másrészt - és ez volt a sugárkémiai szempontból érdekesebb probléma - az OH-gyökök reakcióit kivántuk alaposabban elemezni az aktivációs energiáik tanulmányozása utján.

A két versengő reaktáns közül az egyik p-nitrozo-dimetil-anilin /PNDA/ volt, amelyről Krajlic és Trumbore[2] kimutatta, hogy szelektiven reagál az OH-gyökökkel, a másik pedig az OH-nak valamely jobb-rosszabb gyökcsapdája /I. táblázat/. Ez utóbbiak sebességi állandója között egy-két nagyságrend eltérés is fennállt. A PNDA + OH és S + OH reakciók viszonylagos sebességi állandóit a szokásos módon határoztuk meg, G/PNDA/$^{-1}$-t az [S]/[PNDA] hányados függvényében ábrázolva. Az igy nyert egyenes iránytangense a két sebességi állandó hányadosával arányos /1. ábra/.



1. ábra

A PNDA-eltünés hozamának reciproka a KBr/PNDA függvényében, két különböző hőmérsékleten ⊙ 23 °C, ●-8 °C

Megmértük különböző hőmérsékleteken a PNDA átalakulását különböző oldott anyagok koncentrációinak a függvényében, és igy egy sor reakció viszonylagos sebességi állandójának hőmérséklet-függését nyertük. A mért k_2/k_1 értékek logaritmusát 1/T függvényében ábrázolva /Arrhenius-féle ábrázolás/ egyenesekhez jutottunk /2. ábra/. Ezeknek az egyeneseknek az iránytangensét a két reakció aktiválási energiájának különbségével tekintjük általában arányosnak, mivel az aktiválási energia általános definiciója

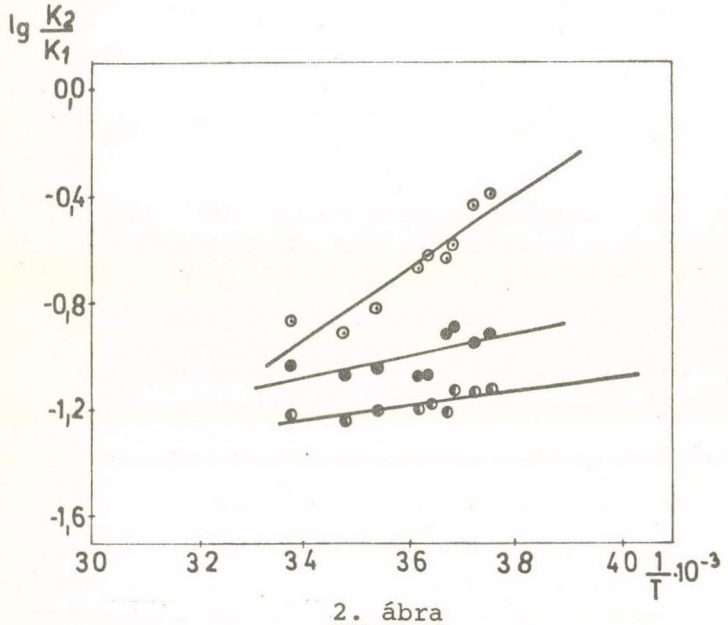
$$- R \frac{d \ln k}{d\left(\frac{1}{T}\right)} = \varepsilon \qquad /1/$$

I. táblázat

Az S + OH reakcióknak a PNDA + OH reakcióra vonatkoztatott viszonylagos sebességi állandói és aktivációsenergia-növekményei

S	k_{2obs}/k_{1obs}	$\varepsilon_2 - \varepsilon_1$ /kcal/M/
I^-	1,22	0,7±0,3
NO_2^-	0,86	-1,0±1,0
Br	0,14	-6,2±0,9
tartarát	0,06	-1,2±0,3
metanol	0,09	-1,9±0,8
etanol	0,05	-4,0±1,1

A 2. ábrán látható egyenesek sem törést, sem szakadást nem mutatnak az egyensulyi olvadáspont környékén, az aktivációs energiák különbsége tehát ugyanannyi O C felett, mint az alatt. A tulhütés e tekintetben semmi különleges hatást nem fejt ki. Meglepő azonban az aktiválásienergia-különbségek számértéke. Az I. táblázatban látható, hogy minél lassubb egy reakció, annál kisebb az aktivációs energiája.



2. ábra

A sebességi állandó hányadosok logaritmusa 1/T függvényében ◐ tartarát, ● metanol, ⊙ KBr

Közönséges reakcióknál ennek általában az ellenkezőjét tapasztaljuk, különösen ha olyan közeli rokon reaktánsokat hasonlitunk össze, mint a I^- és a Br^-.

A jelenség véleményünk szerint azzal magyarázható, hogy az OH-gyököknek minden reakciója diffuzióvezérelt folyamat, a sebességi állandókat minden esetben a Noyes-összefüggés[3] irja le. E szerint

$$k_{obs} = \frac{4\pi\rho D}{1 + \frac{4\pi\rho D}{k}} \qquad /2/$$

ρ - a reakciósugár,

D - a reaktánsok diffuzióállandójának összege,

k - a "valódi" /nem diffuzióvezérelt/ reakció sebességi állandója.

Kiszámitva k_{obs} aktivációs energiáját /2/ kifejezés segitségével, könnyü észrevennünk, hogy k növekedése mind k_{obs}, mind ε növekedését eredményezi. Az együttnövekvő sebességi állandó és aktivációs energia tehát a Noyes-tipusu diffuzióvezérlet reakciók általános tulajdonsága. Ez a tapasztalat arra mutat, hogy az általunk vizsgált reakciók mindegyike, függetlenül sebességi állandójának abszolut értékétől, diffuzióvezérelt folyamat.

IRODALOM

1. Kules, I., Schiller, R., J. Phys. Chem., 75 /1971/ megjelenés alatt
2. Kraljic, I., Trumbore, C.N., J. Am. Chem. Soc., 87 /1965/ 2547
3. Noyes, R.M., Progr. in reaction kinetics, szerk. G. Porter, Vol. I. /Pergamon, Oxford, 1961/

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 7-8. szám

H_2O_2 felhalmozódása besugárzott vizes KI-oldatban

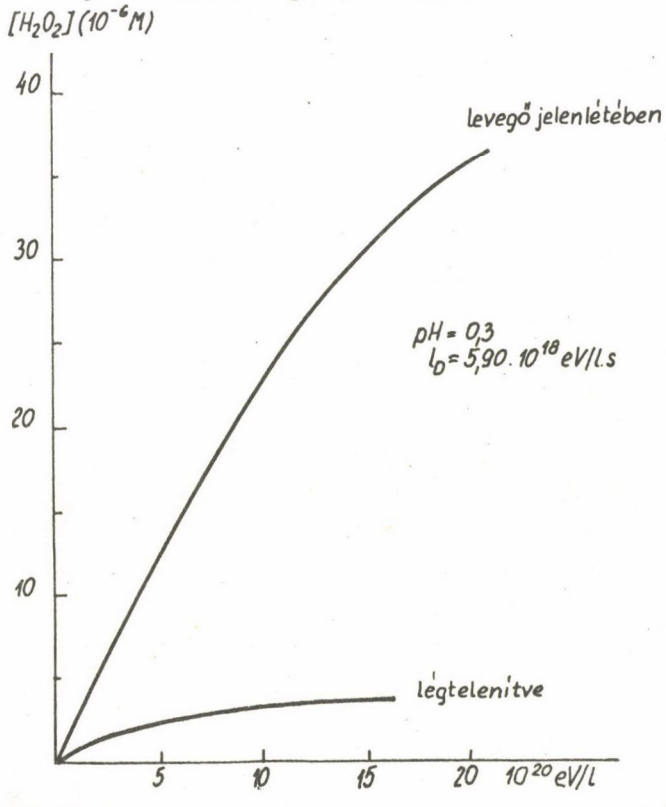
BOTÁR L., KROÓ E., ZSARNAY M.
MTA Központi Kémiai Kutató Intézete, Budapest

Kinetikai módszerek segitségével követik a vizes KI oldatok besugárzásforrásánál végbemenő H_2O_2 felhalmozódást levegővel telitett, illetve légtelenitett oldatokban.

Накопление H_2O_2 в облученном водном растворе KI
Ботар, Л., Кроо, Э., Жарнаи, М.
Накопление H_2O_2 при облучении насыщенных воздухом и обезвоздушенных водных растворов KI было проследено кинетическими методами.

Accumulation of H_2O_2 in Irradiated Aqueous KI Solutions
Botár, L., Kroó, E., Zsarnay, M.
The process of accumulation of H_2O_2 in consequence of irradiation of air saturated and deaerated aqueous KI solutions was followed by kinetic methods.

Besugárzott vizes KI-oldatban a H_2O_2 felhalmozódását telitési jellegü görbe ábrázolja /1. ábra/.



1. ábra

A kisérleti görbék értelmezésére feltételeztük, hogy a hidrogén-peroxid - legalább is levegőt tartalmazó oldatban - mind primer módon, mind pedig $HO_2^{\cdot}$-ből oxidáció utján képződik, továbbá azt, hogy fogyásában az oldott anyagokon kivül a radiolizistermékeknek is szerepük van.

Ha eltekintünk a sugárkémiai folyamatok esetén mindig fennálló térbeli inhomogenitásoktól, a hidrogén-peroxid mennyiségét az alábbi egyenlettel fejezhetjük ki:

$$\left[H_2O_2\right]_t = G^o(H_2O_2)I.t - \int_o^t k\left[H_2O_2\right]dt \qquad /1/$$

$$k = k_1[I^-] + k_2[I^-]\,[H^+] + \sum_i k_{3i}\,[P_i] \,. \qquad /2/$$

Az egyenlet $[H_2O_2]$-re megoldható:

$$[H_2O_2]_t = \frac{G^o(H_2O_2)}{k}\,(1-e^{-kt}) \qquad /3/$$

/2/ az időre nézve linearizálható:

$$\ln \frac{[H_2O_2]_t}{[H_2O_2]_{2t} - [H_2O_2]_t} = kt \qquad /4/$$

Levegőt tartalmazó oldatok

A mért adatokból számitott értékeket /4/-nek megfelelően ábrázolva megkaphatjuk a k -értékeket /2. ábra/.

Az igy kapott k -értékek segitségével a /3/ egyenletből kiszámithatjuk a koncentrációkat, - ezeknek a kisérleti adatokkal való egybevetését a 3. ábrán láthatjuk. /A folytonos görbéket a számitott értékek alapján kaptuk./

Az egyezés igen jó, bár a k -értékek nagyon érzékenyek a mért adatokra, következésképpen a számitott koncentrációk meglehetősen függetlenek a k változásától.

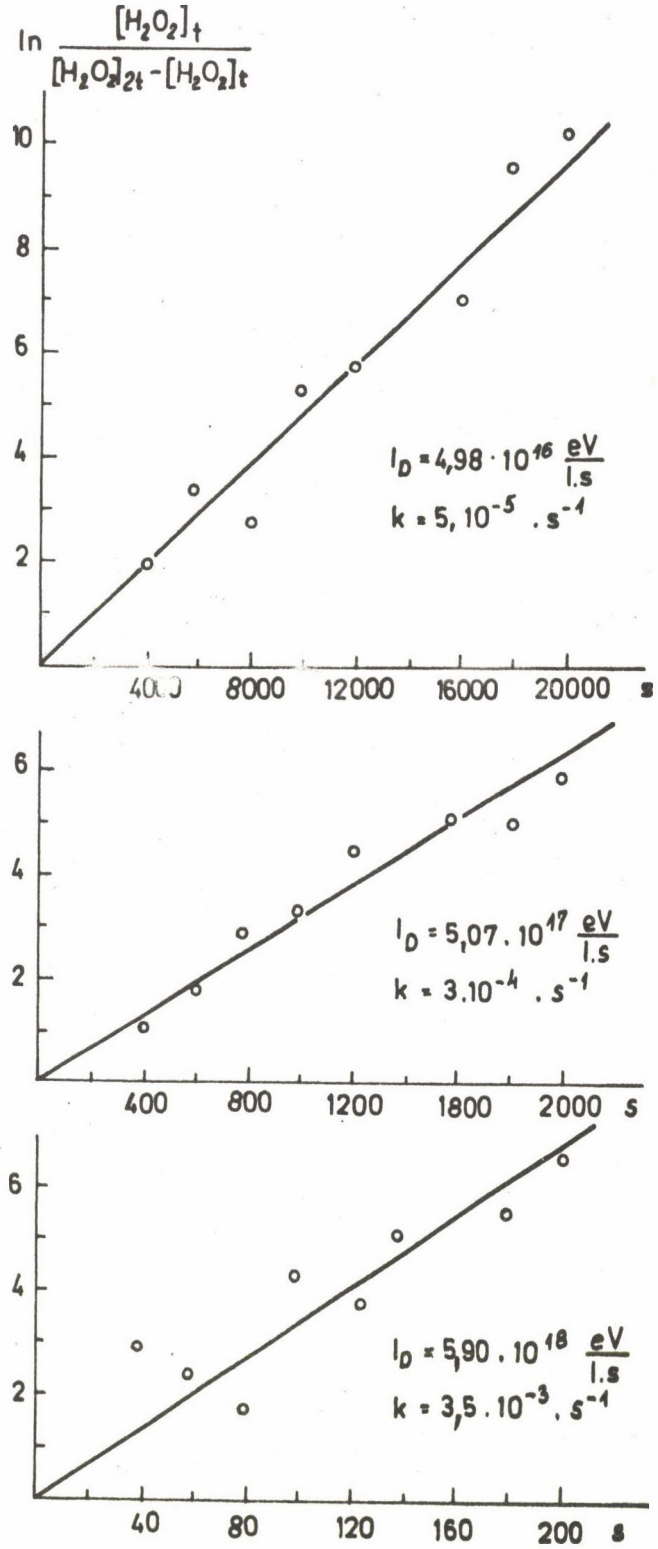
Légtelenitett oldatok

Légtelenitett oldatok esetén a koncentrációk kicsiny értéke miatt másként kell eljárnunk. A görbék alapján megbizható becslést kaphatunk a telitési koncentrációkra $[H_2O_2]_{st}$, azokból pedig k egyszerüen kiszámitható:

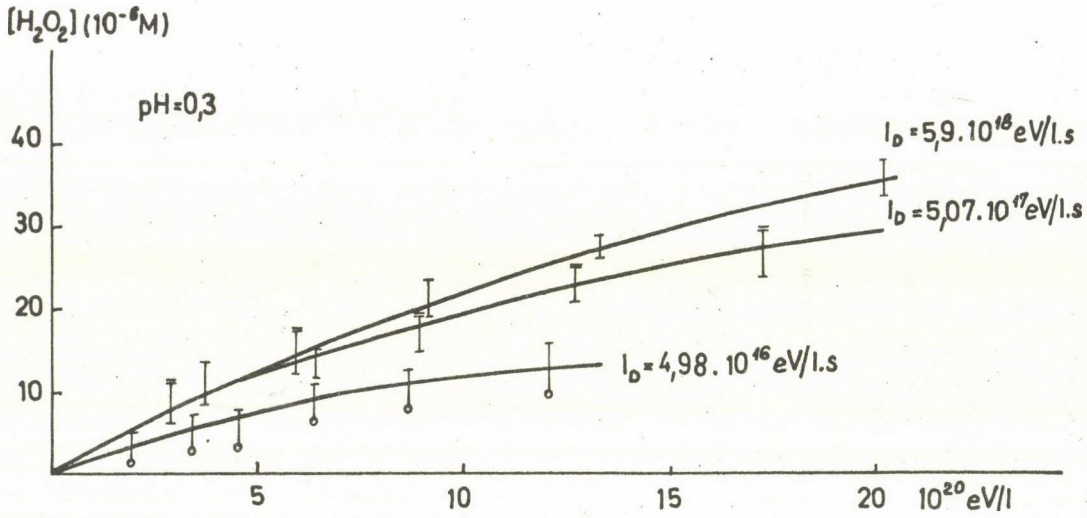
$$k = \frac{G^o.I}{[H_2O_2]_{st}} \qquad /5/$$

/3/ felhasználásával megszerkeszthetjük a $[H_2O_2]$-idő görbét, és egybevethetjük a mért adatokkal /4. ábra/. Itt is hasonlóan jó egyezést tapasztalhatunk, mint a levegőt tartalmazó oldatoknál.

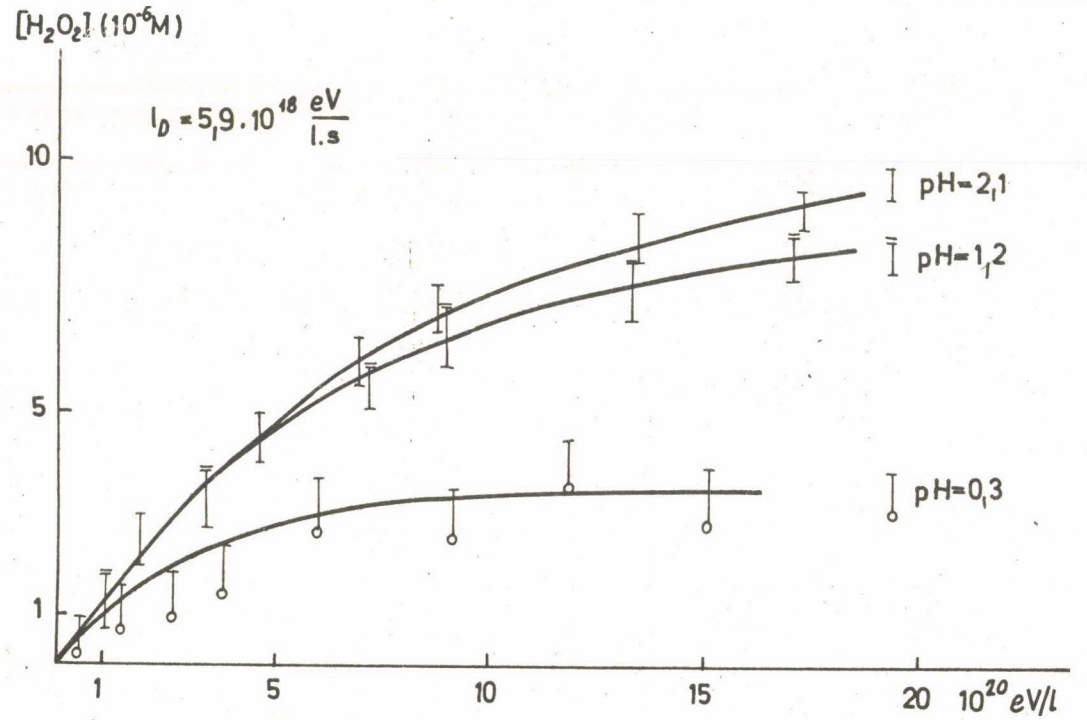
Eredményeink összhangban vannak azzal a feltevéssel, hogy a hidrogénperoxid felhalmozódásának mennyiségi alakulásában a redukáló radiolizistermékekkel való reakciók is számottevő szerepet játszanak.


ln [H2O2]t / [H2O2]2t - [H2O2]t
10
8
6
4
2
4000
8000
12000
16000
20000
s
ID = 4,98 · 10^16 eV/l.s
k = 5, 10^-5 . s^-1
6
4
2
400
800
1200
1800
2000
s
ID = 5,07 . 10^17 eV/l.s
k = 3.10^-4 . s^-1
6
4
2
40
80
120
160
200
s
ID = 5,90 . 10^18 eV/l.s
k = 3,5 . 10^-3 . s^-1

2. ábra


[H2O2] (10-6M)
pH=0,3
40
30
20
10
5
10
15
20
10^20 eV/l
I_D = 5,9.10^18 eV/l.s
I_D = 5,07.10^17 eV/l.s
I_D = 4,98.10^16 eV/l.s

3. ábra


[H2O2] (10-6M)
I_D = 5,9.10^18 eV/l.s
10
5
1
1
5
10
15
20
10^20 eV/l
pH=2,1
pH=1,2
pH=0,3

4. ábra

IRODALOM

Johnson, E.R., J. Chem. Phys. 21 /1953/ 1417
Schwarz, H.A., Loose, J.P., Allen, A.O., J.Am.Chem.Soc. 76 /1954/ 4693
Jezowska-Trzebiatovska, B., Halicinski, J., Jedrzejewski, W.,
Bull. Acad. Pol. Sci. X. 7 /1962/ 367
Senvar, B.C., Com.Fac.Sci.Univ.Ankara, Ser.B.Chim.Phys. X. 1. /1962/
Botár, L., Safarik. I., Acta Chim. Hung. 34 /1962/ 377
Sawai, T., Shinozaki, Y., Meshitsuka, G., Bull.Chem.Soc. Japan 39 /1966/ 951
Zsarnay, M., Kroó, E., Botár, L., Magy. Kém. Folyóiratban megjelenés alatt
Allen, A.O., Hochanadel, C.J., Chormley, J.A., Paris, T.W., J.Phys.Chem.,
56 /1952/ 575
Liebhafsky, H.A., Mohammad, A., J.Phys.Chem., 38 /1934/ 857
Сытилин, М.С., Физ. хим. 29/1965/573

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 7-8. szám

Viz és vizes oldatok radiolizise stabil szabadgyökök jelenlétében

PUTIRSZKAJA, G.V., MATUS L-né.
MTA Központi Kémiai Kutató Intézete, Budapest

Viszonylag nagymolekuláju szabad gyököket alkalmaz a viz, illetve a vizes oldatok tanulmányozásánál. A vizsgált stabil szabad gyökök a gyökfogási reakción kivül egyéb reakciókban is résztvesznek.

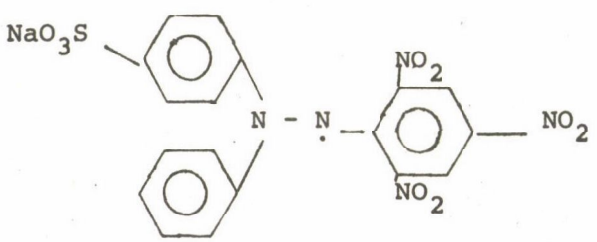
Радиолиз воды и водных растворов в присутствии свободных радикалов
Путырская, Г.В., Матуш, Л.
Изучались вода и водные растворы с применением свободных радикалов с молекулями относительно большого размера. Изученные свободные радикалы сверх реакций захвата радикалов участвуют и в других реакциях.

Radiolysis of Water and Aqueous Solutions in the Presence of Stable Free Radicals
Putirskaya, G.V., Matus, L.
Water and aqueous solutions were studied by means of free radicals of relatively high molecular weight. Free radicals participate not only in radical capture reactions but in other ones too.

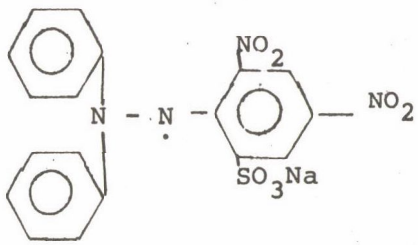
A vizben oldható stabil szabadgyökök nagy kémiai reakcióképességük miatt a kémiai folyamatokban keletkezett rövid élettartamu gyökökkel szemben fontos szerepet játszhatnak a viz és vizes oldatok vizsgálatánál. Ezek a vegyületek nem specifikusan, nagyon hatékonyan reagálnak mind a redukáló, mind az oxidáló jellegü szabad gyökökkel, amelyek a viz radiolizise alatt keletkeznek. Nagy előnyük a molekuláris vagy ionos akceptorokkal szemben az, hogy a stabil gyökök a reakció első lépésében már stabil végtermékeket adnak. Ez megkönnyiti a reakciólépések tisztázását és a végtermékek azonositását.

Kutatásainkban két DPPH származékot választottunk:

1. p-szulfo-α, α-difenil-β-pikril-hidrazil /SDPPH/ [1]



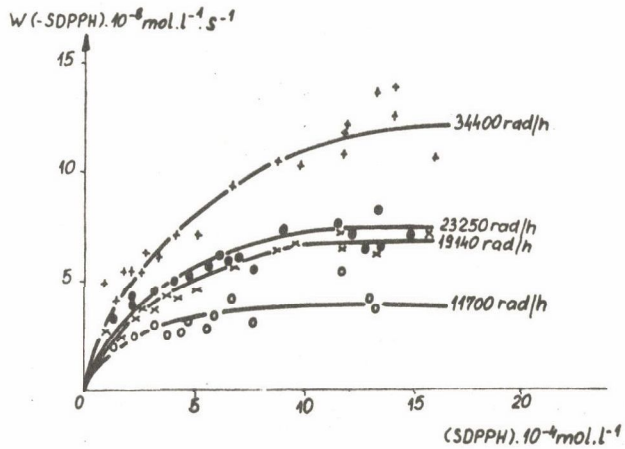
2. α, α-difenil-β-2,4-dinitro-6-szulfo-fenil-hidrazil /DDSP/ [2]



Kisérleteinket ^{60}Co γ-besugárzással és 200 keV-es röntgensugarakkal végeztük. A vizből keletkezett összes szabadgyök sugárkémiai hozama, amely a stabil gyök fogyásából számitható ki, a két stabil szabadgyök esetében:

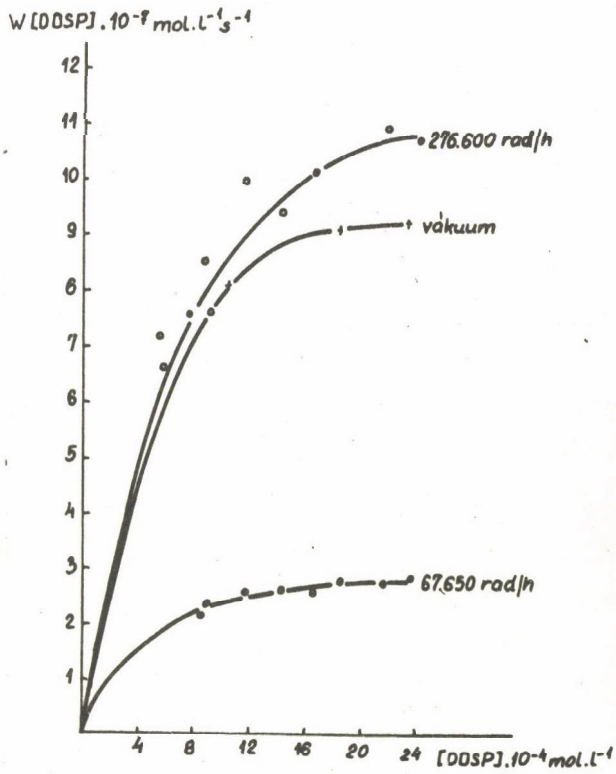
$$G/-SDPPH/ = G_H + G_{e_{aq}} + G_{OH} = 12 \pm 1 \frac{\text{molekula}}{100\ eV}$$

$$G/-DDSP/ = 13 \pm 1 \frac{\text{molekula}}{100\ eV}$$



1. ábra

SDPPH bomlási sebessége a stabil gyök kiindulási koncentrációjának függvényében különböző dózissebességü röntgensugarak esetében



2. ábra

DDSP bomlási sebessége a stabil gyök kiindulási koncentrációjának függvényében különböző dózissebességü γ-besugárzás esetén vákuumban és levegővel telitett oldatokban

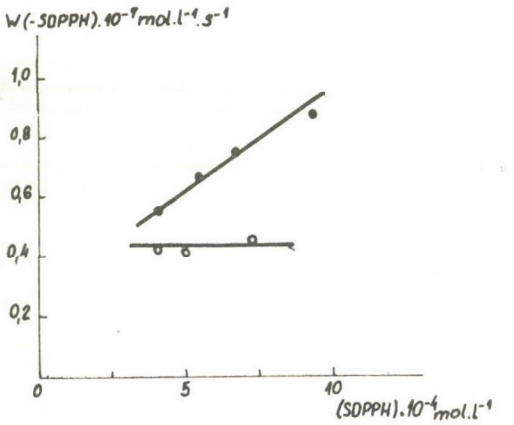
A végtermékek analizise arra engedett következtetni, hogy a stabil gyökök a viz radiolizisekor kelętkező redukáló és oxidáló részecskékkel 1,1 : 1 arányban reagálnak. A molekulárishidrogén-hozamokra szintén közel azonos értékeket kaptunk:

$$G_{/H_2/} = 0{,}46, \text{ illetve } 0{,}49 \text{ molekula/100 eV az SDPPH,}$$

illetve az DDSP esetében. Ezekből az eredményekből számitott anyagmérleg arra mutatott, hogy a vizbomlás sugárkémiai hozama

$$G_{/-H_2O/} \simeq 7 \frac{\text{molekula}}{100 \text{ eV}} .$$

Ez a viszonylag nagy $G_{/-H_2O/}$ érték nem magyarázható csak az ionizációs folyamatokkal[3]. Ezért megvizsgáltuk mindkét stabil gyök viselkedését a fotokémiai folyamatokban is. Kisérleteinket olyan UV-tartományban végeztük, ahol csak a stabil gyökök gerjednek /3000-4000 Å/, de maga a viz nem. /Az elektronikusan gerjesztett viz első ionizációs potenciálja, amely a viz disszociációjához vezethet λ = 1849 Å-nél[4] van./ Kisérleteinket oxigén jelenlétében és oxigénmentes közegben végeztük, és az eredmények a 3. és 4. ábrán láthatók.

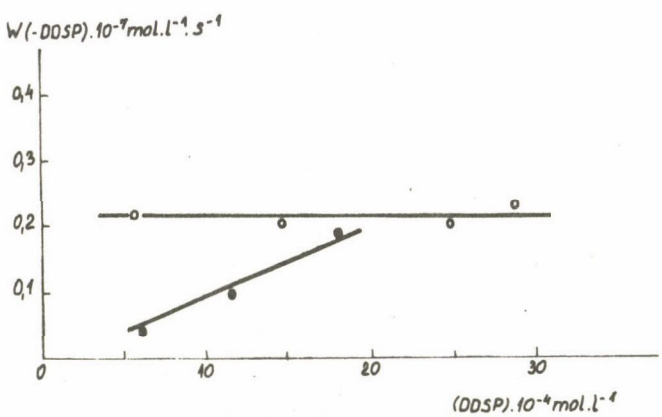


3. ábra

SDPPH bomlásának sebessége UV-fény hatására a stabil gyök kiindulási koncentrációjának függvényében

O - levegővel telitett oldatokban

● - oxigénmentes oldatokban



4. ábra

DDSP bomlásának sebessége UV-fény hatására a stabil gyök kiindulási koncentrációjának függvényében

O - levegővel telitett oldatokban ● - oxigénmentes oldatokban

A stabil gyökök a következő reakciósorozatban vehetnek részt:

$$SDPPH + h\nu_1 \longrightarrow SDPPH^* \qquad /1/$$

$$SDPPH^* + H_2O \longrightarrow SDPPH - H + OH \qquad /2/$$

$$SDPPH^* \longrightarrow SDPPH + h\nu_2 \qquad /3/$$

$$SDPPH^* + nH_2O \longrightarrow SDPPH + nH_2O + Q \qquad /4/$$

$$SDPPH + OH \longrightarrow SDPPH - OH$$

Mindkét stabil gyök abszorpciós maximuma λ_{max} = 3350 Å-nél van, ami 3,75 eV/mol-nak felel meg. Kisérleteinkből látszik, hogy ez az energia elegendő ahhoz, hogy a gerjesztett stabil gyökök reagálhassanak a hidrátburokban levő viz molekulákkal /2/. Eddig még nem tanulmányoztuk a /3/-at, vagyis a stabil gyökök dezaktiválását fluoreszcencia vagy foszforeszcencia utján, de ez a folyamat valószinünek látszik. A γ- vagy röntgensugarakkal besugárzott vizben nem lehet figyelmen kivül hagyni a gerjesztett vizmolekulák reakcióit a stabil gyökökkel, de ennek bizonyitása külön vizsgálatot igényel az un. vákuum UV-tartományban.

Az eredményeket összegezve arra lehet következtetni, hogy a stabil gyökök vizes oldatának radiolizisekor meghatározott nagyobb stabilgyök-bomlási-hozamok és következésképpen nagyobb viz-bomlásihozamok azzal magyarázhatók, hogy a gerjesztett állapotban lévő stabil gyökök reagálnak a vizzel. Ez a tény azonban nem zárja ki a gerjesztett vizmolekulák részvételét a folyamatban.

IRODALOM

1. Putirszkaja, G.V., MTA KFKI Közl., 8 /1963/ 39
2. Икрина, М.А., Матевосян, Р.О., Ж.общ.хим.32/1962/3952
3. Hayon, E., Radiation Chemistry of Aqueous Systems, Proceedings of the 19th L. Farkas Memorial Symposium, Jerusalem, 27-29 December, 1967.
4. Jartner, J., Kestner, N.R., Rice, S.A., Cohen, M.H., J. Chem. Phys., 43 /1965/ 2614

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 7-8. szám

A kémiai szerkezet hatása a szénhidrogének sugárhatáskémiai bomlására

FÖLDIÁK G.
MTA Izotóp Intézete, Budapest

A különböző alkének eltérő mértékben befolyásolják telitett szénhidrogénnel alkotott elegyük G_{H_2}-értékeit. Azonos kötési tipusu telitetlen szénhidrogéneknél a telitett - telitetlen szénhidrogénelegyek G_{H_2}-értékeit a mintában levő π-kötések koncentrációja többé-kevésbé egyértelműen meghatározza.

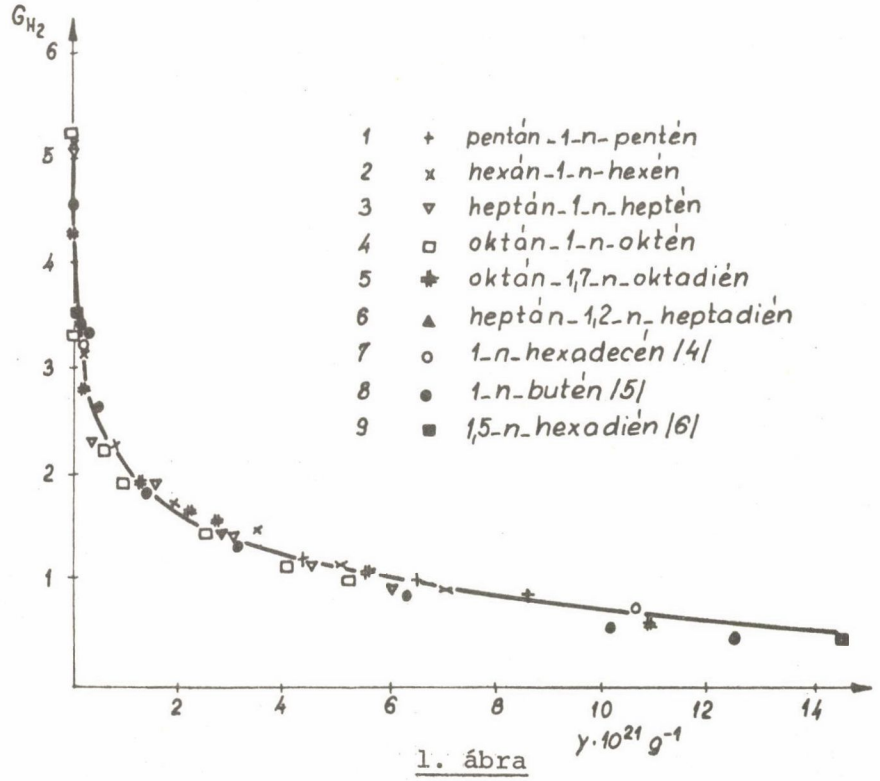
Влияние химической структуры на радиационное разложение углеводородов
Фёльдиак, Г.
Алкены с разной структурой влияют по разному на значение G_{H_2} в их смесях с насыщенными углеводородами. У ненасыщенных углеводородов с одинаковом характером связи. Значение G_{H_2} смесей насыщенных - ненасыщенных углеводородов определяется более или менее однозначно концентрацией π-связей в пробе.

The Effect of Chemical Structure on the Radiation Chemical Yield of Hydrocarbons
Földiák, G.
Alkenes influence the G_{H_2} values of their mixtures with saturated hydrocarbons according to their chemical structure. In case of unsaturated hydrocarbons of the same bond type the G_{H_2}value of mixtures of saturated-unsaturated hydrocarbons are more or less unambiguously determined by the π-bond concentration of the sample.

Az elmult évek folyamán számos kisérletet végeztünk a telitett - telitetlen szénhidrogénelegyek hidrogénfejlődési reakciói tanulmányozására. Ezeknél az elegyeknél a hozamok kisebbek a lineáris elegyitési szabály érvényessége feltételezésével számitható adatoknál, ami többé-kevésbé általánosan elfogadott nézet szerint, a telitetlen szénhidrogének π-kötései alacsonyabb gerjesztési, illetve ionizációs energiájának, továbbá a H°-atom "scavengelő" hatásának eredménye[1]. A különböző tipusu telitetlen kötéseket tartalmazó szénhidrogének G_{H_2} csökkentő hatása egymástól lényegesen eltérő lehet. E hatások közvetlen összehasonlitását neheziti az a körülmény, hogy a különböző alkének kettőskötéseinek aránya a molekulákon belül különböző lehet, és igy különböző kémiai összetételü, de egyébként azonos arányu telitett - telitetlen szénhidrogénelegyekben lévő π-kötések mennyisége eltérő.

Ez a nehézség elkerülhető ugy, hogy a szokásos G_{H_2} - móltört, illetve G_{H_2} - elektrontört görbék transzformációjával olyan ábrázolásmódot választunk, amelynél az abszcisszán a π-kötések koncentrációja, például az 1 g elegyben lévő formális π-kötésszám y szerepel. Ha az igy definiált y-

függvényben ábrázoljuk a nyiltláncu alkán - nyiltláncu láncvégi monoalkén vagy izolált vagy kumulált diént tartalmazó elegyek G_{H_2}-értékeit, az 1. ábrán bemutatott közös görbéhez jutunk /az 1-4 rendszerekhez tartalmazó mérési eredményeinket 4-5 Mrad dózissal nyertük[2], amig az 5-6 rendszereknél a dózis 20 Mrad volt[3]/. Az ábrán feltüntettünk néhány, az irodalomból vett izolált tipusu láncvégi π-kötést tartalmazó szénhidrogén G_{H_2}-értékét bemutató pontot is[4-6].

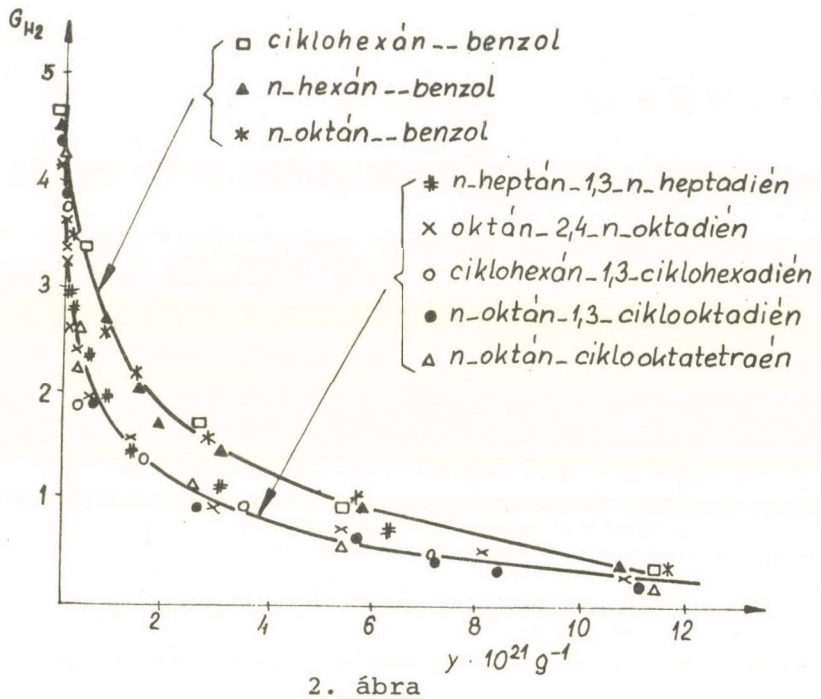


1. ábra

Az alkán - monoalkén, alkán - izolált dién és alkán - kumulált dién elegyek G_{H_2}-értékei a kettőskötés-koncentráció függvényében /y/

A közös G_{H_2}- y-függvény arra utal, hogy a mintákban levő π-kötések töménysége egyértelmüen meghatározza a nyiltláncu alkánokból és nyiltláncu láncvégi izolált tipusu kettőskötéseket, illetve a láncvégi kumulált kötéseket tartalmazó alkénekből összeállitott binerelegyek, illetve a vonatkozó tiszta alkének G_{H_2}-értékeit.

Hasonló eredményre jutottunk, ha konjugált diéneket vagy benzolt tartalmazó alkán - alkén-elegyek pontjait dolgozzuk fel a fenti transzformációnak megfelelően /2. ábra/, a benzolt formálisan három π-kötésünek tekintve. A konjugált diéneket, illetve benzolt tartalmazó elegyek görbéje jelentősen eltér egymástól. A benzolban lévő π-kötések fajlagos G_{H_2}-értékcsökkentő hatása lényegesen kisebb, mint a konjugált diének π-kötéseié.



2. ábra

Az alkán - konjugált dién, alkán - ciklo-oktatetraén, alkán - benzol elegyek G_{H_2}-értékei a kettőskötés-koncentráció függvényében /y/

A ciklikus szerkezet a sugárhatáskémiai reakciókra gyakorolt hatásának megállapitására eddig a C_5 - C_8 cikloalkánok és ciklo-monoalkének, a megfelelő nyiltláncu szénhidrogének és az azonos szénatomszámu tagokat tartalmazó telitett - telitetlen szénhidrogénelegyek hidrogénfejlődési reakcióit vizsgáltuk. Azt tapasztaltuk, hogy az elegyek hidrogénhozamai erősen függenek attól, hogy alkotóik nyiltláncu vagy ciklikus szénhidrogének-e. A ciklikus telitett szénhidrogént tartalmazó elegyeknél /egyébként azonos összetétel esetén/ mindenkor nagyobb volt a G_{H_2}-érték, mint a nyiltláncu alkán komponens esetén. A különböző szénatomszámokhoz tartozó rendszerek G_{H_2}-értékeinek elemzése során arra a megállapitásra jutottunk, hogy a cikloalkánokat tartalmazó elegyeknél a védelem hatékonysága minden esetben kisebb, mint az alifás alkánoknál: az eltérés legnagyobb a 7 és 8 szénatomszámos szénhidrogéneknél, amig az 5 és 6 szénatomoknál alig észlelhető. A tapasztalat egyébként jól kapcsolatba hoznato a cikloalkánok különböző gyökreakciókban mutatott viselkedésével, illetve a reakcióképesség változásával a cikloalkán gyürük szénatomszámának növekedésével.

A C_5 - C_8 cikloalkán - 1-n-alkén, n-alkán - ciklo-monoalkén, cikloalkán - ciklo-monoalkén elegyek G_{H_2}-értékei nem adnak közös görbét a G_{H_2} - y-diagramon. Az eredmény arra utal, hogy a molekulák lényegesen eltérő jellemzői, illetve a felépitésükből következő energetikai viszonyaik befolyásolják az elegyekben létrejövő kölcsönhatásokat is.

IRODALOM

1. Földiák, G., Wojnárovits, L., Acta Chim. Acad. Sci. Hung., 67 /1971/ 209
2. Földiák, G., Wojnárovits, L., Acta Chim. Acad. Sci. Hung., megjelenés alatt
3. Wojnárovits, L., Földiák, G., Acta Chim. Acad. Sci. Hung., 67 /1971/ 221
4. Collinson, E., Dainton, F.S., Walker, D.C., Trans. Faraday Soc. 57 /1961/ 1732
5. Hatano, Y., Shida, S., J. Chem. Soc. 46 /1967/ 4784
6. Van Der Heijde, H.B., Wagner, C.D., J. Phys. Chem., 66 /1962/ 1746

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 7-8. szám

A π-kötés irányitó hatása egyes monoalkének radiolizisére

CSERÉP GY., FÖLDIÁK G.
MTA Izotóp Intézete, Budapest

A π-kötés gyengiti a hozzáképest β-helyzetü σ-kötéseket. A mért G_{H_2}-értékek alapján vizsgálták a hidrogénképződést, mint a molekulaszerkezet függvényét.

Управляющее влияние π-связей на радиолиз некоторых моноалкенов
Череп, Дь., Фёльдиак, Г.
π-связь ослабляет σ-связи в β-положении к ней. На основе измеренных G_{H_2} значений было изучено образование водорода в зависимости от структуры молекул.

The Directing Effect of π-Bonds on the Radiolysis of Several Monoalkenes
Cserép, Gy., Földiák, G.
π-bonds weaken σ-bonds in β-position to them. Based on the measured G_{H_2} values the hydrogen evolution as a function of molecular structure was studied.

A telitetlen szénhidrogének termikus bomlásának vizsgálata során már több, mint 30 éve megállapitották, és azóta többször megerősitették a "kettőskötés-szabályt". Ennek lényege az a felismerés, hogy az alkének π-kötésének a molekula termikus bomlásánál irányitó hatása van: a π-kötés a hozzá képest β-helyzetü σ-kötéseket gyengiti[1-6].

A π-kötés irányitó hatásának szisztematikus vizsgálata a sugárhatáskémiában - tudomásunk szerint - a mi munkánkban[7,8] tünik fel először. Munkánkat az alifás és ciklikus C_6 - C_7 monoalkének radiolizisével kezdtük.

A metil-cikloalkén izomereknél a metilcsoport mintegy "jelzi" a gyürü egy-egy szénatomját, és ezáltal jó lehetőségünk nyilt a képződött termékek alapján a gyürü hasadási helyére következtetni.

A besugárzást ^{60}Co γ-forrással 4-8 Mrad dózissal 1-1,5 Mrad.h^{-1} dózisteljesitményü térben 40 ± 5 °C hőmérsékleten végeztük. A képződött termékeket a besugárzott anyagtól refluxiós módszerrel szétválasztottuk és gázkromatográffal analizáltuk. Az adatokat az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat

Besugárzott szénhidrogének bomlástermékei

besugárzott szénhidrogének	 1-metil-ciklohexén	 3-metil-ciklohexén	 4-metil-ciklohexén	 metilén-ciklohexán	 ciklohexén	 cikloheptén	 ciklooktén	 /10/ metil-ciklohexán	 /11/ ciklohexán	C=C-C-C-C-C-C 1-hexén	C-C=C-C-C-C 2-hexén	C-C-C=C-C-C 3-hexén	/9/ C-C-C-C-C-C n-hexán
termékek	G/termék/												
hidrogén	1,30	1,30	1,18	0,75	1,19	0,98	0,85	4,8	5,3	0,90	1,37	1,64	5,25
metán	0,016	0,059	0,038	0,003	0,005	0,007	0,004	0,08	0,01	0,03	0,132	0,233	0,15
etán	0,003	0,002	0,002	< 0,001	0,001	< 0,001	< 0,001	0,007	0,015	0,028	0,107	0,160	0,22
etilén	0,17	0,16	0,03	0,054	0,14	0,07	0,054	0,065	0,1o	0,133	0,122	0,073	0,14
acetilén	0,02	0,03	0,03	0,005	0,017	0,01	0,006	0,008	0,025	0,091	0,049	0,045	
propán	0,005	<0,001	0,002		< 0,001				0,011	0,043	0,003	0,008	0,31
propilén	0,02	0,02	0,15	0,005	0,005	0,01	0,006	0,017	0,03	0,113	0,063	0,035	0,18
ciklopropán				0,003		0,007	0,002			0,015	0,003	0,004	
propadién				0,007		0,002	< 0,001		~ 0,005	0,031	0,003	0,004	
metil-acetilén										0,006	0,027	0,004	
butének	0,004	0,001	0,002		<0,001				0,008	0,035	0,008	0,002	0,36
1-butén	0,003	0,006	0,005	0,002	0,005	0,002	0,004	0,003	0,01	0,044	0,022	0,074	0,12
2-butén	0,005	0,008	0,002	0,001	<0,001	0,001	0,001			0,005	0,006	0,002	0,01
1,3-butadién	0,002	0,007	0,06	<0,001	0,06	0,015	0,010		0,004	0,003	0,003	0,004	
izoprén	0,05	0,002		<0,001		0,003							
1,3-pentadién		0,077											
pentán	0,004	0,007	0,005	0,007		0,014	0,007			0,001	<0,001	0,002	0,09
1-pentén										0,003	0,003	0,002	0,04
2-pentén										0,004	0,001	0,04	0,02

Az egyes olefinekből történő hidrogénképződés sugárhatáskémiai hozamai között észlelhető jelentős eltéréseket igyekeztünk a molekulában lévő π-kötések és az aktiv hidrogénatomok számával és rendüségével magyarázni. A 2. táblázatban a vizsgált alkének hidrogénhozamait ugy foglaltuk össze, hogy egyrészt mind az aktiv, azaz a π-kötéshez β-helyzetben lévő hidrogénatomok rendüsége és száma, mind az inaktiv hidrogénatomok száma, másrészt a sugárhatáskémiai hidrogénképződés mért hozama közötti kapcsolat követhető legyen.

Az adatok szerint az inaktiv hidrogénatomok lehasadásából származó hidrogénatomok egy nagyságrenddel kisebb mértékben járulnak hozzá a mért hidrogénhozamhoz, mint az aktiv hidrogénatomok. Az aktiv hidrogénatomok között is van különbség: a hidrogénlehasadás valószinüsége a primer < szekunder < tercier sorrendben nő, ami összhangban van a megfelelő szabadgyökök stabilitásával. A 2/b táblázatból adódó fajlagos hidrogénhozamok ismeretében tehát, az egyes hidrogénatom-poziciókat figyelembevéve - az általunk eddig vizsgált alifás monoalkének esetén - a bruttó G_{H_2}-értékek számithatók.

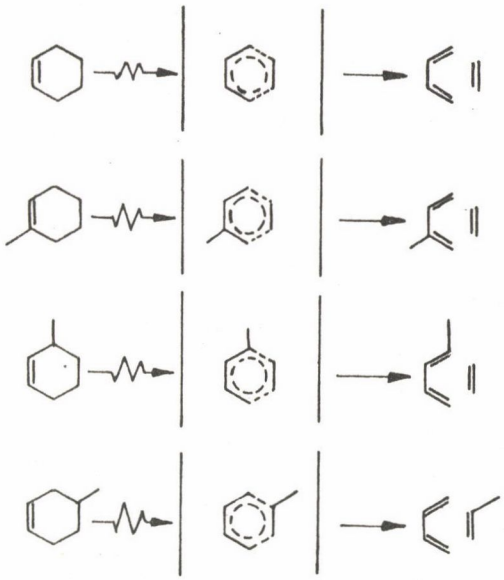
A metánhozamokat vizsgálva megállapitható, hogy a metán gyakorlatilag teljes egészében a metilcsoport lehasadásából származik, hiszen a metilcsoporttal nem rendelkező ciklohexán, a ciklikus alkének és a metilén-ciklohexán egyaránt kitünnek igen kis metánhozamukkal /1. táblázat/.

A molekulánként egy-egy metilcsoportot tartalmazó három metil-ciklohexén izomer G_{CH_4}-értékből a metilcsoport lehasithatóságára a következő sorrend adódik: 3-metil-ciklohexén > 4-metil-ciklohexén > 1-metil-ciklohexén. Ez a sorrend nyilvánvalóan a metilcsoport és a kettőskötés kölcsönhatásának tulajdonitható.

A 1-hexénhez képest lényegesen nagyobb a másik két n-hexén-izomer sugárhatáskémiai metánhozama, ami - legalább is minőségileg - a két-két láncvégi metilcsoporttal magyarázható. Ugyanakkor az a jelenség, hogy a G_{CH_4}-érték a hexén-3-nál mintegy kétszerese a hexén-2-nél észlelthez képest, ismét a π-kötéshez viszonyitva β-helyzetü π-kötések gyengitettségére utal.

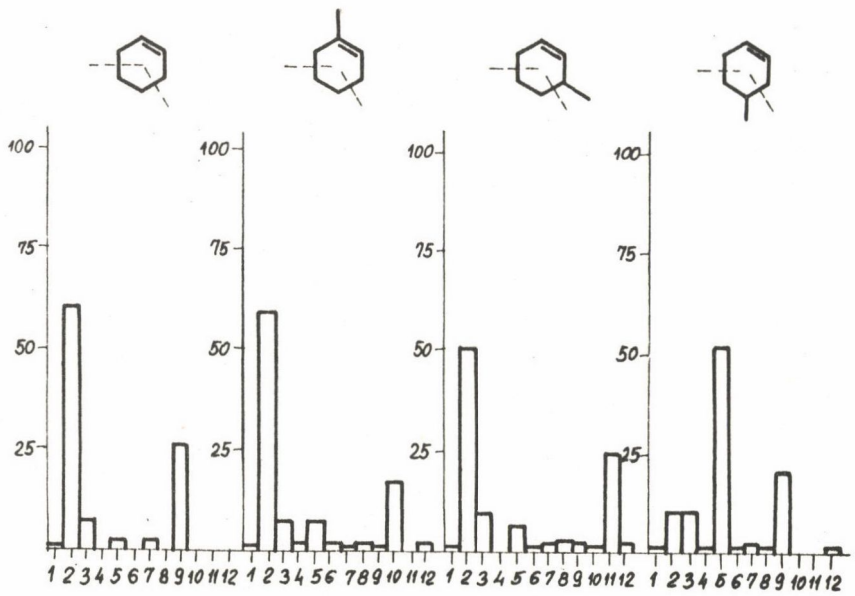
Az analitikai adatok és a szerkezeti képletek összevetése alapján tehát egyértelmüen megállapitható, hogy az általunk vizsgált monoolefinekbe legnagyobb valószinüséggel a π-kötéshez β-helyzetü σ-kötések hasadnak fel, és ezek - ha lehetőségük van - általában π-kötéssé rendeződnek át /1. ábra/.

Ez az irányitó hatás a ciklikus alkéneknél a termékösszetételből észlelhető 2. ábra, de az alifásoknál is felismerhető.



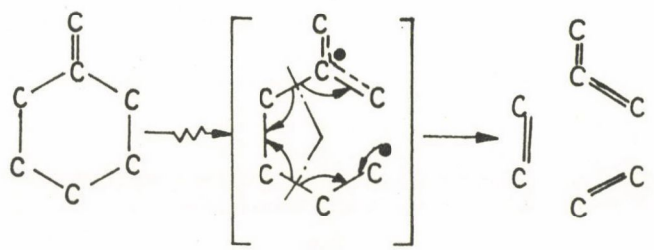
1. ábra

Ciklohexén és metil-ciklohexén izomerek bomlási sémája



2. ábra

A bomlástermékek százalékos megoszlása



3. ábra

A metilén-ciklohexán bomlási sémája

2. táblázat

A mért G_{H_2}-érték és a molekulaszerkezet összefüggése

a/

	C_{H_2}	primer	szekunder	tercier	inaktiv H-atom
		aktiv H-atom			
1-metil-ciklohexén	1,30	3	4	-	5
3-metil-ciklohexén	1,30	-	2	1	9
4-metil-ciklohexén	1,18	-	4	-	8
ciklohexén	1,19	-	4	-	6
metilén-ciklohexán	0,75	-	4	-	8
1-hexén	0,90	-	2	-	10
2-hexén	1,37	3	2	-	7
3-hexén	1,64	-	4	-	8
3-metil-1-hexén	0,82	-	-	1	13
transz-2-metil-3-hexén	1,29	-	2	1	11
propilén /12/	0,60	3	-	-	3
1-butén/13/	0,74	-	2	-	6
2-butén/12,14/	1,10 0,96	6	-	-	2

b/

$G_{H_2}/H_{primer\ aktiv}$	0,168 ± 0,017
$G_{H_2}/H_{szekunder\ aktiv}$	0,363 ± 0,038
$G_{H_2}/H_{tercier\ aktiv}$	0,510 ± 0,055
$G_{H_2}/H_{inaktiv}$	0,018 ± 0,009

Adataink arra is utalnak, hogy a molekula sok esetben monomolekulárisan nem két, hanem több részre hasad: ilyenkor is főként a szabadgyök helyétől β-helyzetben lévő kötések szakadnak.

Összefoglalva:

megállapithatjuk, hogy a π-kötésnek a molekula bomlási helyére kifejtett irányitó hatása a sugárhatáskémiában is érvényesül, tehát független az energia fajtájától, illetve annak közlési módjától

IRODALOM

1. Schmidt, O., Z. Physik. Chem., /A/ 159 /1932/ 337
2. Rice, F.O., Rouff, P.M., Rodowskas, E.L., J. Am. Chem. Soc., 60 /1938/ 955
3. Zelinskij, N.D., Mikhajlov, B.M., Abruzov, Ju. A., J. Gen. Chem. USSR, 4 /1934/ 856
4. Küchler, L., Nachr. Akad. Wiss. Göttingen, Math.-physik. Kl. III. /N. F./ 1 /1939/ 231
5. Calingaert, G., J. Am. Chem. Soc., 45 /1923/ 134
6. Uchiyama, M., Tomioka, T., Amano, A., J. Phys. Chem., 68 /1964/ 1878
7. Cserép, Gy., Reitberger, T., Scandinavian Radiation Chemistry Meeting, Aktiebolaget Atomenergi Studsvik, Report AE-368, p. 13. /1969/
8. Cserép, Gy., The directive effect of double bond on the radiation chemical decomposition of some cyclic monoolefines with six memberred ring. Proc. of the IVth International Congress of Radiation Research, Evian, 1970.
9. Widmer, H., Gäumann, T., Helv. Chem. Acta 46 /1963/ 2766
10. Freeman, G.R., Chem. Phys. 33 /1960/ 71
11. Wojnárovits, L., 3rd Symp. Rad. Chem., 1971 Paper A/56
12. Wagner, C.D., Tetrahedron, 14 /1961/ 1964
13. Hatano, J., Bull. Chem. Soc. Japan, 41 /1968/ 1120
14. Kaufman, P.C., J. Phys. Chem., 67 /1963/ 1671

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 7-8. szám

A ciklikus szerkezet hatása a gázhalmazállapotu szénhidrogének radiolitikus bomlására

HORVÁTH ZS.[x], FÖLDIÁK G.[x], GRUBER L.[xx]
[x]MTA Izotóp Intézete, Budapest
[xx]MTA Központi Kémiai Kutató Intézete, Budapest

A 3 és 4 szénatomos szénhidrogéngyürük sugárhatáskémiai bomlásánál, szemben a több szénatomos szénhidrogéngyürükkel, a fő sugárhatáskémiai reakció a C-C kötések bomlása.

Влияние циклической структуры на радиолитическое разложение газообразных углеводородов
Хорват, Ж., Фельдиак, Г., Грубер, Л.
В радиационно-химическом разложении колец углеводородов с 3 и 4 атомами, в отличие от колец с большим числом атомов углерода главной радиационно-химической реакцией окажется разрыв C-C связей.

Effect of Cyclic Structure on Radiolytic Decomposition of Gaseous Hydrocarbons
Horváth, Zs., Földiák, G., Gruber, L.
In the radiation chemical decomposition of hydrocarbon rings with 3 and 4 carbon atoms, as against toward rings with higher number of carbon atoms, the decomposition of C-C bonds proved to be the most important radiation chemical reaction.

Intézetünk sugárhatáskémiai kutatásainak alapvető célja a szénhidrogének szerkezete és az észlelt radiolitikus bomlás kapcsolatának egyre alaposabb tisztázása. Az összefüggések jobb megismerése érdekében a C_5 és nagyobb molekulasulyu szénhidrogénekkel végzett vizsgálatokat[1] a C_3 és C_4 rendszerekre is kiterjesztjük.

A kérdés elméletileg igen érdekes, hiszen a kis szénatomszámu ciklikus szénhidrogének kémiai reakcióit nagymértékben az határozza meg, hogy szerkezetük merev és a nyiltláncu molekulákhoz képest, - szemben a nagyobb szénatomszámu ciklikusokkal - jelentős un. feszitési energiával rendelkeznek[2]. Ezek a tényezők egyben a molekula bomlási folyamatait, illetve a képződött termékek összetételét is döntően befolyásolják.

A kísérleteinkhez felhasznált szénhidrogének egy részét kereskedelmi forgalomból szereztuk be, ezek tisztasága jobb, mint 99,0% a szennyezések különféle szénhidrogének.

A C_4 ciklikus vegyületeket magunk szintetizáljuk. A ciklobután, illetve a ciklobutén előállitására két reakcióutat választottunk, amelyek mindegyike némi módositással az irodalomban már leirt módszerek reproduk-

I. táblázat

C_3 és C_4 szénhidrogének sugárhatáskémiai hozamai /G-értékei/

besugárzott komponensek / radiolizis termékek	C_3			C_4			
	propán	propilén	ciklopropán	n-bután	n-butén-1	ciklobután	ciklobutén
hidrogén	3,8	0,78	0,69	4,07	0,71	1,87	0,79
metán	1,04	-	0,22	0,64	0,16	0,06	0,05
C_2-termékek	0,68	-	1,93	2,30	0,44	1,29	6,0
C_3-termékek	2,9	-	-	2,09	-	-	-
C_4-termékek	-	-	-	2,92	-	2,49	-

ciója[3-9]. A termékeket frakcionált mélyhütött desztillációval tisztitjuk, azonositásuknál IR-spektrumokat használjuk fel. A ciklobutén tisztasága jobb, mint 99,0%, a ciklobutáné 98%.

A besugárzásokat 1 ml térfogatu üveg ampullákban végeztük, amelyeket 0,240 ± 0,003 g, 0,30 - 0,35 ml folyékony szénhidrogénnel töltöttünk meg. A besugárzásokat intézetünk 80 000 Ci aktivitásu ^{60}Co sugárforrásával végeztük 1,30 Mrad/h dózisteljesitménnyel és 4,55 Mrad dózissal. Besugárzás alatt a minták hőmérséklete 30 °C.

A besugárzott mintákat H_2-re és négy szénatomszámu termékekig terjedően gázkromatográffal analizáltuk. Az igy kapott adatokat tömegspektrometriai mérésekkel is igyekszünk alátámasztani, illetve kiegésziteni.

Mérési adatainkat az I. táblázatban foglaltuk össze. Az I. táblázatból látható, hogy a ciklopropán és ciklobután G_{H_2} értéke lényegesen kisebb, mint a nagyobb szénatomszámu ciklo-, illetve nyiltláncu alkánoknál tapasztalt /$G \approx 5$/ értékek[1]. Ez valószinüleg - legalább és részint - annak a következménye, hogy ezen cikloalkánoknál akár egy H-atom, akár egy H_2-molekula leválása a gyürükről még tovább növelné a visszamaradó rész feszitettségét, tehát energetikailag fokozottan kedvezőtlen.

A ciklobutén G_{H_2} értéke nagyjából egyezik a butén-1-évél, de lényegesen kisebb pl. a transz-2-buténnél /$G_{H_2} = 1,22$/.

A három és négy szénatomos ciklikus szénhidrogének gyürübomlással képződött termékeinek összes mennyisége viszonylag nagy, mintegy tizszerese pl. a ciklohexánénak, illetve a ciklohexénének[1]. Mivel a C-C kötések felszakadása energetikailag igen kedvező, hiszen ekkor a gyürüfeszitési energia jelentősen csökkenti a bomláshoz szükséges energiaigényt. A gyürütöredékek kialakulása - sokkal kisebb valószinüséggel bár, de - végbemehet ugy is, hogy elsődlegesen egy C-H kötés szakad fel, majd ez a monoradikál nyilik fel, és ez további reakciókban stabilizálódik. Az ilyen "gyürürobbanásra" utaló reakciók tehát sokkal valószinübbek a kisebb gyürüknél, annál is inkább, mivel a kémiai bomlás nélküli energiavesztés valószinüsége is növekszik a molekulában lévő kötések számával.

A <u>ciklopropán</u>-gyürü kinyilásánál képződő biradikáloknak legvalószinübb bomlási lehetősége az egy-egy és egy-két szénatomos biradikálon keresztül történő reakció. A C_2-es termékekhez viszonylag kis metánhozam a metánképződés előfutáraiként feltételezhető metiléngyök nagy reakcióképességének lehet a következménye. A ciklopropán termikus bontásánál a termékek között szinte kizárólag csak propilén található[10], ugyanakkor viszont a folyékony fázisu sugárhatáskémiai bomlásnál a propilént eddig csupán kismeny-

nyiségben találtunk /bár ezek az eredmények még további ellenőrzésre szorulnak/.

A ciklobutánnál és ciklobuténnél a termékek között csak kismennyiségben van metán, és az alapszénhidrogénnél eggyel kisebb szénatomszámu termékek mennyisége sem jelentős, eltérően a nyiltláncu megfelelő vegyületektől, egyben hasonlóan a nagyobb szénatomszámu ciklikus szénhidrogénekhez. Ugyanakkor viszont a C_2 termékek mennyisége mindkét esetben nagy. A ciklobutánnál a jelenség azzal magyarázható, hogy egy ciklobután-molekula kinyilásánál képződő $\dot{C}H_2-CH_2-CH_2-\dot{C}H_2$ biradikálban a második és harmadik szénatom közötti σ-kötés a szabadgyökök miatt erősen lazitott, és igy legvalószinübb bomlási mód a C_2 biradikálon át etilénné való átalakulás. Ez a reakció kompetitiv, például a C_4-biradikál buténné történő intramolekuláris átrendeződésével.

A ciklobuténnél a gyürü legvalószinübb bomlási energetikai okok miatt a π-kötéshez β-helyzetü σ-kötésnél van. A felnyilás következtében egy butilén, biradikálon át butadién-molekula kialakulására van lehetőség, amely azonban a képződése pillanatában igen energiadus lenne: erre utal az, hogy a ciklobuténnél a butadién képződését igen csekély mennyiségben észleltük, viszont az acetilén G-értéke igen nagy volt.

A továbbiakban folytatni kivánjuk a megkezdett irányban a C_3 - C_4 ciklikus szénhidrogének sugárhatáskémiai vizsgálatát, finomitva, illetve továbbfejlesztve az eddig alkalmazott kisérlettechnikánkat.

IRODALOM

1. Wojnárovits, L., Földiák, G., 3rd Symp.Rad.Chem. 1971, Paper A/56 , Tihany, Hungary /1971/
2. Cox, I.D., Tetrahedron, 19 /1963/ 1175
3. Heisig, G.B., Stodola, F.H., Org. Synth. Col., Vol. III. 213
4. Heisig, G.B., J.Am.Chem.Soc., 63 /1941/ 1698
5. Rawalay, S.S., Shechter, H., J. Org. Chem., 32 /1967/ 3129
6. Willstätter, Bruce, Ber., 40 /1907/ 3979
7. McCloskey, Ch.M., Coleman, G.H., Org. Synth. Col., III. 221
8. Cesario, M.C., Graham, W.H., Roberts, J.D., Tetrahedron 11 /1960/ 171
9. Roberts, J.D., Sauer, Ch. W., J. Am. Chem. Soc., 71 /1949/ 3925
10. Chambers, S., Kistiakowsky, C.B., J. Am. Chem. Soc.. 56 /1934/ 399

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 7-8. szám

A ciklikus szerkezet hatása a szénhidrogének sugárhatáskémiai bomlására

WOJNÁROVITS L., FÖLDIÁK G.
MTA Izotóp Intézete, Budapest

A C_5-C_8 cikloalkánok és cikloalkének sugárhatáskémiai gyürüfelbomlási reakcióinak vizsgálatával megállapitották, hogy a könnyü szénhidrogén-termékek mennyisége csökken a gyürük szénatomszámának növekedésével.

Влияние циклической структуры на радиационно-химическое разложение углеводородов
Войнарович, Л., Фёльдиак, Г.
Исследованием радиационно-химических реакций разложения колец C_5-C_8 циклоалканов и циклоалкенов было определено, что количество легких углеводородных продуктов с увеличением в кольцах числа атомов углерола уменьшается.

Effect of Cyclic Structure on the Radiation Chemical Decomposition of Hydrocarbons
Wojnárovits, L., Földiák, G.
By investigating radiation chemical ring-opening reactions of C_5-C_8 cycloalkanes and cycloalkenes it was established that the amount of light hydrocarbon product decreased with increasing number of carbon atoms in the rings.

Ismeretes, hogy a különböző ciklikus szénhidrogének hőbomlása, adott körülmények között a bomlás mértéke, illetve a termékek összetétele függ a gyürük szénatomszámától[1,2]. Jelen munkánkban a termikus vizsgálatok analógiájára összehasonlitjuk a különböző C_5-C_8 cikloalkánok és cikloalkének sugárhatáskémiai gyürüfelbomlási reakciótermékeit.

A vizsgálatokhoz alkalmazott szénhidrogéneket előzetes tisztitás után levegőmentes állapotban 35 °C-on, 4,4 Mrad dózissal sugároztuk be. Az analiziseket gázkromatográffal végeztük. A ciklopentánt nem vizsgáltuk, mivel az irodalomban számos megbizható adat áll rendelkezésünkre[3]. A telitetlen szénhidrogéneknél a C_4 feletti szénatomszámu termékek hozamát még nem vizsgáltuk.

A kisérleti adatok alapján /I. táblázat/ a további következtetéseket vontuk le.

Mind a cikloalkán, mind a cikloalkén és a metilcikloalkán sorozaton belül az ötszénatomos gyürük felbomlásának mértéke a legnagyobb. Ez annak lehet a következménye, hogy a sugárzás által a molekulának átadott energia ebben az esetben viszonylag kevés szénatomon oszlik meg és igy az el-

I. táblázat

Néhány ciklikus szénhidrogén gyürüfelbomlási termékei G-értékei

Szénhidrogének	Ciklo-pentán	Ciklo-hexán	Ciklo-heptán	Ciklo-oktán	Metil-ciklo-pentán	Metil-ciklo-hexán	Ciklo-pentén	Ciklo-hexén	Ciklo-heptén	Ciklo-oktén
Metán	0,03	0,01	0,005	0,004	0,15	0,09	0,008	0,004	0,003	0,001
Etán	0,03	0,015	0,006	0,01	0,02	0,01	0,001	0,002	0,0015	0,001
Etilén	0,45	0,1	0,055	0,05	0,30	0,07	0,14	0,15	0,07	0,062
Acetilén	0,05	0,025	0,035	0,02	0,03	0,01	0,07	0,04	0,02	0,01
Propán	0,08	0,011	0,008	0,004	0,03	0,01	-	0,001	~0,001	0,001
Ciklopropán	0,12	0,006	0,035	0,01	0,08	0,005	0,01	0,01	0,017	0,008
Propilén	0,28	0,025			0,18	0,04	0,05			
Allén	0,05	0,004	0,002	0,002	-	-	0,10	0,003	-	0,004
Butánok	-	0,008	0,003	0,008	0,03	0,008	-	-	-	-
Butének	-	0,015	0,018	0,012	0,15	0,018	-	0,012	0,012	0,009
Butadién	-	0,004	0,015	0,003	0,01	0,003	-	0,07	0,022	0,01
Pentán + Pentének		-	0,02	0,013		~0,03				~0,01
Hexán + Hexének			-	0,02						

sődleges gyürüfelnyilást közvetlenül követően a további monomolekulás bomlási folyamat valószinüsége nagy.

Mig az ötszénatomszámos gyürük döntő mértékben egy C_2-es és egy C_3-as gyürütöredékre bomlanak, a ciklohexén gyürüfelbomlásánál a molekula főként egy C_2-es és egy C_4-es termékre esik szét. A ciklohexán és metilciklohexán bomlástermékeiből három fő gyürüfelbomlási utra következtethetünk:

- a gyürü egy C_2-es és egy C_4-es
- két C_3-as
- három C_2-es egységre bomlik.

A többi vizsgált ciklikus szénhidrogének bomlása többféle séma szerint mehet végbe, és általában nincs kitüntetett bomlási mód.

Az egymást az alapszénhidrogén szénatomszámára kiegészitő szénhidrogének mennyisége többnyire nem azonos és általában a nagyobb szénatomszámué a kisebb. Ez feltehetően a még reaktiv állapotu nagyobb szénatomszámu bomlástermék valószinübb további reakcióinak lehet az eredménye.

A metilcikloalkánok kivételével a metán, illetve az alapszénhidrogénnél eggyel kisebb szénatomszámu termékek csak nyomnyi mennyiségben voltak kimutathatók a besugárzott mintákban. Ugyanakkor ezen termékek a nyiltláncu alkánoknál minden esetben jelentős arányban szerepelnek.

A gyürütöredék termékek között minden esetben az etilén képződése a legnagyobb, ami annak lehet a következménye, - hogy termikus analógiák alapján - az elsődleges gyürüfelnyilást követően a láncvégi szabad gyökök a hozzájuk β-helyzetü kötéseket gyengitik és ezáltal etilén-molekulák leválását segitik elő.

A gyürütöredékek tulnyomó részt egy kettőskötést tartalmazó telitetlen szénhidrogének. A cikloalkéneknél viszonylag jelentős az acetilén, illetve a két kettőskötést tartalmazó termékek mennyisége is.

A C_5 és C_6 szénhidrogének esetében alkalmunk volt a bomlástermékeket, illetve azok eloszlását összehasonlitani a gázfázisu hőbomlási, illetve fotokémiai adatokkal. Azt tapasztaltuk, hogy a szénhidrogéntermékek menynyisége, illetve azok százalékos aránya hasonló a sugárhatáskémiai bomlásnál kapott adatokkal. Ezek szerint a bomlási folyamatokat elsősorban nem a bomlást biztositó energia milyensége vagy a reakciónak kitett anyag halmazállapota, hanem annak molekulaszerkezete határozza meg.

IRODALOM

1. Rice, F.O., Murphy, M.T., J.Am.Chem.Soc. 64 /1942/ 896
2. Küchler, L., Z. Phys. Chem. B.53 /1943/ 307
3. Freeman, G.R., Rad.Res.Rev. 1 /1968/ 1

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 7-8. szám

Cikloalkán — n-alkán — izoalkán elegyek radiolizisének vizsgálata

GYÖRGY I., HORVÁTH ZS., WOJNÁROVITS L., FÖLDIÁK G.
MTA Izotóp Intézete, Budapest

A nyiltláncu - elágazóláncu szénhidrogén elegyekben a hozamok általában eltérnek a lineáris elegyitési szabály alapján számithatótól. Ha az elegyek egyik komponense ciklikus, a "védőhatás" általában kismértékü.

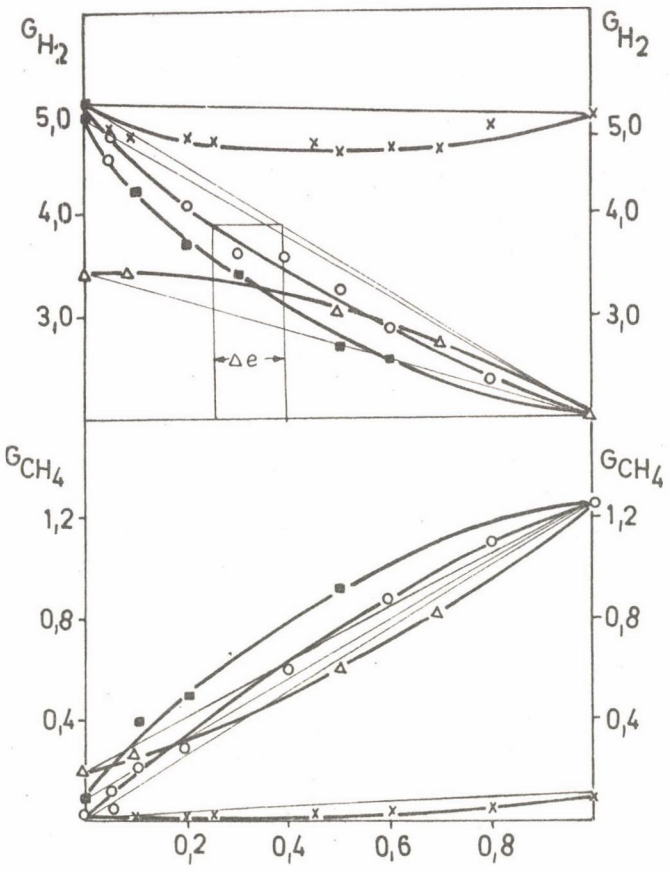
Исследование радиолиза смесей циклоалкан - н -алкан - изоалкан
Дьердь, И., Хорват, Ж., Войнарович, Л., Фельдиак, Г.
Выходы в смесях углеводородов нормальной и разветвленной цепью как правила, не совпадают со значениями, полученными расчетом с помощью линеарного закона смешения. Когда один из составляющих смесей является циклическим, "защитное влияние" окажется слабым.

Investigation of Radiolysis of Cycloalkane - n -Alkane-Isoalkane Mixtures
György, I., Horváth, Zs., Wojnárovits, L., Földiák, G.
In mixtures of normal chain - branched chain hydrocarbons yields as a rule, differ form those calculated on the basis of the linear mixing rule. When one of the components of a mixture has a cyclic structure, the "protecting effect" is, as a rule, weak.

A telitett szénhidrogén elegyek radiolizisével kapcsolatos kutatásaink első szakaszában a C_6-C_8 alkánok-elegyeiből képződött hidrogén- és metánhozamot vizsgáltuk annak megállapitására, hogy az egyes esetekben észlelt védőhatást hogyan befolyásolja a komponensek kémiai szerkezete, és az ionizációs potenciálok.

A kénsavval mosott, fémnátriumról desztillált szénhidrogénmintákat az MTA Izotóp Intézete ^{60}Co sugárforrásával sugároztuk be kb. 30 °C hőmérsékleten, 1,7 Mrad/h dózisintenzitással, 3,4 Mrad dózissal. A cseppfolyós nitrogén hőmérsékletén nem kondenzálódó termékeket Töpler-szivattyu segitségével összegyüjtöttük; a gázelegy összetételét gázkromatográfiás uton határoztuk meg.

Az 1. ábrán példaképpen néhány 6 szénatomos binerelegy G_{H_2} és G_{CH_4} értékeit tüntettük fel az elegy második komponensének elektrontörtje függvényében. Látható, hogy a n-hexán - 2,2-dimetil-bután es a ciklohexán - 2,2-dimetil-bután elegyek hidrogénhozamai nem érik el, amig a metánhozamok meghaladják a számitott hozamokat. A 3-metil-pentán - 2,2-dimetil-bután elegyek esetében forditott a helyzet. A ciklohexán - n-hexán elegyek G_{H_2} értékeinél



1. ábra

C_6 szénhidrogének elegyeiből képződött hidrogén- és metánhozamok

O - ciklohexán - 2,2-dimetil-bután
x - ciklohexán - hexán
■ - hexán - 2,2-dimetil-bután
Δ - metil-pentán - 2,2-dimetil-bután

csekély abszolut minimum adódott. Általában feltételezik, hogy a védőhatás - legalábbis részben - a komponensek közötti energiaátadás következménye, pl. a hidrogénképződésnél a következő reakciók versengenek:

$$AH^{x} \xrightarrow{k_1} A^{\cdot} + H \text{ vagy } A' + H_2 \qquad /1/$$

$$AH^{x} + BH \xrightarrow{k_2} AH + BH^{x} \qquad /2/$$

a ^{x}-többletenergiával rendelkező, tehát gerjesztett és/vagy ionizált állapotu molekula.

$A^{\cdot}$-telitetlen molekula vagy ion.

AH - védett alkánmolekula.

BH - védő alkánmolekula.

Az energiaátvitel megfelelő energetikai viszonyok esetén természetesen mindkét irányban végbemehet. Hardwick néhány alkán elegyrendszert hidrogénfejlődési reakciói kapcsán kimutatta, hogy az energiatranszfer eredő iránya a nagyobb fotoionizációs potenciálu molekuláról a kisebb felé irányul[1]. A gerjesztett vagy ionizált AH molekulák azon hányada, amely energiáját vagy töltését a BH molekuláknak adja át, Hardwick szerint a kisérleti eredmények birtokában a $\Delta e/e_A$ kifejezéssel számitható, ahol e_A a védett komponens elektrontörtje az elegyben, Δe jelentése pedig az 1. ábrán látható[1]. Ezekkel a meggondolásokkal /1/ - /2/-ből

$$\frac{e_A}{\Delta e} = \frac{k_2[AH^{x}][BH] + k_1[AH^{x}]}{k_2[AH^{x}][BH]} = 1 + \frac{k_1}{k_2}\,\frac{1}{[C]}\,\frac{1}{x}$$

k_1, k_2 - a sebességi állandók,
[ ] - a komponensek moláris koncentrációját jelenti,
[C]=[AM]+[BH] x - a védőkomponens moltörtje.

$e_A/\Delta e$-t ábrázolva 1/x függvényében egyenest kapunk, amelynek iránytangenséből $k_2/k_1 \cdot [C]$ értéke számitható. Ez az érték a n-hexán - 2,2-dimetil-bután és a 3-metil-pentán - 2,2-dimetil-bután elegyekre $\sim$2,0. Az irodalomban közölt n-hexán - 2,3-dimetil-bután[1] és n-hexán - 2-metil-pentán[2] rendszerekre elvégzett számításunk szerint 2,2, illetve 2,0. Ciklohexán - 2,2-dimetil-bután elegyekre $k_2/k_1 \cdot [C] \simeq 0{,}75$ kiugróan alacsony értéket kaptunk, ami arra utal, hogy itt a ciklohexán k_1 sebességü monomolekulás bomlási reakciója viszonylag nagyobb jelentőségü, mint az energiaátadó folyamat. A lineáris összefüggés teljesülése az emlitett esetekben annak az elképzelésnek a helyességét támasztja alá, hogy a védőhatás jelentős részben az energiaátadásnak tulajdonitható.

Az I. táblázatban bemutatjuk az általunk vizsgált és néhány, az irodalomban fellelhető elegyrendszerre az 50-50%-os összetételhez tartozó $\Delta e/e_A$ értékeket, amelyeket a védőhatás mértékének tekintünk. Azoknál az elegyeknél, amelyekben a védőhatás olyan kicsiny, hogy a $\Delta e/e_A$ értékek nem határozhatók meg kellő pontossággal, vonalat huztunk. Feltüntettük az A és B komponensek fotoionizációs potenciálját, illetve a tapasztalt energiatranszfer irányát is. Látható, hogy az egyik komponensként cikloalkánt tartalmazó elegyekre - a Hardwick által közölt[1] ciklopentán - 2,3-dimetilbután elegy kivételével - a $\Delta e/e_A$ viszonylag kicsiny, illetve nem is értékelhető. Ez a jelenség azzal magyarázható, hogy a cikloalkánok monomolekulás bomlása a merev szerkezet és a hidrogénatomok között fellépő taszitó hatások miatt viszonylag gyorsabb, mint az energiatranszfer folyamat[3]. Igy, amint az 1. ábrán látható, a ciklohexánt még a 2,2-dimetil-bután is, noha igen kis mértékben, de védi, $[k_2/k_1 \cdot [C] \sim 0{,}75]$ annak ellenére, hogy mint a legtöbb esetben a ciklikus komponens ionizációs potenciálja kisebb.

A táblázatból az is kitünik, hogy a leghatékonyabb védőkomponensek a több láncelágazást tartalmazó alkánok: a 2,2-dimetil-bután, a 2,3-dimetil-bután, és a 2,2,4-trimetil-pentán. Ezek nagyobb védőképessége valószinüleg összefüggésben van a tiszta állapotban mutatott nagy bomlási G-értékükkel, a C-C kötések viszonylag nagy bomláskészségével.

Williams kimutatta[4], hogy az elágazóláncu alkánokban a C-C kötések hasadása energetikailag kedvezőbb: pl. amig az egyszeresen ionizált 2,2-dimetil-bután molekuláról történő H-atom leszakitás erősen endoterm /+41,0 kcal/mol/ az etil-, illetve metil-gyökre, valamint olefinionra való bomlás exoterm folyamat /-1,0, illetve -9,0 kcal/mol. Ezzel egybevág az a tapasztalat, hogy a 2,2-dimetil-bután radiolizistermékeinek tulnyomó részét a hidrogénen kivül a /$G_{H_2} \simeq 2{,}0$/ a C_1 és C_5/G $\simeq 2{,}0$/, illetve a C_2 és C_4/G $\simeq 2{,}5$/ termékek adják[5]. Ezzel analóg jelenségre utal, hogy a 2,2-4-trimetil-pentánból képzett egyszeres pozitiv ion középső C-C kötésének disszociációs

I. táblázat

Telitett szénhidrogén elegyek jellemző adatai

Elegyek A		B	$\frac{\Delta e}{e_A}$	Az energia átadás iránya	Ionizációs potenciálok A	B	Irodalom
ciklooktán	—	oktán	-	-	-	9,99±0,05	
ciklopentán	—	hexán	-	-	10,51±0,05	10,17±0,05	/7/
3-metil-pentán	—	ciklohexán	-	-	10,06±0,05	9,88±0,02	
n-hexán	—	ciklohexán	-	-	10,17±0,05	9,88±0,02	
ciklopentán	—	2,2,4- trimetil-pentán	0,18	→	10,51±0,05	9,84 ±0,05	/7/
ciklooktán	—	2,2,4-trimetil-pentán	≈0,2	→	-	9,84±0,05	
ciklohexán	—	2,2-dimetil-bután	0,24	→	9,88±0,02	10,04±0,05	
hexán	—	3-metil-pentán	≈0,3	→	10,17±0,05	10,06±0,05	
hexán	—	2-metil-pentán	0,34	→	10,17±0,05	10,09±0,05	/2/
heptán	—	2,2,4-trimetil-pentán	0,44	→	10,06±0,05	9,84±0,05	
hexán	—	2,2,4-trimetil-pentán	0,50	→	10,17±0,05	9,84±0,05	/7/
2-2-dimetil-bután	—	3-metil-pentán	0,50	→	10,04±0,05	10,06±0,05	
ciklopentán	—	2,3-dimetil-bután	0,57	→	10,51±0,05	10,00±0,05	/1/
hexán	—	2-3-dimetil-bután	0,60	→	10,17±0,05	10,00±0,05	/1/
hexán	—	2-2-dimetil-bután	0,64	→	10,17±0,05	10,04±0,05	

energiája Franklin és Lampe[6] szerint mindössze 13 kcal/mol, a mért G_{C_4} pedig ~5,0[7].

Az elegyekben tulnyomórészt a kisebb ionizációs potenciálu elágazó láncu alkán felé irányuló, /pozitiv/ töltésátadással egyidejüleg ellentétes irányu gerjesztési energiaátvitel is végbemehet. Ha ez utóbbi folyamat sebessége nem tulságosan kicsiny, akkor csökkentheti a védőhatás bruttó mértékét. Véleményünk szerint e folyamattal verseng az alacsonyabb ionizációs potenciálu, elágazó láncu komponens energetikailag kedvező, viszonylag gyors kémiai bomlása, ami a tömeghatás törvényének megfelelően a védőhatás növekedése irányában hat. Várható, hogy egy igen bomlékony izo-alkán védőhatása nagy, még akkor is, ha a gerjesztési energiaátvitel iránya ellentétes a töltésátvitel irányával. A rendelkezésre álló adatok alapján nem dönthető el egyértelmüen, hogy a folyadékfázisu radiolizis folyamatokban milyen arányban vesznek részt ionos és gyökös reakciók, illetve töltés- és gerjesztési-energiatranszfer folyamatok. Kimutatható azonban, hogy az elágazóláncu alkánoknak azok a C-C kötései, amelyek a pozitiv ionban a leginkább hajlamosak voltak a felszakadásra, megőrzik ezt a tulajdonságukat a töltéssemlegesités után, a gerjesztett - neutrális állapotban is[7,8].

A kisérleti eredmények igazolják, hogy a molekulák felépitése, a ciklikus és az elágazoláncu szerkezet alapvetően megváltoztatja a radiolizis során lejátszódó reakciók mértékét, gyakran az irányát is. A sugárhatáskémiai védelem alkánelegyeknél sem magyarázható egyértelmüen az ionizációs potenciálok különbözőségével, hanem szerepet játszanak a kémiai reakciók, a feszitett szerkezet és más tényezők is.

IRODALOM

1. Hardwick, T.J., J. Phys. Chem., 66 /1962/ 2132
2. Dyne, P.J., Denhartog, J., Smith, W.A., Disc. Faraday Soc. 36 /1963/ 135
3. Földiák, G., Wojnárovits, L., Acta Chim. Acad. Sci. Hung. megjelenés alatt
4. Williams, T.F., Trans. Faraday Soc. 57 /1961/ 755
5. Dewhurst, H.A., J.Am. Chem. Soc. 80 /1958/ 5607
6. Franklin, J.L., Lampe, F.W., Trans. Faraday Soc. 57 /1961/ 1449
7. Kudo, T., Shida, S., J. Phys. Chem. 71 /1967/ 1971
8. Partridge, R.H., J. Chem. Phys. 52 /1970/ 2845
9. Price, W.C., Bralsford, R., Harris, P.V., Ridley, R.G., Spectrochem. Acta 14 /1959/ 45

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 7-8. szám

Szénhidrogénelegyek radiolizise

RODER M.
MTA Központi Fizikai Kutató Intézete, Budapest

Vizsgálta a hexametil-benzol ciklohexánnal, benzollal és toluollal alkotott elegyei radiolizisénél képződő gáznemü termékeket az összetétel függvényében. A sugárzás hatására az elegyek komponensei között fellépő kölcsönhatások főképp fizikai természetüek /energia- és töltésátadás./

Радиолиз смесей углеводородов
Родер, М.
Были изучены газообразные продукты, образовавшиеся в радиолизе смесей гексаметил-бензола с циклогексаном, бензолом, а также толуолом в зависимости от состава. Взаимодействия между компонентами смесей, происходящие под влиянием облучения, являются главным образом физическими /передача энергии и заряда/.

The Radiolysis of Hydrocarbon Mixtures
Roder, M.
Gaseous products of the radiolysis of mixtures of hexamethyl-benzene with cyclohexan, benzene and toluene, respectively were investigated as a function of composition. The interactions between components of mixtures under the effect of radiation are mainly of physical character /energy and charge transfer/.

Számos kétkomponensü elegy radiolizisekor az egyik komponens jelenléte miatt a másik komponens sugárkémiai bomlása megnövekszik, vagy lecsökken, vagyis az észlelt termékhozamok eltérnek az elegyedési szabály alapján várt értékektől. Ha a sugárzási energia többkomponensü rendszerben az egyes komponensek elektrontörtjének arányában abszorbeálódik /elegyszabály/, az additivitástól való hozameltérések a komponensek közötti fizikai /gerjesztési energia- és töltésátadás/ és kémiai /gyök-akceptálás/ kölcsönhatásának tulajdonithatók. Bár mindkét tipusu kölcsönhatás természetét - különösen ciklohexán-benzol rendszerben - széles körüen tanulmányozták[1], ezek viszonylagos mértékének eldöntése még távolról sem megoldott probléma.

Jelen kisérleteink célja az volt, hogy meghatározzuk ezen kölcsönhatások relativ mértékét olyan alifás-aromás és aromás-aromás rendszerekben, amelyek mindegyikében az egyik komponens hexametil-benzol /HMB/. A vizsgálat folyadékállapotu elegyek főbb gáztermékei hidrogén- és metánhozamának meghatározására terjedt ki.

A tisztitott minták besugárzása ^{60}Co γ-forrásban történt. A HMB 166 °C olvadáspontu vegyület. Minthogy oldhatósága a vizsgált rendszerekben szoba-

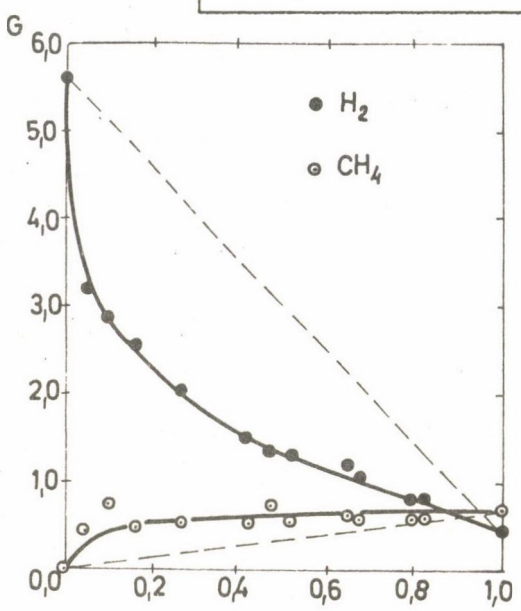
hőmérsékleten kicsi, a besugárzásokat 20 - 170 °C-on végeztük. A hidrogén és metán mennyiségét gázkromatográffal határoztuk meg.

A HMB radiolizisét már korábban részletesen tanulmányoztuk[2]. Az I. táblázat a 170 °C-on besugárzott HMB radiolizisekor keletkezett termékek hozamát tartalmazza. A hozamértékekből kitünik, hogy a vegyület aromás jellege a radiolizis folyamán igen erősen érvényesül. Azonban más aromás szénhidrogénektől eltérően, ahol az összgázhozam a teljes bomlási hozamnak csak 4 - 10%-a[3], HMB esetében az összes HMB-bomlás - figyelembe véve a termékhozamokat és keletkezési mechanizmusukat - a gáztermékek keletkezésével kiegyenlithető. Ez azt jelenti, hogy a HMB radiolizisekor az aromás gyürühöz történő H-atom addició nem lényeges folyamat.

I. táblázat

170 °C-on besugárzott hexametil-benzol termékhozamai

Termék	G-érték
hidrogén	0,442
metán	0,661
etán	0,0045
propán	0,0002
pentametil-benzol	0,35
polimer	0,34
elbomlott hexametil-benzol / HMB/	2,16



1. ábra

A G/H_2/ és G/CH_4/ értékeknek a HMB elektrontörtjétől való függése 170 °C-on besugárzott ciklonexán - HMB-elegyekben

Az 1. ábra a ciklohexán-HMB elegy 170 °C-on történő radiolizisekor keletkezett hidrogén- és metánhozamokat tünteti fel a HMB elektrontörtjének függvényében. Az ábrán feltüntetett szaggatott vonal azon G/H_2/ és G/CH_4/ értékeknek felelne meg, amelyeket akkor nyernénk, ha az elegy komponensei egymás bomlását nem befolyásolnák. Hidrogénhozamra vonatkozóan /a megfelelő értékekkel metánra is/ ez a vonal a következő összefüggést fejezi ki:

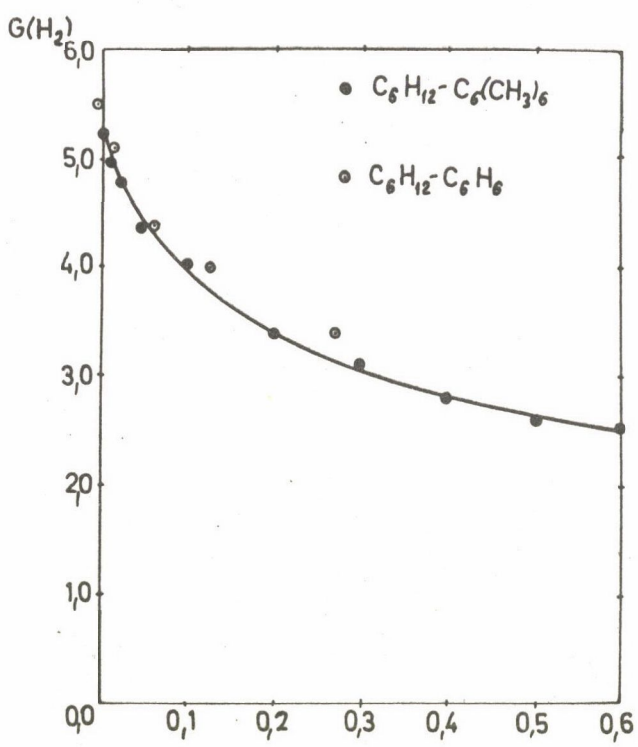
$$G/H_2/_{sz} = \varepsilon_{C_6H_{12}} G/H_2/^{o}_{C_6H_{12}} + \varepsilon_{C_6/CH_3/_6} G/H_2/^{o}_{C_6/CH_3/_2}$$

$G/H_2/^{o}_{C_6H_{12}}$ - a tiszta ciklohexán hidrogénhozama

$G/H_2/^{o}_{C_6/CH_3/_6}$ - tiszta HMB hidrogénhozama

$\varepsilon_{C_6H_{12}}$, $\varepsilon_{C_6/CH_3/_6}$ pedig a megfelelő vegyületek elektrontörtje.

Az ábrából látható, hogy az észlelt hozamok az egyes komponensek elektrontörtjéből számitott értékekkel nem azonosak. Kis HMB-koncentrációknál a $G/H_2/$ lényegesen csökken, nagyobb koncentrációknál a hozamcsökkenés kisebb. Az észlelt $G/CH_4/$ pozitiv eltérést mutat az additivitás szerint számitott értéktől és ez a növekvés különösen jelentős kis HMB-koncentrációknál.



2. ábra

A $G/H_2/$ - értékeknek függése az oldatkoncentrációtól

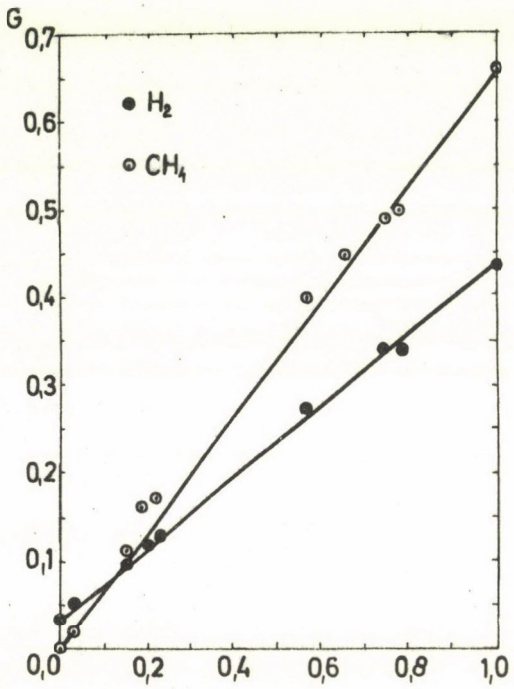
ciklohexán-HMB-oldat
ciklohexán-benzol-oldat /4/

A 2. ábra a 70 °C-on besugárzott ciklohexán-HMB elegyek hidrogénhozamát tünteti fel a HMB-koncentráció függvényében. Az ábrán Stone /4/ ciklohexán-benzol elegyre vonatkozó, más szerzőkkel /5,6/ megegyező adatait is feltüntettük.

A fenti ábrákon látható $G/H_2/$-csökkenésből a HMB-nak a ciklohexán bomlására kifejtett védőhatására lehet következtetni, amelynek mértéke hasonló a benzol védőhatásához.

Minthogy a HMB radiolizisekor az aromás gyürühöz történő H-atom addició nem megy végbe, a ciklohexán-HMB azon néhány elegy egyike, amelynél kijelenthető, hogy a keletkezett gyökök sorsa bizonyos mértékig független a védővegyület jelenlététől. Igy az észlelt védőhatást nem kémiai kölcsönhatás okozza. Az ismert ionizációs potenciálok /ciklohexán 9,88 eV /7/, HMB 7,85 eV /8/ és az alsó elektrongerjesztési szintek /ciklohexán ~7 eV /9/, HMB 4 eV /10/ olyanok, amelyek lehetővé teszik, hogy a HMB a ciklohexán bomlására töltés- és elektrongerjesztési energiaátadással védőhatást fejtsen ki.

A HMB-nak az aromás vegyületekre kifejtett hatása vizsgálatára benzolt és toluolt választottunk. Ezen vegyületeknek a HMB-lal számos közös spektroszkópiai tulajdonsága van, de ionizációs potenciáljuk lényegesen különbözik /HMB 7,85 eV, benzol 9,25 eV, toluol 8,82 eV[7,8]/. A 3. ábra a hidrogén- és metánhozamokat tünteti fel benzol-HMB elegyek 170 °C-on történő radiolizisekor a HMB elektrontörtjének függvényében. Látható, hogy a $G/H_2/$ és $G/CH_4/$ értékek a HMB elektrontörtjével lényegében arányosan változnak. Hasonló összefüggést észleltünk a toluol-HMB elegyeknél. Igy ezen elegyekben - annak ellenére, hogy a HMB-hoz való töltésátadást - az egyes komponensek bomlása az additivitás elvének felel meg. Benzol és toluol radiolizisének tanulmányozásából azt a következtetést vonták le[11], hogy a rövid életü termékek között a gerjesztett állapotuak szerepe fontosabb a töltött állapotuakénál. Figyelembe véve ezt, védőhatás észlelése esetén a gerjesztési energiaátadás játszana döntő szerepet. Mivel ezen rendszerekben a komponensek lehetséges gerjesztési szintjei hasonlóak, és a gerjesztési energiaátadás valószinüsége kicsi, a lényeges ionizációs potenciálkülönbségek ellenére sem tapasztalható eltérés az elegyedési szabálytól.



3. ábra

A $G/H_2/$ és $G/CH_4/$ értékeknek a HMB elektrontörtjétől való függése 170 °C-on besugárzott benzol-HMB elegyekben

Vizsgálatainkból következik:

1. Radiolizis folyamán a benzol-HMB, valamint toluol-HMB között kölcsönhatás - annak ellenére, hogy a HMB-hoz való töltésátadás exoterm folyamat - nem észlelhető. Ezen elegyek radiolizise tehát az elegyszabálynak megfelelően megy végbe.

2. A HMB a ciklohexán radiolizisére védőhatást fejt ki. Kis HMB-koncentrációknál ennek értéke hasonlit a benzolnak a ciklohexán radiolizisére való hatásához. Ez a hasonlóság ujabb bizonyiték arra, hogy az aromás szénhidrogéneknek az alifások radiolizisére kifejtett védőhatásánál nem kémiai kölcsönhatás a meghatározó.

IRODALOM

1. Kroh, J., Rad. Res. Rev., 1 /1969/ 411
2. Roder, M., Acta Chimica, megjelenés alatt
3. Gäumann, T., Hoigne, J., Aspects of hydrocarbon radiolysis Academic Press, London, 1968
4. Stone, J.A., Dyne, P.J., Rad. Res., 3 /1963/ 353
5. Manion, J.P., Burton, J. Phys. Chem., 56 /1952/ 560
6. Freeman, G.R., J. Chem. Phys., 33 /1960/ 71
7. Watanabe, K., J. Chem. Phys. 26 /1957/ 542
8. Вилешов, Ф.И., Ж.физ.хим.35/1961/2010
9. Holroyd, R.A., Fundamental processes in rad. chem. 1968, 448.o.
10. Виноградов,И.П., Алешин,И.В., Додонова,Н.Я.,Опт.спектр.29/1970/477, 28/1970/170
11. Cooper, R., Thomas, J.K., J.Chem.Phys.48/1968/5097

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 7-8. szám

Az etilén sugárhatáskémiai alkilálása

FÖLDIÁK G., STENGER V., JAKAB A.
MTA Izotóp Intézete, Budapest

A metán és etilén sugárhatáskémiai reakciónál 180 °C felett nagy G-értékkel dimerizálásos és alkilálásos reakciók mennek végbe.

Радиационно-химическое алкилирование
Фельдиак, Г., Штенгер, В., Якаб, А.
При радиационно-химических реакциях метана и этилена, над 180 °C происходят реакции димеризации и алкилирования с высоким значением G.

Radiation Chemical Alkilation of Ethylene
Földiák, G., Stenger, V., Jakab, A.
Irradiating methane and ethylene, above 180 °C dimerization and alkylation reactions take place with high G value.

A jelentős izoparaffin tartalmu, nagy oktánszámu motorhajtó anyagok előállitása kőolajipari hulladékgázokból elvileg igen célszerü eljárás.

A sugárhatáskémiai munkák kezdeti szakaszában szinte kizárólag szobahőmérséklet körüli vagy alacsonyabb hőmérsékleten végeztek szénhidrogénkémiai kutatásokat, de az utóbbi másfél évtizedben már vizsgálnak magas hőmérsékleten lejátszódó reakciókat is. Az Esso Research Engineering Co. 1958-ban "Sugárzásos alkilálási eljárás" cimmel szabadalmi bejelentést tett alkének-alkánokkal való kapcsolására gáz-, illetve folyadékfázisban[1]; Lucchesi és Bartok 1959-60-ban négy közleményt jelentetett meg ebben a tárgykörben[2-5]. Eredményeikből azt a következtetést vonták le, hogy - szabadgyökös láncreakciók feltételezésével - a láncinditás a besugárzással, a folytatás pedig a megfelelő magas hőmérséklettel biztositható. A kiindulási molekulasulyu terméknél nagyobb molekulasulyu termékekre vonatkoztatva a maximális G-érték kb. 1200 molekula/100 eV. A kinetikus lánchosszat általában 20-100 között tételezik fel: a lánchossz a hőmérséklettel és a nyomással nő, egyenesen arányos az alkénkoncentrációval és forditottan a dózisteljesitmény négyzetgyökével.

Lucchesitől és Bartoktól[4] eltérően vizsgálatainkat a teljes koncentráció-tartományra kiterjesztettük, támaszkodva a korábbi, a szénhidrogének hőbomlásával[6], sugárhatáskémiai reakcióval[7], illetve ezek kombinálásával[8] szerzett tapasztalatainkra.

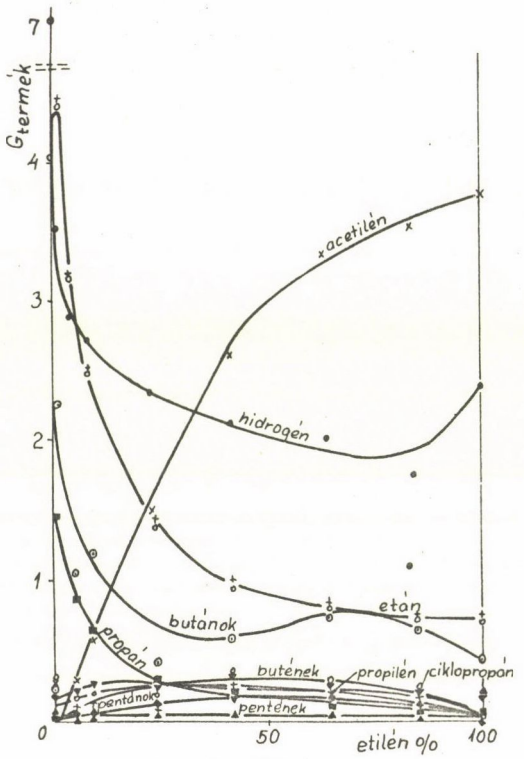
A besugárzásokat az Intézet 80 000 Ci névleges aktivitású ^{60}Co besugárzóberendezésén[9] végeztük, 20, 180, 200, 230, 260, 300 °C-on, 36 Mrad dózissal. 260 °C-tól párhuzamosan ellenőriztük az azonos hőmérsékleten lejátszódó termikus folyamatok sebességét. A C_5-nél nagyobb molekulasulyu termékekre vonatkozóan még nem állnak mennyiségi adatok rendelkezésünkre.

A 20 att kezdeti nyomásu szénhidrogénekkel szobahőmérsékleten végzett kisérletek szerint a metán-etilén-elegy G-értékei nem követnek lineáris elegyitési szabályt, más alkán-alkén-rendszerekhez hasonlóan[10]. Kisérleteink szerint az etán, a propán a n-bután hozama 1-2% etiléntartalomnál maximális: növelve az etilénkoncentrációt az alkánok hozama csökken. Munkahipotézisként fogadtuk el, hogy az etán és ennél nagyobb alkánok két egymást követő reakciólépés közbeeső vegyületei: mégpedig a szintézisé és a bomlásé. Szobahőmérsékleten az etiléntartalom növelésével inkább csökken az alkilálás sebessége, mint a hidrogénezésé vagy a rekombinálódásé.

Megállapitottuk, hogy kb. 300 °C-tól kezdve a reakciók besugárzás nélkül is mérhető sebességgel mennek végbe. Ezt a "termikus hátteret" magas hőmérsékletü méréseinknél figyelbe vettük. A kapott adatok szerint az elegyek G_{H_2}-értéke közel hőmérsékletfüggetlen. Az alkének hozamadatai igazolják, hogy kb. 180 °C-ig a reakciósebesség alig függ a hőmérséklettől, ezen tul azonban rohamosan nő a hőmérséklettel. Az acetilén G-értéke annál nagyobb, minél nagyobb az etilénkoncentráció.

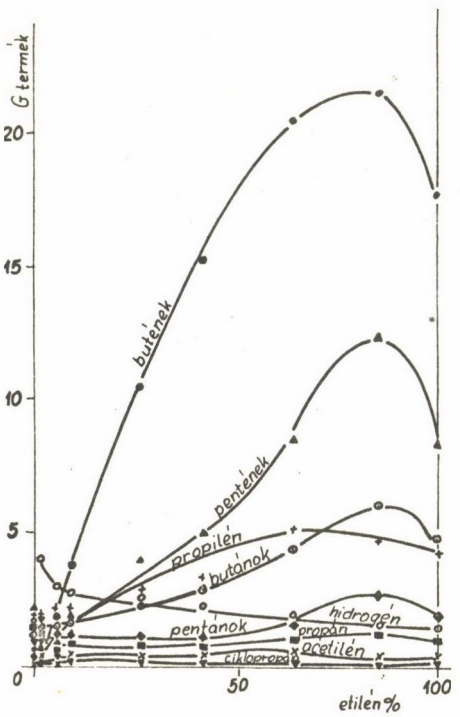
Az alkánok képződésének kinetikája jellegében is eltér a többi szénhidrogéntipusétól, a hőmérsékletet növelve 180 °C-ig enyhén, majd a kb. 230 °C-os minimális értékig rohamosan csökkennek a G-értékek; e fölött a határérték felett, az alkénekkel párhuzamosan rohamosan növekedik a sugárhatáskémiai hozam. Ezt azzal magyarázzuk, hogy a minimumig a "kémiai védőhatásban" megnyilvánuló gyökaddició hozama a hőmérséklettel nő, a 230 °C felett pedig hidrogénezéssel telitett szénhidrogének keletkeznek megfelelő alkénekből vagy azok prekurzoraiból.

A 300 °C-on végbemenő sugárhatáskémiai alkilálásnál a G-maximumokat 65 - 85% etiléntartalom körül észleltük /2. ábra/. A termékek között a legtöbb a bután /$G \approx 21$/. Feltételezhető, hogy az etilén viszonylag nagy hatásfokkal dimerizálódik buténné, majd metilezéssel pentén, hidrogénezéssel pedig bután képződik belőle. A többi alkán képződését is igy értelmezzük a megfelelő alkénekből.



1. ábra

Metán-etilén-keverék besugárzása szobahőmérsékleten



2. ábra

Metán-etilén-keverék besugárzása 300 °C hőmérsékleten

Mivel 300 °C-on a C_3 - C_5 szénhidrogének összességére kimutatott G-érték némileg nagyobb, mint 50, a kinetikus lánchossz 10-12 tagu: ez kisebb az irodalomban közölt adatnál[4], amit ugy magyarázunk, hogy Lucchesi és munkatársai - helytelenül - valójában termikus iniciálásokat is sugárhatáskémiaiként vettek számitásba.

A metán-etilén-elegyek sugárhatáskémiai reakcióinak vizsgálata végeredményben azt igazolta, hogy kb. 180 °C hőmérséklet felett besugárzással iniciált láncreakciók indulnak meg, amelyekben mind a dimerizálásnak, mind az alkilálásnak jelentős a szerepe.

A sugárhatáskémiai módszer segitségével adatokat nyerhetünk a szénhidrogének "klasszikus" termikus reakciói mechanizmusáról, például a hőbomlásról vagy az alkilálásról is.

IRODALOM

1. A radiation alkylation process, ESSO Research and Engineering Co, PB 861, 183, London /1958/
2. Lucchesi, P.J., Heath, C.E., J. Am. Chem. Soc., 81 /1959/ 4770
3. Bartok, W., Lucchesi, P.J., J. Am. Chem. Soc., 81 /1959/ 5918
4. Lucchesi, P.J., Bartok, W., J. Am. Chem. Soc., 82 /1960/ 4108
5. Bartok, W., Lucchesi, P.J., J. Am. Chem. Soc., 82 /1960/ 4525
6. Benedek, P., Földiák, G., A krakkolás fizikai kémiája Veszprémi Vegyipari Egyetem, Veszprém /1954/
7. Freud, M., Földiák, G., MTA Kémiai Tudományok Oszt. Közl., 10 /1958/ 111
8. Földiák, G., MTA Kémiai Tudományok Oszt. Közl., 18 /1962/ 433
9. Hirling, J., Stenger, V., Energia és Atomtechnika 22 /1969/ 446
10. Földiák, G., Stenger, V., Jakab, A., Az etilén sugárhatáskémiai alkilálása, MTA Szerveskémiai Bizottsága /1969/

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 7-8. szám

Ionos folyamatok 3-metil-hexánban, γ-sugárzás hatására

BALOG J., TÓTH L., PINTÉR K.
MTA Központi Fizikai Kutató Intézete, Budapest

Vizsgálták a 3-metil-hexán besugárzásánál képződő szabad elektronok és szabad ionok rekombinálódási folyamatát vezetőképességi mérések segitségével. Meghatározták a rekombinációs állandó értékét a 91 - 293 °K hőmérséklettartományban.

Ионные процессы в 3-метил-гексане под влиянием гамма-излучения
Балог, Я., Тот, Л., Пинтер, К.
Были изучены процессы рекомбинации свободных электронов и ионов, возникающие в 3-метил-гексане под влиянием облучения, при помощи измерений электропроводимости, и было определено значение постоянного рекомбинации в диапазоне температуры 91 - 293 °К.

Ionic Processes in 3-Methyl-Hexane, Initiated by Gamma-Irradiation
Balogh, J., Tóth, L., Pintér, K.
A study on the recombination processes of free electrons and ions, evolving during gamma-irradiation of 3-methyl-hexane, was made by conductivity measurements. The value of recombination constant in the temperature range of 91-293 °K was determined.

Nagyenergiáju ionizáló sugárzás és az anyag kölcsönhatásakor első lépésben gerjesztett képződmények, valamint a rendszert alkotó atomok vagy molekulák pozitiv ionjai és elektronok keletkeznek. Az elektronok energiájuktól függően, vagy ujabb ionizációt váltanak ki, vagy ujra egyesülnek anyaionjaikkal, illetve más pozitiv ionokkal[1]. Ezek az elsődleges folyamatok 10^{-11} s-nál rövidebb idő alatt játszódnak le, igy nyomonkövetésük a jelenlegi technikai adottságok mellett még nem lehetséges. Egyrészük azonban semlegesitődés nélkül éri el a termikus energiának megfelelő kT értéket, és igy a pozitiv töltésü részek Coulomb-terén $/e^2/Er/$ kivül kerülve "szabad" töltésekké válnak, akár másodpercekre is. Külső elektromos tér jelenlétében jól mérhető áramnövekedést, illetve elektromos vezetőképesség-növekedést okoznak, és e változások módot adnak az ionos folyamatok tanulmányozására.

Jelen munkánkban az ionrekombináció sebességi állandójának meghatározását tüztük ki célul. Vizsgálatainkat a 3-metil-hexánon /a továbbiakban 3-MHX/ végeztük 77 - 295 °K hőmérséklettartományban.

A kisérleti rész ismertetése helyett itt csak hivatkozunk egy korábbi munkánkra[2].

A sugárzás megszüntetése utáni ionkoncentráció-csökkenés a következő egyenlettel fejezhető ki:

$$-\frac{dn}{dt} = k'.n^2 \qquad /1/$$

n - a szabad elektronok száma $[cm^{-3}]$ /ez egyenlő a pozitiv ionok számával,

k'- pedig a rekombinációs sebességi állandó $[cm^3 s^{-1}]$.

Az /1/ differenciálegyenlet megoldása:

$$k' = \frac{1}{t_{1/2}\, n_o} \qquad /2/$$

$t_{1/2}$ - az n_o kezdeti koncentrációju ionok rekombinációjának felezési ideje.

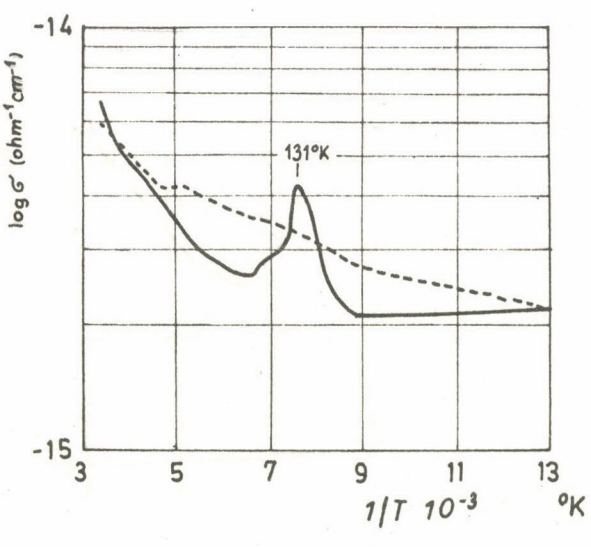
A $\sigma = en\mu$ összefüggés felhasználásával:

$$\frac{k'}{\mu} = \frac{1{,}6 \cdot 10^{-19}}{t_{1/2}\, \sigma_\gamma} \qquad /3/$$

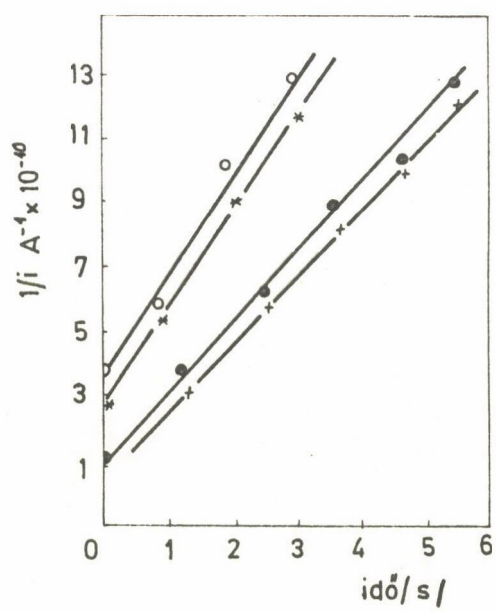
μ - a mozgékonyság $[cm^3\ V^{-1}\ s^{-1}]$ és

σ_γ - a 3-MHX egyensulyi elektromos vezetőképessége γ-sugárzás esetén folyamatos lehütés közben /1. ábra/.

Szaggatott vonallal jelöltük a folyamatos lehütés és folytonos vonallal a spontán felmelegedés közben mért elektromos vezetőképesség-értékeket.



1. ábra



2. ábra

A $t_{1/2}$ értékét a sugárzás megszüntetése utáni áramlecsengési görbékből határoztuk meg. Ha a besugárzás megszüntetése utáni lecsengéis görbéket $1/s$-t /A^{-1}, illetve s/koordináta-rendszerben ábrázoljuk, az igy kapott egyenesek iránytangensei szintén k'/μ értékeit adják /2. ábra/.

Az igy kapott k'/μ értékekből a μ ismeretében[3] meghatároztuk a k' rekombinációs állandó értékét különböző hőmérsékleteken /I. táblázat/.

I. táblázat

Hőmérséklet [°K]	k' [$cm^3\ s^{-1}$]	k'/μ [V.cm]
293		$1{,}93 \cdot 10^{-5}$
283,5	$7{,}3 \cdot 10^{-9}$	$1{,}7 \cdot 10^{-5}$
283,5	$8{,}92 \cdot 10^{-9}$	$2{,}08 \cdot 10^{-5}$
272,0	$7{,}3 \cdot 10^{-9}$	$1{,}9 \cdot 10^{-5}$
258	$1{,}3 \cdot 10^{-9}$	$3{,}56 \cdot 10^{-5}$
245	$6{,}55 \cdot 10^{-9}$	$2{,}92 \cdot 10^{-5}$
223	$5{,}5 \cdot 10^{-9}$	$3{,}98 \cdot 10^{-5}$
210	$3{,}63 \cdot 10^{-9}$	$3{,}7 \cdot 10^{-5}$
183	$2{,}7 \cdot 10^{-9}$	$7{,}2 \cdot 10^{-5}$
163	$7{,}4 \cdot 10^{-10}$	$5{,}7 \cdot 10^{-5}$
154	$5{,}0 \cdot 10^{-10}$	$7{,}95 \cdot 10^{-5}$
143	$1{,}55 \cdot 10^{-10}$	$7{,}75 \cdot 10^{-5}$
111		$7{,}9 \cdot 10^{-5}$
98		$1{,}7 \cdot 10^{-4}$
93		$1{,}75 \cdot 10^{-4}$
91		$1{,}6 \cdot 10^{-4}$

IRODALOM

1. Freeman, G.R., Fayadh, J.M., J. Chem. Phys. 43 /1965/ 86
2. Balog, J., Tóth, L., Pintér, K., Ionic processes in γ-irradiated 3-methyl-hexane. 3rd. Symp.Rad.Chem. Preprint KFKI-71-24 /1971/
3. Kósa Somogyi I., Tóth, L., Balog, J., Electrical conductivity of irradiated insulating organic liquids and glasses. 3rd Symp.Rad.Chem. Preprint KFKI-71-25 /1971/

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 7-8. szám

Etil-benzol sugárhatáskémiai oxidációja etil-benzol-hidro-peroxid jelenlétében

KROÓ E., DANÓCZY R.-NÉ, GÁL DEZSŐ
MTA Központi Kémiai Kutató Intézete, Budapest

Etil-benzolt sugároztak be oxigén illetve etil-benzol-hidroperoxid jelenlétében a 20-90 °C hőmérséklettartományban. 50 °C felett a folyamat hőmérséklet-független nagysebességü láncreakció.

Радиационно-химическое окисление этил-бензола в присутствии этилбензол-гидроперекиси
Кро, Э., Даноци, Р., Гал, Д.
Облучая этил-бензол в присутствии кислорода, а также этил-бензол-гидроперекиси в диапазоне температуры 20-90 °С, было определено что выше 50 °С процесс окажется независимой от температуры быстрой цепной реакцией.

Radiation Chemical Oxidation of Ethyl-Benzene in the Presence of Ethyl Benzene Hydroperoxid
Kroó, E., Danóczy, R., Gál, D.
Ethyl-benzene was irradiated in the temperature range of 20-90 °C. Over 50 °C the process takes place as a high speed chain reaction, independent of temperature.

A szénhidrogén-oxidáció kinetikai program keretében végzett vizsgálatok célja az etil-benzol-hidrogén-peroxid /EHP/, valamint a melléktermékek képződésének vizsgálata etil-benzol sugárzással iniciált oxidációjában 20 - 90 °C-ig terjedő alacsony hőmérsékleten. Tekintetbe véve az aromás gyürüről a hidrogén-peroxid oldalláncra történő energiaátvitel lehetőségét, előnyösnek látszott a kisérleteket EHP jelenlétében végezni 1 - 150 mMol/ℓ.

A besugárzás 600 Ci ^{60}Co sugárforrással történt, a dózisteljesitményt $0{,}6\text{-}40 \cdot 10^4$ grad/h tartományban változtatva. Az oxidációt üvegedényben 2-3 ℓ/óra O_2 áramlási sebesség mellett végeztük, minden mintát azonos 5000 rad integráldózissal sugároztuk be. A termékanalizis gázkromatográfiás, illetve papirkromatográfiás elválasztás segitségével történt.

Az EHP felhalmozódás 50 °C alatt függ a hőmérséklettől, és a dózissebességtől. Magasabb hőmérsékleten az EHP-hozam igen nagy - G = 10 000 - ami láncreakcióra utal. / $RO_2^{\cdot} + RH \rightarrow ROOH + R^{\cdot} \xrightarrow{O_2} RO_2^{\cdot}$ / Alacsonyabb hőmérsékleten a reakció kezdeti szakaszában vizsgálva az EHP-felhalmozódás dózissebesség-függését megállapitható, hogy nagy kiindulási EHP-koncentrációnál a bomlási folyamatok tulkompenzálják a képződési folyamatokat. Mi-

vel a termékek között sem keton, sem alkohol nem volt kimutatható, az EHP sugárzással iniciált bomlására a gerjesztett monomer esetén a

$$ROOH^{*} \rightarrow RO_2^{\cdot} + H$$

reakciót kell feltételezni. EHP-dimernél a gerjesztés hatására pozitiv és negativ töltésü molekula-ion képződik, amely a gerjesztés helyétől függően bomlik hidrogén képződése mellett peroxidra és O_2-re, illetve $RO_2^{\cdot}$ és $HO_2^{\cdot}$ gyökökre. Ezt a feltételezést támasztja alá az a kisérleti tény is, hogy EHP jelenlétében G_{H_2} értéke nagyobb volt, mint tiszta etil-benzol oxidációjánál. A képződött $RO_2^{\cdot}$, illetve $HO_2^{\cdot}$ gyökök letörési reakciójában oxigén mellett hidroperoxid, illetve hidrogénperoxid képződik.

A fenti kisérleteket ^{14}C fenil-metil-karbinol, illetve ^{14}C acetonfenon jelenlétében megismételve, a bevitt anyag fajlagos aktivitása változatlan maradt, és EHP-ben aktivitás nem volt kimutatható. Ez egyértelmüen bizonyitja, hogy az alkalmazott kisérleti feltételek mellett az etilbenzol sugárzással iniciált oxidációjában sem alkohol, sem keton nem képződik a termikus oxidációtól eltérően.

A reakció mechanizmusának felderitésére további vizsgálatok szükségesek, amelyeknél a termékanalizist a H_2O_2-re és a ROOR-re is ki kell terjeszteni. Az EHP-felhalmozódás alacsony hőmérsékleten tapasztalt dózissebesség-függésének magyarázatára az energiaátadási folyamatok részletesebb tanulmányozása szükséges.

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 7-8. szám

Sugárzás által iniciált polimerizációs reakció és a termikus robbanások

DOBÓ J.
Müanyagipari Kutató Intézet Budapest

Összehasonlitanak egyes kémiai iniciátorokkal, illetve sugárzással iniciált polimerizációs folyamatokat. A sugárzásiniciált polimerizáció előnye ipari szempontból, hogy kiküszöböli a hőrobbanás veszélyét.

Инициированная облучением реакция полимеризации и проблема термических взрывов
Добо, Я.
Были сравнены процессы полимеризации, инициированные химическим путем а также облучением. Преимуществом с точки зрения промышленного использования радиационного инициирования полимеризации является устранение возмо ности термического взрыва.

Polymerization Reaction, Initiated by Radiation and the Problem of Thermal Explosion
Dobó, J.
According to a comparison of polymerization reactions initiated by chemical means and by radiation, respectively, the latter has the advantage from industrial viewpoint of eliminating the possibility of thermal explosion.

Az ipari szinten végzett szabadgyök-polimerizációs folyamatoknál a sebességet korlátozó tényező általában a hőrobbanások veszélye. Ezek a robbanások /amelyeket megfutási reakcióknak is neveznek/ tüzveszélyt képezhetnek, továbbá kismolekulasulyu és nem szép külsejü termékre vezetnek; a termékek néha nem-reagált monoméreket és buborékokat tartalmaznak a forrásból és az iniciálószer heves bomlásából. Kimutattuk[1-3], hogy sugárzásos iniciálással a hőrobbanások veszélye minimumra csökkenthető.

E cikkben telitettlen poliésztergyanták kezelésének néhány példáján vizsgáljuk ezt a problémát. A fa-müanyag kombinációkkal végzett kisérleteket már korábban ismertettük[1], a metil-metakriláttal és más monomérekkel végzett kisérleteket más helyen publikáljuk.

Semenov elmélete szerint[4] a hőrobbanások a reakcióhő fejlődése, és elvezetése közti egyensulyhiány eredményei. A hőfejlődés, amely arányos a reakciósebességgel, Arrhenius-tipusu függést mutat a hőmérséklettől. Stacioner állapotban:

$$q_1 = Q.k.Me^{-\frac{E}{RT}} \qquad /1/$$

Q - a reakcióhő,
k - állandó,
M - a monomer koncentrációja,
R - a gázállandó,
T - a reakció hőmérséklete,
E - az általános aktiválási energia.

A reakció kezdetére felirhatjuk:

$$q_1 = Q.k.e^{-\frac{E}{RT}} \qquad /1'/$$

A hőelvezetés viszont lineáris a hőmérséklettel:

$$q_2 = a/\ T - T_o/ = a.\ \Delta T \qquad /2/$$

T_o - a termosztát hőmérséklete,
a - a hőátadási állandó.

Tüdős[5] kimutatta, hogy a csökken a konverzióval, de a /2/ egészen magas konverziókig érvényes, azaz a hőátadás newtoni folyamatnak tekinthető.

Az /1'/ és a /2/-ből levezethető, hogy ha a hőmérséketkülönbség a rendszer és a termosztát között kritikus érték fölé emelkedik, termikus robbanás következik be. Semonov szerint ez az érték:

$$\Delta T_{krit} = \frac{T}{\frac{E}{RT}} - 2$$

A polimerizációs reakcióban

$$E = \frac{E_i}{2} + E_p - \frac{E_t}{2}$$

i - láncindítás,
p - láncterjedés,
t - lánczárás.

Kémiai iniciálásnál felvehetjük a következő közelitő értékeket:

$$E_i = 30 \text{ kcal/mol}$$
$$E_p = 7 \text{ kcal/mol}$$
$$E_t = 2 \text{ kcal/mol} \sim 21 \text{ kcal/mol}$$
$$E \sim 21 \text{ kcal/mol}$$

Ebből, 350 °K reakcióhőmérsékletnél a kritikus tulhevitésre az alábbi hozzá-

vetőleges értéket kapjuk:

$$\Delta T_{krit} \sim 12,5\ ^{o}C$$

mig viszkózusabb közegeknél, ahol E_t értéke nagyobb, ez az érték kb. $20^{o}C$ lehet. Sugárzásos iniciálásnál viszont $E_i = 0$, $E \sim 6$ kcal/mol és $\Delta T_{krit} \sim$ $\sim 50\ ^{o}C$; mivel a viszkózus közegeknél E = 0-hoz közeli érték, a hőrobbanások gyakorlatilag lehetetlenné válnak.

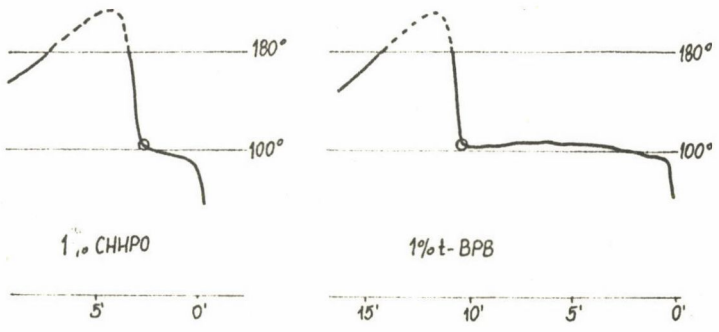
Nem szabad elfelejtenünk, hogy a polimerizációs reakciók adiabatikus viszonyok között többszáz ^{o}C tulhevülésre vezethetnek.

40% sztiroltartalmu telitetlen poliésztert használtunk, egyes esetekben a gyanta sulyának 5-8%-át kitevő üvegszövet-merevitéssel.

Az I. sorozatban 100 g poliésztert sugároztunk be cirkulálóolaj-termosztátba 100 ^{o}C hőmérsékleten egy 70 kCi ^{60}Co forrás segitségével. A célpontot egy rezgőnyelv csillapitásával észleltük.

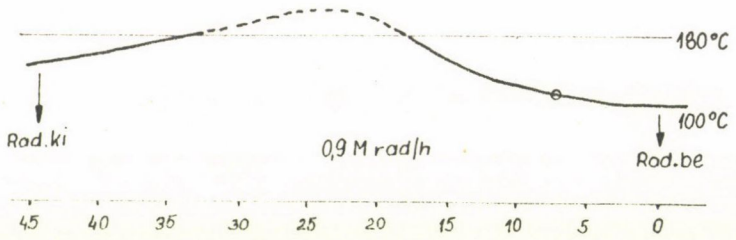
A II. kisérletsorozatban a poliésztert aluminiumtálcákra öntöttük, kb. 0,5 g/cm^2 vastagságban, - ha más adatot nem közlünk - és egy fütőlapra tettük. A besugárzást egy 2 MeV-es, 200 μA Van de Graaff generátorral végeztük, és a dózisteljesitményt az elektronáram 3 - 150 μA között változtattuk. A legtöbb kisérletet szobahőmérsékleten kezdtük. A hőmérsékletet termoelemmel mértük.

Mindkét kisérlethez ellenőrző kisérleteket is végeztünk besugárzás nélkül vegyi iniciátorokkal.



1. ábra

Poliészter - sztirol-keverékek kezelése vegyi iniciátorokkal

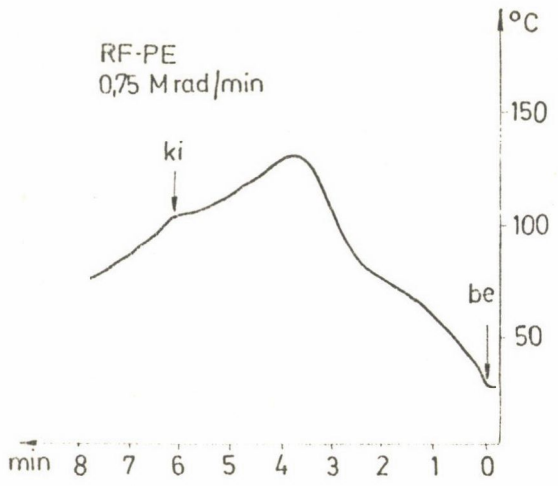


2. ábra

Kezelés ^{60}Co besugárzással

I. Kisérletsorozat: az 1. ábra a poliészterkeverékek szilárdulását mutatja vegyi iniciátor alkalmazásakor. A gélpont után, amelyet egy kör jelöl, hőrobbanás következik be. Ha kisebb bomlási sebességü inicátort használunk /t-butil-peroxidot ciklohexanon-hidro-peroxid helyett/, a robbanás némi késedelemmel következik be, egyébként azonban ugyanugy meredek hőmérsékletemelkedésre és habos termékekre vezet. γ-besugárzással igen magas reakcióhőmérsékletet érhetünk el, még a gélpont után is, a kapott termék figyelemreméltóan egyenletes.

II. Kisérletsorozat: a 3. ábra egy merevitett poliészterkeverék elektronnyalábbal való kezelésének hőmérsékleti viszonyait mutatja be.

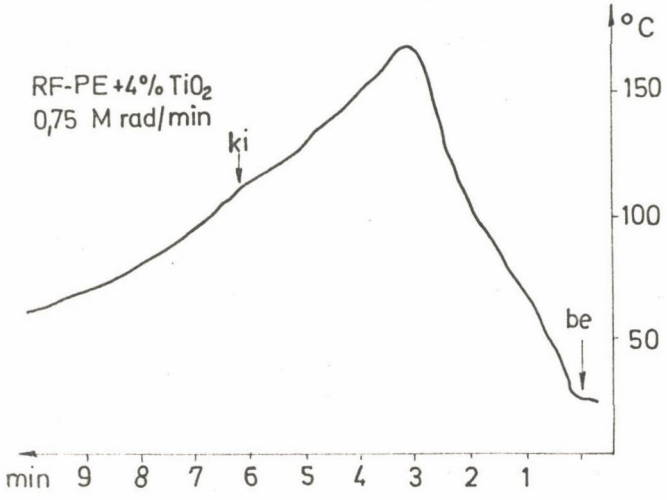


3. ábra

Merevitett poliészterkeverék Van de Graaff besugárzása.
Vastagság: 0,65 g/cm^2

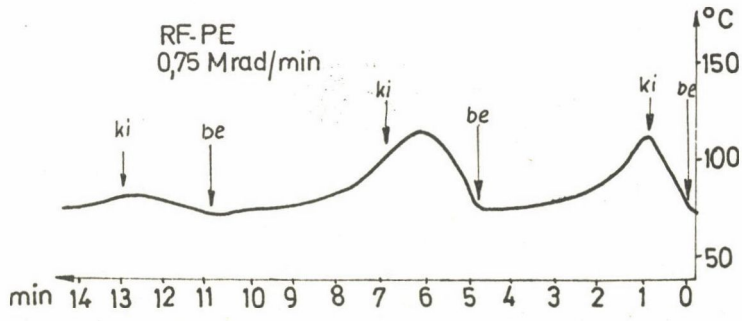
A szilárdulás 4 percnél rövidebb idő alatt teljesen végbe megy. Jóminőségü terméket kapunk tulságos tulhevülés nélkül. Vastagabb, 0,65 g/cm^2 vtg. rétegeknél /4. ábra/ a csucshőmérséklet valamivel magasabb, és a kezelés ideje rövidebb. Ebben a kisérletben átlátszatlan keveréket használtunk titándioxid töltettel. Az 5. ábra a szakaszos besugárzás hatását mutatja /kezdeti

hőmérséklet 72 °C/. A szilárdulás a második besugárzási időszak alatt lesz teljes; a hőhatás a harmadik időszakban az elnyelt sugárzásnak tulajdonitható. A 6. ábra bemutatja a szakaszos besugárzást igen nagy dózisteljesitménnyel. Itt a szilárdulás három, egyenként 30 s ciklusban gyakorlatilag teljes. Ezzel a dózisteljesitménnyel és folyamatos besugárzással /7. ábra/ a szilárdulás igen gyors, a minta repedéseket mutat, noha ezek kisebbek, mint a tipikus hőrobbanásoknál. Ezt az utóbbi állapotot szemlélteti a 8. ábra egy gyors benzol-peroxid-kezelés példáján. Az igy készitett minta tele van repedésekkel és buborékokkal.



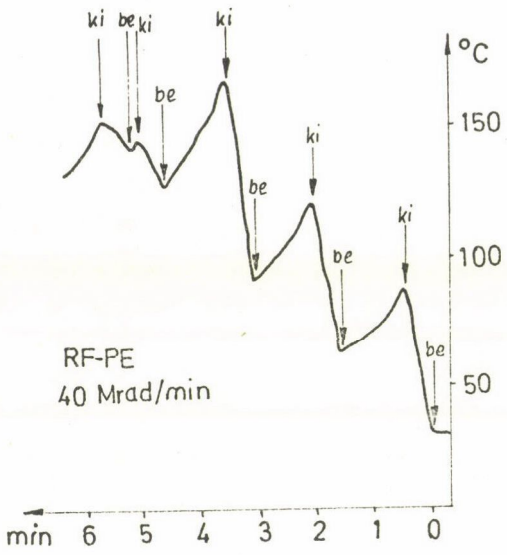
4. ábra

Merevitett poliészterkeverék besugárzása.
Vastagság: 0,65 g/cm^2



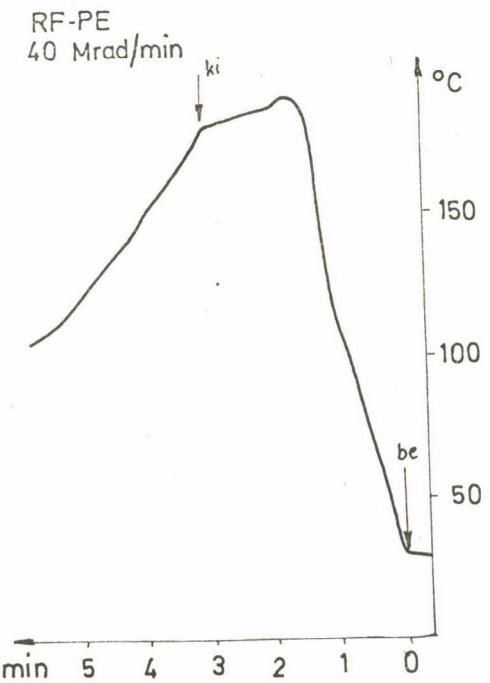
5. ábra

Merevitett poliészterkeverék szakaszos besugárzása



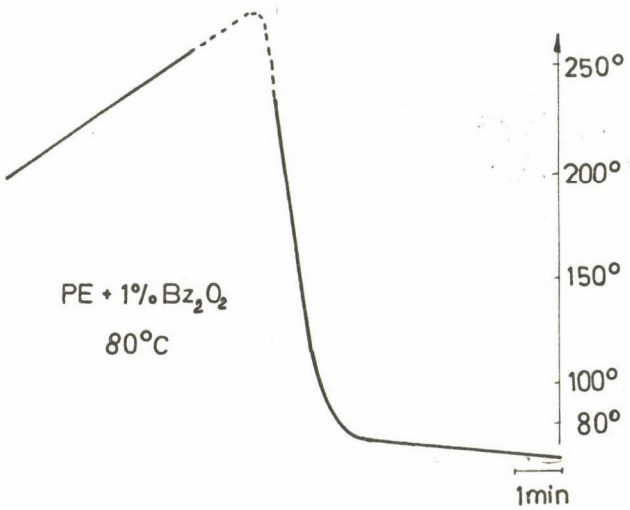
6. ábra

Merevitett poliészterkeverék szakaszos besugárzása



7. ábra

Folyamatos besugárzás igen nagy dózisteljesitménnyel



8. ábra

Egy 4 mm vastag poliészterkeverék gyors kezelése benzoil-peroxiddal

A kisérletek alapján tehát a következőket állapitottuk meg:

1. A sugárzásos iniciálás kiküszöböli a hőrobbanás veszélyét a gyökmechanizmusu polimerizációs rendszerekben és igy lehetővé teszi a gyártási sebességek megnövelését jó minőségi jellemzők fenntartásával.

2. A sebesség terén elért nyereség különösen fontos lehet a nagyvolumenü ipari eljárásoknál és vastag minták esetében.

3. További előnyt jelent a szakaszos iniciálás, a besugárzással iniciált folyamatok ellenőrizhetősége miatt.

4. A vegyi és a sugárzásos vegyi iniciálásu polimerizáció összehasonlitó vizsgálatait általában laboratóriumi szinten végeztük, ahol a hőátadás jó. A kétféle iniciálás viszonylagos előnyeinek az ipari folyamatokban való meghatározására a kisérleteket meg kell ismételni rossz hőátadási viszonyok között.

IRODALOM

1. Dobó, J., Czvikovszky, T., Kálmán, I., Somogyi, Á., Atomtechnikai Tájékoztató 11 /1968/ 641
2. Dobó, J., Proceedings of the symposium on the utilization of large radiation sources, Munich, 18-22 August 1969 IAEA Vienna, 1969, 488.
3. Dobó, J., Acta Chimica Acad. Sci. Hung., 63 /1970/ 453
4. Semenov, N.N., Chemical kinetics and chain reactions, Oxford Univ. Press, 1935.
5. Tüdős F., Gál K., Magy. Kém. F., 64 /1958/ 270

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 7-8. szám

Akrolein és akril-nitril sugárzásos ko-polimerizációja karbamid csatornakomplexben

KISS L., POLGÁR S.
Müanyagipari Kutató Intézet, Budapest

Az akrolein - akrilnitril monomerpárnak karbamid csatornakomplexben végbemenő polimerizációjánál előállitott kopolimer összetétele független a konverziótól, és megegyezik a kiindulási monomerkeverék összetételével.

Радиационная сополимеризация акролеина и акрил-нитрила в канальном комплексе карбамида
Киш, Л., Полгар, Ш.
Состав сополимера, изготовленного полимеризацией пара мономеров акролеина-акрилнитрила в канальном комплексе карбамида оказался независимым от конверсии и соответствует составу исходной смеси мономеров.

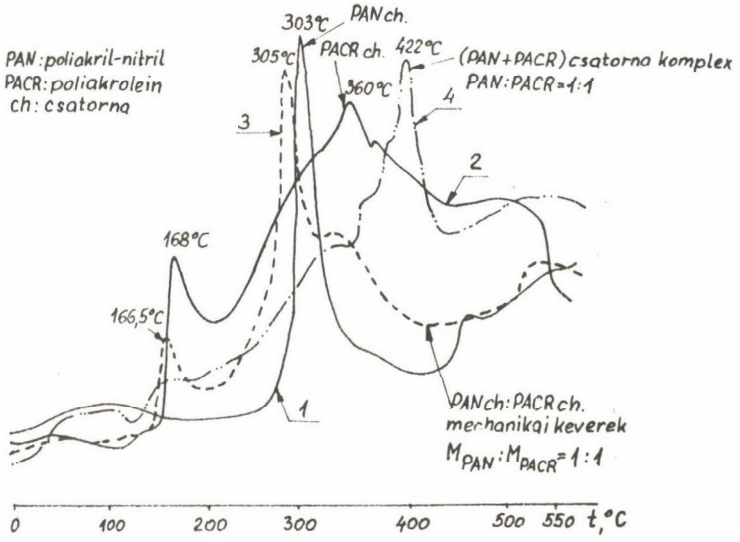
Radiation Copolymerization of Acrolein and Acryl-Nitril in Carbamid Channel Complex
Kiss, L., Polgár, S.
The composition of copolymer, produced by polymerizing the acrolein-acrylnitril monomer pair in carbamide channel complex proved to be independent of conversion and was identical with the composition of the initial monomer mixture.

Ismert tény, hogy a folyadék fázisban végbemenő ko-polimerizációnál a keletkezett polimerláncok kémiai összetétele a konverzió változásának a függvénye. Ennek az az oka, hogy a ko-monomerekből keletkező láncvégi aktiv centrumok aktivitása a két tipusu monomermolekulához igen eltérő. Szilárdfázisban, különösen az olyan jól szervezett rendszerekben, mint a csatornakomplexek a ko-polimer kémiai összetételét nem a láncvégi aktiv centrumoknak a ko-monomermolekulákhoz való kémiai aktivitása, hanem a szilárd mátrix fizikai állapota kell hogy meghatározza, tehát a csatornakomplexben végrehajtott ko-polimerizációban a konverzió értékétől függetlenül egységes kémiai összetételü polimermolekuláknak kell keletkezniök.

A jelenlegi munkánkban az elképzelésünk igazságának ellenőrzésére az akrolein - akril-nitril monomerpárnak karbamid csatornakomplexben végbemenő polimerizációját vizsgáltuk.

Első lépésként azt kivántuk eldönteni, hogy az akrolein - akril-nitril monomerpárnak karbamid csatornakomplexben való polimerizációjakor valóban ko-polimer keletkezik-e. Ennek tisztázásra elvégeztük a karbamid csatornakomplexben polimerizált tiszta poliakrolein, tiszta poliakril-nitril, az

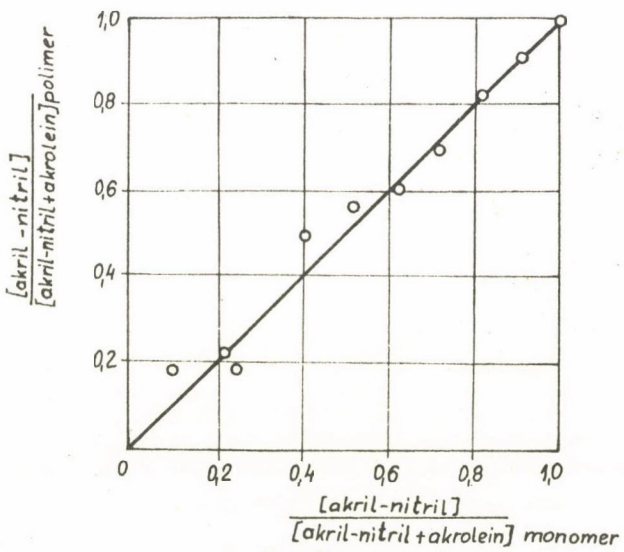
1 : 1 molarányu mechanikus, a polimerkeverék és a ko-polimer differenciál-termoanalizisét. A termogramok az 1. ábrán láthatók, és ezek egyértelmüen bizonyitják, hogy az akrolein - akril-nitril monomerpárnak karbamid csatornakomplexben való sugárzásos polimerizációjakor valóban ko-polimer keletkezik.



1. ábra

Karbamid csatornakomplexben előállitott polimerek differenciális termogramjai

1. poliakril-nitril /PAN/
2. poliakrolein /PACR/
3. poliakril-nitril és poliakrolein 1:1 molarányu mechanikai keveréke
4. akril-nitril - akrolein ko-polimer



2. ábra

A karbamid csatornakomplexben előállitott ko-polimer akril-nitril-tartalmának kiindulási monomerkeverék összetételétől való függése

Megvizsgáltuk különböző kiindulási ko-monomer-arányoknál a konverzió hatását a ko-polimer kémiai összetételének az alakulására és megállapitottuk, hogy tetszöleges monomeraránynál a ko-polimer kémiai összetétele független a konverzió értékétől.

A 2. ábrán a ko-polimerben az akril-nitril moltörtjének változását ábrázoltuk a kiindulási monomer akril-nitril moltörtjének a függvényében.

Az ábrákból látható, hogy a ko-polimerben az akril-nitril arán-

nya minden egyes összetételnél megegyezik a monomerkeverék akril-nitril arányával.

A kisérleti eredmények alapján világos, hogy a csatornakomplexben előállitott ko-polimer összetétele független a konverziótól, és minden esetben megegyezik a kiindulási monomerkeverék összetételével.

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 7-8. szám

Akril-nitril-karbamid csatornakomplex utópolimerizációjának kalorimetrikus vizsgálata

POLGÁR S.[x], KAPLAN[xx] A.M., KISS L.[x], BARKALOV[xx] I.M.
[x]Müanyagipari Kutató Intézet, Budapest
[xx]SZTA Kémiai Fizikai Intézete, Moszkva

Hővezetési kaloriméter segitségével vizsgálták az akril-nitril-karbamid csatornakomplex besugárzás utáni utópolimerizációjának kinetikáját. Megállapitották a folyamat néhány jellemző paraméterét.

Калориметрическое изучение послеполимеризации канального комплекса акрил-нитрил-карбамида
Полгар, Ш., Каплан, А.М., Киш, Л., Барналов, И.М.
Изучалась кинетика послеполимеризации акрил-нитрил-карбамида с помощью калориметра по термопроводимости после облучения. Были опредены некоторые характеристические параметры процесса.

Calorimetric Investigation of Post-Polymerization of Acryl-Nitril-Carbamid Channel Complex
Polgár,S., Kaplan, A.M., Kiss, L., Barkalov, I.M.
The kinetics of postpolymerization of acryl-nitril-carbamid channel complex after irradiation was investigated by means of thermoconduction calorimeter. Some characteristic parameters of the process were determined.

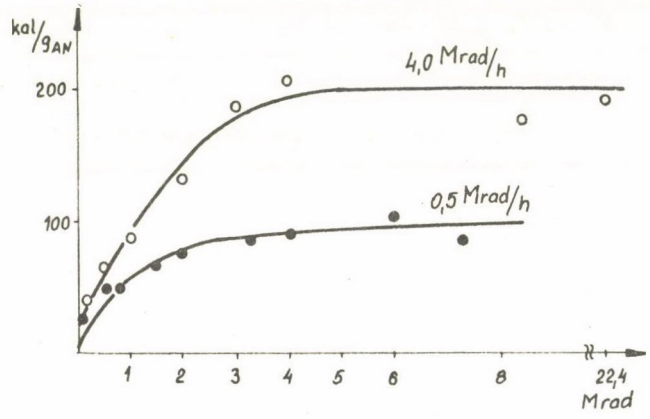
Szilárd monomerek esetén a polimerizáció lefolyása nagymértékben a minta szerkezetétől függ, s ezért a monomer polimorf átalakulásainak vizsgálata nagy jelentőségü. Akril-nitril esetében a szilárd monomer polimorf átalakulásait az[1] munkában részletesen tanulmányozták, és 110 - 190 °C hőmérsékleti tartományban öt, hőeffektussal járó átalakulást mutattak ki. Korábbi munkáink[2,3] alapján feltételezhető volt, hogy a csatornakomplexben a szilárdfázisu akril-nitrilre jellemző kép részben vagy egészben megváltozik.

A besugárzatlan akril-nitril-karbamid csatornakomplex termodinamikai vizsgálatát, valamint a cseppfolyós nitrogén hőmérsékletén besugárzott komplex utópolimerizációjának tanulmányozását az[1] munkában részletesen ismertetett hővezetési kaloriméter segitségével végeztük. Hővezetési kaloriméterrel - a DSC kaloriméterhez hasonlóan - a vizsgálatok állandó felmelegités mellett végezhetők. A hővezetési kalorimétert a szilárdfázisu akril-nitril[4] és más monomerek utópolimerizációs kinetikájának tanulmányozására alkalmazzák. Ez a módszer a széles körben alkalmazott gravimetrikus vizsgálatokkal ellentétben jelentős előnyökkel rendelkezik, mivel lehetővé teszi a reakció /utópolimerizáció/ sebességének a fejlődött hőmennyiség szerinti közvetlen meghatározását.

A besugárzatlan akril-nitril-karbamid csatornakomplex felmelegitési diagramján, a szilárdfázisu akril-nitriltől eltérően, 110 - 190 °K hőmérsékleti tartományban hőeffektussal járó átalakulás nem volt megfigyelhető. 237 - 241 °K között erős endoterm folyamat játszódik le, ami megfelel a csatornakomplex elbomlásának.

Az akril-nitril-karbamid csatornakomplex bomlási hője 36,0±1,0 kcal/gAN. Ez az első adat az alacsony hőmérsékleten stabil karbamid csatornakomplexekre vonatkozóan.

0,5 és 4,0 Mrad/h dózisteljesitménnyel besugárzott akril-nitril-karbamid csatornakomplex kimelegitési görbéi az 1. ábrán láthatók. A görbék a



1. ábra

Az akril-nitril-karbamid csatornakomplex utópolimerizációja során fejlődött hőmennyiség dózisfüggése különböző dózisteljesitmények esetén

besugárzási dózis függvényében az 1 g akril-nitrilre mért exoterm hőmennyiséget ábrázolják.

Az 1. ábra szerint a konverzió függ a dózisteljesitménytől. Ilyen összefüggést eddig még nem tapasztaltak. Szilárdfázisu utópolimerizáció esetén a konverzió rendszerint független a dózisteljesitménytől, és a dózistól függ. Igy van ez például a szilárdfázisu akril-nitril utópolimerizációjakor is[4]. Az 1. ábra görbéi véleményünk szerint tükrözik az aktiv centrumok sugárzás közbeni felhalmozódását. Az aktiv centrumok száma 4 Mrad-ig növekszik, majd pedig állandó értéken marad. Az alkalmazott dózisteljesitmények mellett és 4 Mrad felett az aktiv centrumok mennyisége 1:2 aránylik egymáshoz. A besugárzás során feltételezhető reakciók figyelembevételével, valamint a konverzió dózisteljesitménytől való függése alapján az aktiv centrumok koncentrációjára vonatkozóan felirható a következő összefüggés:

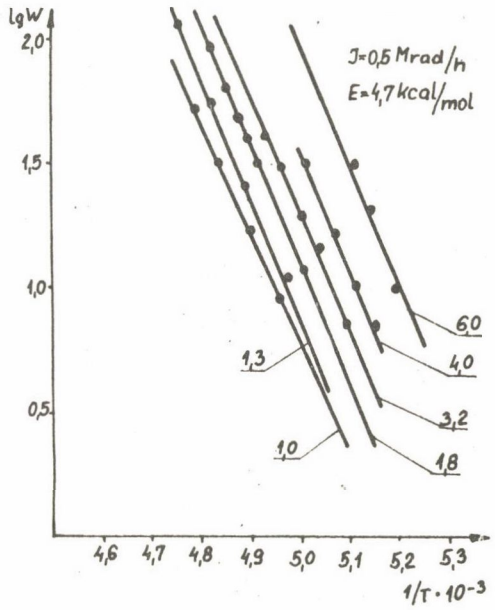
$$\frac{dA}{dt} = gI - K_s I A - K_z A ;$$

A - az aktiv centrumok száma,

K_s és K_z - az aktiv centrumok sugárzás, illetve polimerizáció során bekövetkező eltünési reakciójának állandói.

Az egyenlet gI tagja az aktiv centrumok keletkezését, a K_sIA tag pedig az aktiv centrumok sugárzás közbeni eltünését irja le. 4 Mrad felett az aktiv centrumok mennyiségének állandóságát feltételezve meghatároztuk a $\frac{K_s}{K_z} = 3/2$ arányt.

Ez az érték 0,9 : 1 molarányu akril-nitril-karbamid csatornakomplexre jellemző, és természetszerüleg monomerenként változhat.



2. ábra

77 °K besugárzott akril-nitril-karbamid csatornakomplex utópolimerizáció sebességének hőmérsékletfüggése

A 0,5 Mrad/h dózisteljesitmény mellett felvett kisérletsorozatból meghatároztuk az akril-nitril-karbamid csatornakomplex utópolimerizációjának aktiválási energiáját. Az aktiválási energia értéke a 2. ábra adatai szerint 4,75 kcal/mol. Az aktiválási energia értékének meghatározásakor nem vettük figyelembe az aktiv centrumok utópolimerizáció közbeni "befagyását" és meg kivánjuk jegyezni, hogy ez az aktiválási energia értékét némileg megnövelheti.

IRODALOM

1. Каплан, А.М., Кирюхин, Д.И., Баркалов, И.М., Голданский, В.И., Хим.выс. эн.3/1969/460

2. Kiss L., Magy. Kém. F., 74 /1968/ 125-128

3. Kiss L., Bálint Sz., Magy. Kém. F., 74 /1968/ 128-131

4. Каплан, А.М., Кирюхин, Д.И., Баркалов, И.М., Голданский, В.И., Докл.АН СССР 190/1970/1387

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 7-8. szám

Kristályos n-vinil-karbazol sugárzásos polimerizációja

AZORI M., TÜDŐS F., MOHOS B;
MTA Központi Kémiai Kutató Intézete, Budapest

A kristályos n-vinil-karbazol sugárzásos utópolimerizáció-sebességét, illetve az elérhető határkonverziót vizsgálták a hőmérséklet és a dózis függvényében. A folyamatok mechanizmusának megállapitására ESR-spektrumokat vettek fel.

Радиационная полимеризация кристаллического N-винил-карбазола
Азори, М., Тюдеш, Ф., Мохош, Б.
Была изучена скорость радиационной послеполимеризации кристаллического И-винил-карбазола а также достигаемая предельная конверсия в зависимости от температуры и дозы. Для определения механизма процессов сняли ЭПР спектры.

Radiation Polymerization of Crystalline N-Vinyl-Carbazol
Azori, M., Tüdős, F., Mohos, B.
The velocity of radiation initiated postpolymerization of crystalline N-vinyl-carbasol and the attainable limiting conversion were investigated as a function of temperature and dose. ESR spectra were taken to determine the mechanisms of processes.

Előző közleményünkben az n-vinil-karbazol /NVK/ utópolimerizációjának kinetikai vizsgálatáról számoltunk be[1]. Az előzetes besugárzást röntgensugarakkal 0,112 Mrad összdózissal végeztük 50 - 59 °C hőmérséklet tartományban /a monomer olvadáspontja:64,5 - 65,0 °C/.Ilyen körülmények között a konverzió időösszefüggés tipikus telitési görbét ad, és a gyakorlatilag elérhető konverzió 10% alatt marad. Jelen munkánkban ^{60}Co γ-sugárforrást használtunk, és az előzőnél egy, illetve két nagyságrenddel nagyobb összdózist alkalmaztunk /I = 0,2 Mrad/h mellett/.

A kapott kisérleti eredmények alapján megállapitható, hogy az utópolimerizáció sebessége és a gyakorlatilag elérhető határkonverzió jelentősen növekszik a hőmérséklet, illetve a dózis függvényében. Igy például 1,2 Mrad előzetes besugárzás esetén a határkonverzió értéke 30 °C-on 5%, 40 °C-on 20%, 50 °C-on 30% körülinek adódik. Ezen tulmenően a kinetikai görbék lefutása is változik mind a hőmérséklet, mind a dózis függvényében. Igy 1,2 Mrad-nál 30 °C-on tipikus telitési görbét kapunk, mint a már emlitett 0,112 Mrad esetén 50 - 59 °C között. Nagyobb dózis, vagy magasabb hőmérséklet alkalmazása esetén az átalakulás gyorsuló jellegüvé kezd vál-

ni, és 13,3 Mrad-nál már kifejezetten gyorsuló folyamattal állunk szemben. Ennek alapján megkíséreltük az utópolimerizáció kinetikai analizisét az autokatalitikus jellegü direktpolimerizációra kidolgozott módszerrel /2/ elvégezni. Számitásaink azt mutatják, hogy az utópolimerizáció sebessége jól irható le az autokatalizis általános egyenletével:

$$W_2 = \frac{dx}{dt} = K'x^m(1-x)^n$$

m = 1 és n = 1 /lassuló és enyhén gyorsuló görbék/, illetve n = 3/2 /gyorsuló görbék/ esetén. Az egyenletben szereplő $x = \xi/\xi_\infty$ /ξ a konverzió/, $K' = KI$ /I a dózisteljesitmény Mrad/h, t az idő /h/. Azonos hőmérsékleten /különböző dózis mellett/ K értéke állandó, azonos dózis esetén pedig hőmérsékletfüggő. A lgK - 1/T összefüggésből E = 14,6 $\pm$ 2,5 kcal/mol aktiválási energia értéket kaptunk.

A kristályos NVK besugárzásakor keletkező paramágneses részecskék ESR-viszgálata arra a megállapitásra vezetett, hogy a kinetikai görbe egyes szakaszaihoz különböző spektrumok tartoznak. JRA-5 tipusu számitógéppel végzett un. vonalszükitő eljárással sikerült kideriteni, hogy a folyamat gyorsuló szakaszában jelentkező 5 vonalból álló spektrum a növekvő poli-/n-vinil-karbazol/ gyöknek felel meg. Kimutattuk, hogy a direktpolimerizációnál észlelt három különböző tipusu ESR-spektrum megtalálható az utópolimerizáció megfelelő szakaszain, továbbá, hogy vizsgálati körülményeink között a gyökök élettartama igen nagy, és a gyökkoncentráció csökkenése csak az utópolimerizáció telitési szakaszában válik logaritmikussá.

IRODALOM

1. Azori, M., Tüdős, F., Kinetics and mechanism of polyreactions, Vol. IV. /1969/ 97-101.
2. Tüdős F., Boros Gyevi E., Proc.2nd Symp.Rad.Chem. Akadémiai Kiadó Bp.1967 557.o.

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 7-8. szám

A lánczáródás kinetikája a sugárzásos ojtásos ko-polimerizációban

CZVIKOVSZKY T.

Müanyagipari Kutató Intézet, Budapest

Polietilén és sztirol együttes besugárzásánál vizsgálta a lánczáródás kinetikáját, meghatározva annak néhány jellemző adatát.

Кинетика обрыва цепи в радиационной сшивочной сополимеризации
Цвиковски, Т.
В совместном облучении полиэтилена и стирола была изучена кинетика закрытия цепи, определяя некоторые ее характеристические данные.

Kinetics of Chain Termination in the Radiation Graft Copolymerization
Czvikovszky, T.
In the simultaneous irradiation of polyethylene and styrene the kinetics of chain termination was studied by determining some of its characteristic parameters.

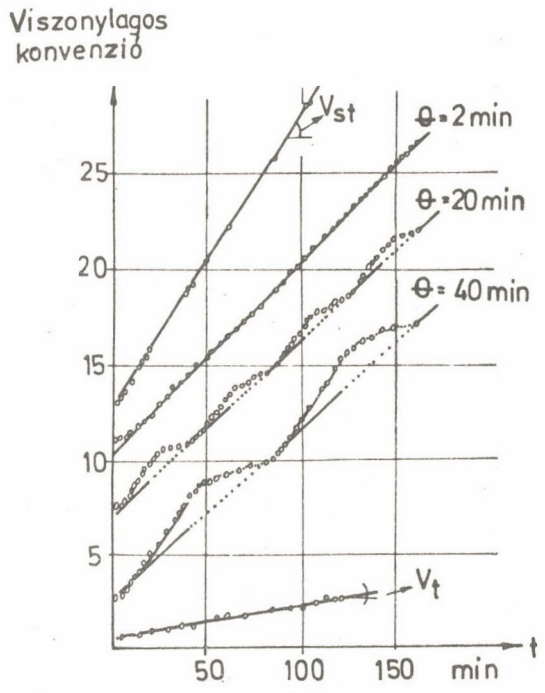
A sugárzásos iniciálás igen előnyös módszer a gyökös polimerizáció elemi reakcióinak tanulmányozására. A sugárzás széles körüen alkalmazható, hőmérséklettől független utja az iniciálásnak és igy jó lehetőséget nyujt arra, hogy a láncnövekedés és lánczáródás elemi reakcióit az iniciálástól elválasztva, önmagukban tanulmányozhassuk.

Korábbi munkáinkban[1,2] kimutattuk, hogy a sztirol ojtásos ko-polimerizációja poliolefineken követi a gyökös polimerizáció alapvető törvényszerüségeit, és arra a stacionáris sebességet feltételező polimerizációkinetikai egyenletek alkalmazhatók. A jelen munkában megpróbáltuk egy nemstacionárius kinetikai módszer alkalmazását.

A forgószektor-módszer gyakran idézett, de ritkán használt módszer, gyökös reakciósebességi állandók meghatározására [3]. A lényege az, hogy intermittens iniciálást alkalmazva az átlagos gyökélettartam meghatározható olyan rendszerekben, amelyekben a lánczárás mechanizmusa ismert, és a monomolekulástól eltérő. Korábbi munkáinkból kiderült, hogy ezek a feltételek rendszerünkben érvényesülnek[1,2].

Az eredetileg intermittens fotoiniciálásra és folyadékfázisu polimerizációra kidolgozott módszert alkalmaztuk a röntgensugárral iniciált ojtásos ko-polimerizációra.

A módszer részleteit már publikáltuk[4]. Az ojtást a polietilén és a sztirol együttes besugárzásával inditottuk, 20 °C és 50 °C között, 3.10^3 rad/h és $1{,}1.10^4$ rad/h sugárintenzitás mellett. A sugárzásmegszakitás gyakorisága, vagyis az egyenlő hosszu "sötét" és "világos" periódusok időtartama 8 s és 40 min között változott. Az állandó besugárzás mellett mérhető polimerizációs sebességet V_{st}-t és a szaggatott iniciálással kapott polimerizációs sebességet V'-t mindig ugyanabban a dilatométerben határoztuk meg.



1. ábra

Viszonylagos konverzió /önkényes egységekben/ a sztirol egyidejü sugárkémiai ojtása során polietilénen /40 °C, 3.10^3 rad/h/

V_{st} - folytonos besugárzás

Θ - a sötét és világos periódusok időtartama

V_t - sugárzásmentes, sötétreakció

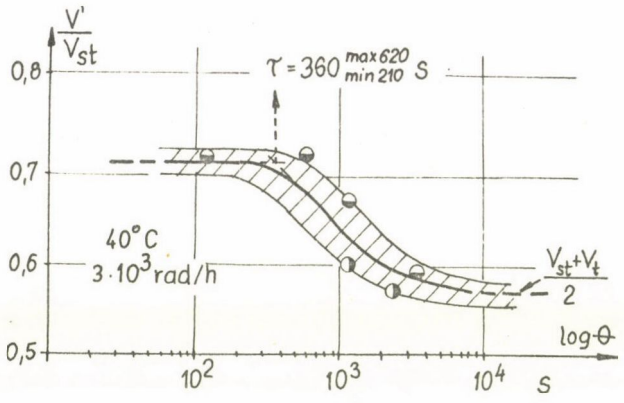
Az 1. ábra mutat egy példát a sugárzásmegszakitás gyakoriságának hatására a polimerizáció sebességében. Látható, hogy a "sötétreakció", tehát a sztirol spontán, termikus ojtódása a polietilénre nem elhanyagolható. A megfelelő reakciósebességek aránya az egyenlő hosszu sötét és világos periódusok hosszának logaritmikus függvényében a 2. ábrán látható.

A módszer egzakt matematikai feldolgozásából következően ennek az Area-tangens hiperbolikus tipusu függvénynek $\frac{1}{\sqrt{2}}$ szélső ordináta-értéket kell adnia extrém rövid sugárzásos és megszakitásos periódusok esetén, illetve $\sqrt{\frac{1}{2}}$ szélső értéket extrém hosszu periódusok esetén. A két szélső érték közötti átmenetből határozható meg az átlagos gyökélettartam.

Mint látható, esetünkben a hosszu periódusoknál

$$\text{a } V' \text{ értéke } \frac{V_{st}}{2} \text{-ről } \frac{V_{st} + V_t}{2} \text{-re módosul .}$$

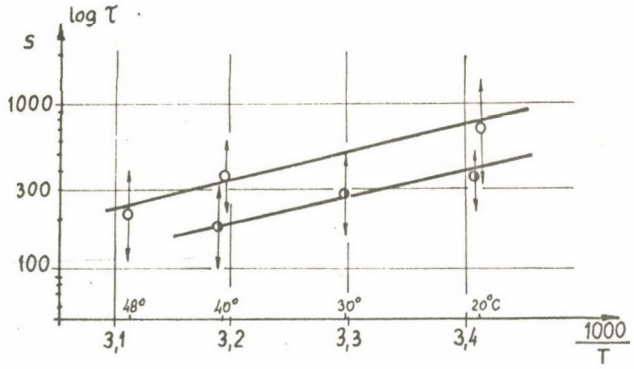
Mint az a 2. ábrából látható, a kisérleti pontok csak meglehetősen nagy hibával követik az elméleti görbe tendenciáját. Ez a hiba egy kb. kettes



2. ábra

A megszakitásos sugárzásos sebesség V' és a folytonos sugárzásos sebesség V_{st} viszonya a sötét és világos periódusok időtartamának függvényében

faktorral jellemezhető, és ezt a hibahatárt meg is jelöltük a 3. ábrán, ahol az átlagos gyökélettartamot ábrázoltuk a hőmérséklet függvényében. A számitott élettartamok 5 perc nagyságrendüek, ami már önmagában jelzi, hogy a lánczáródási folyamatok extrém lassuak a jelen rendszerben.



3. ábra

A forgószektor-technikával meghatározott átlagos gyökélettartam /τ, s/ a hőmérséklet függvényében

○ 3.10^3 rad/h

◑ $11,3.10^3$ rad/h

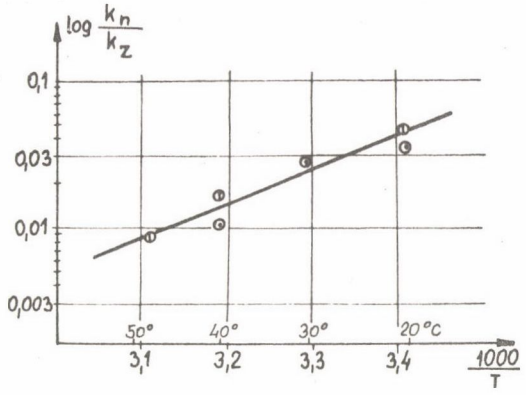
Az átlagos gyökélettartam τ értékéből kiszámithatjuk a láncnövekedési állandó k_n és a lánczárási állandó k_z hányadosát:

$$\tau = \frac{k_n}{k_z} \cdot \frac{M}{V}$$

M - a monomerkoncentráció

V - a polimerizációsebesség.

A számitott k_n/k_z-értékek a 4. ábrán láthatók, a reciprok abszolut hőmérséklet reciprokának függvényében. A görbe meredekségéből következik, hogy a lánczáródás látszólagos aktiválási energiája sokkal nagyobb, mint a láncnövekedésé.



4. ábra

A láncnövekedési állandó /k_n/ és a lánczárási állandó /k_z/ hányadosának függése a hőmérséklettől

① $3{,}0.10^3$ rad/h

⊙ $11{,}3.10^3$ rad/h

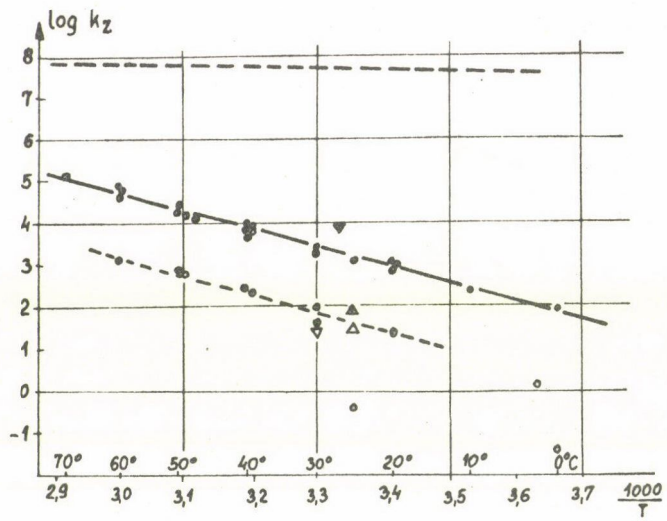
Az egyenesből számitható látszólagos aktiválási energia:

$$E = -10{,}3 \begin{matrix} \max - 11{,}6 \\ \min - 8{,}0 \end{matrix} \text{ kcal/mol}$$

Ezekből a k_n/k_z-értékekből, azokkal a $\frac{k_n}{\sqrt{k_z}}$-értékekkel együtt, amelyeket a stacionárius ojtási kisérletekből kaptunk, elvileg független k_n- és k_z-adatokat is számolhatnánk, azonban csak jelentős hibával. Az ilyen módszerrel végzett számszerü becslések és elméleti megfontolások azonban egyaránt azt bizonyitották, hogy a láncnövekedési állandó értékét a polimermátrix, illetve a gélszerü közeg jelenléte nem befolyásolja. A lánczárási állandó a legjellemzőbb a viszkózus fázisban lejátszódó polimerizációs folyamatra. A k_z-értékek Arrhenius-függvényét az 5. ábrán láthatjuk. Ezeket a k_z-adatokat a sztirol-poliolefin-ojtás különféle stacionárius és nemstacionárius módszereivel kaptuk, a homopolimerizációra elfogadott, irodalmi[/5/] k_n-érték feltételezésével.

Amint ez az 5. ábrából látható, a forgószektoros k_z-értékek jól összevágnak a stacionárius kinetikával kapott k_z-értékekkel. Az ojtás lánczárási állandóinak ez az első frontja az egyenes mögött egy második vonalat találunk, B egyenes, amelynek meredeksége gyakorlatilag azonos, de amely több, mint egy nagyságrenddel alacsonyabb abszolutértékü pontokból áll. Ez a B vonal a hosszu idejü utóhatás-vizsgálatainkból származik. Ez alatt láthatunk még néhány elszórt pontot, amely a hosszuéletü polisztiril-gyökök lecsengésének közvetlen ESR méréséből adódik. Ujabban kimutattuk azonban[/9/], hogy a valóban növekvő polisztiril-gyökök aktivitása jóval nagyobb és hiperfinom szerkezetük is egészen más, mint a fenti, hosszuéletü, - néha teljesen befagyott - polisztiril-gyököké.

Következésképpen az A egyenest tekintjük jellemzőnek a sztirol lánczárási állandójának abszolut értékére és aktiválási energiájára a sztirol-poliolefin ojtási rendszerben. Ez a lánczárási állandó szobahőfokon mintegy öt nagyságrenddel kisebb, mint a homopolimerizációban érvényes k_z.



5. ábra

A sztirol lánczárási állandója /k_z/ a hőmérséklet függvényében

Saját eredmenyeink:

A görbe: ojtás

- ● polietilénre, stacionárius kinetika
- ◑ polipropilénre, stacionárius kinetika
- ◒ polietilénre, forgószektor-módszer

B görbe: ojtás

- ◐ polietilénre, utóhatáskinetika
- O polipropilénre, a hosszuéletü polisztiril-gyökök lecsengésének ESR vizsgálata

Irodalmi adatok:

C görbe: sztirol homopolimerizációja[5]

▽,△ sztirol ojtás vizsgálata ESR-rel[6]

▼,▲ ojtásban számitott k_z[7,8]

A lánczáródás tehát a nagyviszkozitásu közegben is lehet szabályos, bimolekulás mechanizmusu és a lánczárási sebesség együtthatója a gyökös polimerizációkinetika módszereivel mérhető. A poliolefin - sztirol-rendszerben a lánczárás látszólagos aktiválási energiája 0 °C és 70 °C között 20,0 ± 1,5 kcal/mol. Ez az aktiválási energia nyilvánvalóan tul nagy két

gyök közötti reakcióra általában, azonban jellemző lehet a makrogyököt hordozó láncvégi szegmensek mozgásképességére a saját monomerjével duzzasztott polimergélben.

IRODALOM

1. Dobó, J., Czvikovszky, T., J. Polymer Sci., B 2 /1964/ 93
2. Dobó, J., Czvikovszky, T., Ranogajec, F., Proc. 2nd Symp.Rad.Chem., Akadémiai Kiadó Bp. 1967, 665.o.
3. Bamford, C., Barb, W., Jenkins, A., Onyon, P., The kinetics of vinyl polymerization, Butterworths, London, 1958.
4. Czvikovszky, T., Kandidátusi disszertáció, Budapest, 1971.
5. Matheson, M., Auer, E. et al., J. Am. Chem. Soc., 73 /1951/ 1700
6. Odian, G., Kruse, R.L., J. Polymer Sci., C 22 /1969/ 691
7. Chandler, H.W., Henley, E.J., Trachtenberg, B.N., Intern. J. Appl. Radiation and Isotopes 13 /1962/ 239
8. Campbell, D., Williams, J.L., Stannett, V., Advances in chemistry 66 /1967/ 221
9. Czvikovszky, T., Marx, R., IUPAC Makromolekuláris Kémiai Szimpózium, Budapest, 1969.
   Kinetics and mechanism of polyreactions, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1969. Vol. 4 237.

KIADVÁNYOK

RADIATION PROTECTION IN VETERINARY MEDICINE, RECOMMENDATIONS OF THE NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS

NCRP Report No. 36, 15 August 197o, 52.pp.,NCRP Publications, P.O.Box 4867, Washington, D.C. 2o oo8.

A jelentést elsősorban a gyakorló állatorvos számára állitották össze. A biztonságos állatorvosi radiológiához szükséges valamennyi információt tartalmazza, a sugárvédelem önálló tervezéséhez azonban nem ad elegendő támpontot /Health Physics, 1971. julius /.

RADIATION PROTECTION IN SCHOOL FOR PHYSICS UP TO THE AGE OF 18 YR.

ICRP Publication 13, Pergamon Press, Headington Hill Hall, Oxford, England, 197o. 7 oo.

Az iskolai oktatásban növekvő mértékben használják fel az ionizáló sugárzásokat. A jelentés javaslatokat ad az "iskolai besugárzás" felső határára, a sugárvédelmet biztositó adminisztrativ rendszabályokra s néhány röntgenkészülék és radioaktiv sugárforrás biztonságos használatára /Health Physics 1971. julius/.

HIREK

NUKLEÁRIS ENERGETIKA

Budapesten felavatták a Müszaki Egyetem 10 kW teljesitményü tanreaktorát. A reaktor a próbaüzemelést követően kifogástalanul müködik.

MTI 1971. junius 9.

Néhány évvel ezelőtt az a vélemény uralkodott, hogy a jelentős szénkincscsel rendelkező Lengyelországnak nincs szüksége atomenergiára; rövid időn belül azonban végleges döntés várható az első lengyelországi atomerőmü felépitéséről. A tervek szerint a Szovjetunióból vásárolják a reaktor-turboaggregátblokkot, amelynek összteljesitménye 140 MW lesz. A nagymértékü vizfelhasználás miatt a tavakban gazdag olsztyni vagy a gdanski vajdasági területeken épitenék fel.
Dolgozók Lapja /Tatabánya/ 1971. junius 1.

A tervek szerint 1986-ra készül el Brazilia első atomerőmüve, a Rio de Janeiro és Sao Paulo közötti partszakaszon. Dél-Amerikában ez lesz a második atomerőmü; az elsőt most fejezik be Argentinában.
Népszabadság, Magyar Hirlap 1971. április 28.

Michaelis professzor az Európai Gazdasági Közösség kutatási és technológiai főigazgatóságának vezetője szerint 1980-ig uj uránlelőhelyeket kell feltárni, mivel Nyugat-Európa eddig ismert tartaléka - 650 000 tonna uránérc - nem elegendő ahhoz, hogy a folyamatos termelésből az évről évre növekvő szükségletet teljes mértékben fedezze. A becslések szerint Nyugat-Európában 1980-ig összesen 300 000 MW teljesitményü atomerőmü lesz üzemben, s üzemeltetésük összesen 330 000 tonna uránércet igényel.
Magyarország 1971. április 11.

A japán atomipar jelentése szerint 1980-ban két, 1990-ben 50-60 és 2000-ben 280 atommeghajtásu hajót épitenek.
Magyar Hirlap 1971. április 10.

Japán atomerőműveinek kapacitása 1985-ben becslések szerint 30-40 ezer MW-ot ér el, átlagosan 1000 MW-os egységekkel. Felmerült az a lehetőség, hogy a sürün lakott fogyasztási körzet közvetlen közelében, a tengerfenékre telepitenék az erőműveket.
Természet Világa 1971. április.

Nukleáris meghajtásu tengeralattjáró óriás tankhajó modelljét mutatták be a kaliforniai San Diegoban. A 255 ezer tonnás tengeralattjáró óránként 31 km-es sebességgel, 120 m mélyen halad majd. Épitése 2,7 milliárd dollárba kerül, próbautját 1976-ra tervezik.
Hétfői Hirek 1971. április 5.

IPARI IZOTÓPALKALMAZÁS

A diósgyőri Acélöntödében az öntvények röntgenvizsgálata helyett γ-átvilágitást használnak.
Északmagyarország 1971. május 9.

Az atomenergia felhasználása szennyezi a viziutakat, részint a hőszennyezés, részint a radioaktiv hulladék sugárzása révén.
Technika 1971. junius.

Az amerikai Lockheed Társaság hivatalosan bejelentette, hogy 2000-ben forgalomba állitják a 600 utas befogadására alkalmas atomhajtásu repülőgépet, amely majdnem hangsebességgel közlekedik majd.
Lobogó 1971. május 12.

Az Össz-szövetségi Sugártechnikai Tudományos Kutató Intézetben radioaktiv izotópos bevonatvastagság-mérőt dolgoztak ki. A "Betamikrometr" müszer γ-visszaszóráson alapszik.
Atomnaja Energija 1971. május.

Francia kutatók optikai lencsék kézi csiszolása helyett neutronsugárral alakitják a lencséket megfelelő tulajdonságura. A neutronsugárral besugárzott részek kissé sötétebbé válnak, de ultraibolya fénnyel átvilágitva ismét visszakapják eredeti szinüket. A lencsének azokat a részeit, amelyeket változatlanul kivánnak hagyni, kadmiummal letakarják.
Élet és Tudomány 1971. junius 18.

Minden épitménynél meghatározó szerepe van a talaj állapotának, minőségének. A klasszikus módszerek mellett az Egri Közuti Épitő Vállalat hatéves fejlesz-

tési program keretében foglalkozik a talajminőség izotópos vizsgálati módszerének kidolgozásával. A munkát 1968-ban kezdték meg. Az elmult három évben bevezették az izotópos talajtömörség- és talajnedvességmérést.
Utépités 1971. május.

Phoenix város /USA/ közelében az egyik nagyforgalmu országut mentén elhelyezett közlekedési tábla megvilágitására világitó foszforral bevont, kristállyal töltött csöveket használtak. A ^{85}Kr izotóp bomlás közben "bombázza" a fényport, s igy serkenti világitásra. A világitó tábla 165 m-re is tisztán látható, az izotóp felezési ideje 10,6 év.
Autó - Motor /Budapest/ 1971. junius 6.

Megfeketedett, elhomályosult régi fotók felfrissitésére holland kutatók radioaktiv izotópos eljárást dolgoztak ki. A régi felvételeken az ezüstnyomokat neutronokkal aktiválják, igy olyan sugárzó mintához jutottak, amely megfelelt az eredeti képnek. Az igy előkezelt képről "autoradiográfiai" felvételt készitettek. Az eljárás higany, jód, nikkel, réz, klór és jódezüst vegyületeknél is alkalmazható.
Delta 1971. május.

MEZŐGAZDASÁGI IZOTÓPALKALMAZÁS

Az MTA Izotóp Intézete a Növényvédő Kutató Intézettel és a Gödöllői Agrártudományi Egyetemmel együttmüködve vizsgálja az uj hazai és az importált növényvédőszerek hatásmechanizmusát. A vizsgálatokhoz radioaktiv izotópokkal jelzett növényvédőszereket használnak.
Magyar Hirlap 1971. julius 8.

A Budapesti Vegyimüvek uj gyomirtószerének, a Buvinolnak a hatásmechanizmusát a Keszthelyi Agrártudományi Egyetem mosonmagyaróvári izotóplaboratóriumában izotópos nyomjelzéssel vizsgálják. Azt kutatják, hogy milyen arányban jelenik meg a növényben, s juthat az emberi szervezetbe. A kisérletet üvegházban nevelt buzán és kukoricán végzik.
MTI, Vas Népe /Szombathely/, Zalai Hirlap /Zalaegerszeg/ 1971. junius 16.

Az élelmiszerkészletek sugármentesitése a polgári védelem egyik legsulyosabb feladata. Kimutatták, hogy a sugárszennyeződés eltávolitása függ a megelőző védelem hatásfokától, a szennyeződés és a mentesités között eltelt időtől, az időjárási viszonyoktól és az élelmiszerek anyagi minőségétől.
Vas Nepe 1971. junius 13.

Gazdaságossági számitások szerint a különböző növénymagvak besugárzásos kezelése 5-20%-kal növeli a gabonafélék és a hüvelyesek terméshozamát.
Keletmagyarország /Nyiregyháza/ 1971. junius 26.

A Szovjet Tudományos Akadémia, "Zelinszkij" Szerveskémiai Intézetének tervezőirodája "Sztimuljator" néven kisérleti hordozható vetőmagbesugárzó berendezést készitett.
Atomnaja Energija 1971. május.

197o januárjától juliusig félüzemi kisérleteket folytattak a szovjet "Knipovics akadémikus" hajón felszerelt γ-besugárzó berendezéssel. A friss hal és egyéb tengeri élelem tárolási idejének megnövelését célzó kisérletek teljes sikerre vezettek.
Atomnaja Energija 1971. május.

Francia kutatók 25ooo rad sugárdózissal sterilizálták az álomkórt terjesztő cecelégy himjeit. A sikeres eljárás a cecelégy elleni harc hatékony genetikai módszerének bizonyulhat.
Magyarország 1971. május 2.

NUKLEÁRIS ORVOSTUDOMÁNY

Zita, G.a bécsi Erzsébet kórház Izotópdiagnosztikai Laboratóriumának vezetője looo betegen végez kisérleteket a vese renográfiás és szcintigráfiás vizsgálatok eredményességére. A szerző beteganyagát négy nagy csoportba osztja, rámutat az izotópdiagnosztikai eljárások helyes, kellő időben történő alkalmazása
Orvos és Technika 1971. 2. szám.

A Fővárosi János Kórház izotóplaboratóriumában két analóg százalékoló elven működő egyszerü eredménykiértékelő berendezést szerkesztettek a pajzsmirigy jódtárolási görbéjének és a vörösvértestek trijódthyronin /T_3/ felvételének mérésére. A készülékek alkalmazásával a mérési idő 1/5-re csökkenthető, az eredmények megbizhatósága növekedett.
Orvos és Technika 1971. 3. szám.

A Kőbányai Gyógyszergyárban 1963 óta 40 alapanyag és gyógyszerkészitmény sugársterilezhetőségét vizsgálták szilárd és félszilárd /kenőcsök, emulziók, szuszpenziók/ rendszerekben. Hidrokortizon és klóramfenikol tartalmu szemkenőcs 2,5 Mraddal történő sugársterilezésének üzemesitését az MTA Izotóp Intézetének Gamma-Besugárzó Laboratóriumában végezték el.
Kőbányai Gyógyszer 1971. április 6.

Izotóp-placentográfia $Na_2{}^{51}CrO_4$-tal jelzett vörösvértestek felhasználásával végezhető 15 - 2o mérési pont segitségével. A módszer veszélytelen az anya és a magzat számára.
Orvos és Technika 1971. 3. szám.

Miskolcon a szentpéteri-kapui "kórházvárosban" kobalt- és céziumágyukat helyeztek üzembe.
MTI 1971. junius 25.

Az NDK-ban végzett kutatások szerint a röntgenfelvétellel szemben a neutron-radiogrammnak előnyei vannak. Mig a röntgenfelvételnél a sugárzást pl. a csont erősen abszorbeálja, s igy a csontváz a negativon világos árnyékként jelentkezik, addig a neutronsugarak a csontanyagon viszonylag gyengitetlenül áthatolnak, igy a radiogrammon pl. a mellkas a bordák mögötti, mélyebben fekvő szervek képét nem takarja el. A folyadékkal töltött szervek viszont olyan erősen elnyelik a neutronsugarakat, hogy a véredények világos árnyékként jelentkeznek, a levegővel telt szervek, pl. a tüdő sötéten, a finom részleteket is ábrázolva. A felvételre ORWO-Kernspurfilmet használnak, amelynél az érzékenységet bórral, illetve litiummal való mesterséges dusitással növelik.
Kerntechnik, 1971. junius.

Wroclawi kutatók kisérleteik során jelentős eredményeket értek el tőzegből készült gyógyszerekkel sugárbetegségben szenvedő betegeken. A károsodást szenvedett vörösvérsejtek már a kezelés első hetében regenerálódni kezdtek.
Dolgozók Lapja /Komárom/ 1971. junius 22.

NEMZETKÖZI ESEMÉNYEK

A Nemzetközi Atomenergia Ügynökség Szöulban 197o. szeptember 28. - október 2. között konferenciát rendezett "A fejlődő országokat különösen érdeklő besugárzási eljárások" cimmel. Az Ügynökség tudományos folyóirata, az Atomic Energy 1971. évi 2. száma három összefoglaló előadás szövegét közli. Ezek különféle bevonatok. és a természetes gumilatex elektronbesugárzásos kezelésével, valamint müanyagok térhálósitásával és ojtasos módositásával foglalkoznak.

Keszthelyen a KGST Atomenergia Állandó Bizottsága XX. ülésszakát Petroszjanc professzor nyitotta meg. Az ötnapos ülésen az atomenergia békés felhasználásának kérdésével foglalkoztak.
MTI, Magyar Hirlap, Magyar Nemzet, Népszabadság, Népszava stb. 1971. junius 9.

Karlovy Varyban 21 ország részvételével megtartották a II. Sugárgyógyászati Szimpóziumot. A négynapos ülésen 82 tudományos értekezés foglalkozott a radioaktiv izotópok diagnosztikai alkalmazásával, valamint a kutató és gyógyitó személyzet sugárfertőzésének csökkentésével.
Egészségügyi Dolgozók Lapja /Budapest/ 1971. junius 1.

VEGYES HIREK

A mélyen fekvő dél-franciaországi barlangokban olyan cseppköveket találtak, amelyekből sikerült megállapitani, hogy milyen volt az éghajlat 9o-13o ezer évvel ezelőtt. Ha nincs légjárás, és még egy sor más feltétel is teljesül, akkor a cseppkövek izotóptartalma a kialakulásuk időszakában uralkodó hőmérséklettől függ. Kiderült, hogy ie. 13o ooo-től 12o ooo-ig a Föld hőmérséklete lassan nőtt. Ezután a növekedés megállt, és 97 ooo-ig nem változott a hőmérséklet. Majd ezer év alatt hirtelen 2,5 ^{o}C-kal süllyedt, 93 ooo-től pedig ujabb ezer év alatt 4 ^{o}C-kal növekedett.
Zalai Hirlap /Zalaegerszeg/ 1971. junius 2o.

Az Aerospace Corporation /USA/ egyik kutatócsoportja El Segundoban lázersugárral választott el hidrogénizotópokat. Metanol, deuterometanol és bróm 1:1:2 arányu keverékét 1 percig loo W teljesitményü infravörös lázersugárral sugároztak be. Valamivel több, mint 95% metanol reakcióba lépett a brómmal, a deuterometanol azonban szinte teljesen megmaradt. Eddig ilyen rövid idő alatt nem tudták 5o%-ról 95%-ra növelni egy izotóp dusitottságát.
Kerntechnik 1971. junius.

HELYESBITÉS

Lapunk 4-5. száma 85. oldalának képlete alatt

n/1 helyett n≠1 olvasandó.

A hibáért szives elnézésüket kérjük.

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA KÖNYVTÁRA

309.024

IZOTÓPTECHNIKA

14. ÉVFOLYAM 9. SZÁM

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA IZOTÓP INTÉZETE

IZOTÓPTECHNIKA

14. ÉVFOLYAM 9. SZÁM

BUDAPEST 1971. SZEPTEMBER

Szerkeszti és kiadja a Magyar Tudományos Akadémia Izotóp Intézete

A szerkesztő bizottság:

Bába Miklós
Fehér László
Földiák Gábor, a kémiai tudományok doktora /felelős főszerkesztő/
Gróz Péter
Gyimesi Zoltán
Illy József /titkár/
Kocsár László, az orvostudományok kandidátusa
Koncz József
Kovács Lórántné /munkatárs/
Máté Ferenc, a mezőgazdasági tudományok kandidátusa
Medveczky László, a fizikai tudományok kandidátusa

A szerkesztőség cime: MTA Izotóp Intézete, Bp. 114. Pf. 77. Telefon: 166-547/154

Számunk irói:

Várterész Vilmos, az orvostudományok kandidátusa
Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézet, Budapest, XXII. Bfok. Pentz K. 5.

Rodé Iván, az orvostudományok doktora
Orvostovábbképző Intézet Onkoradiológiai Tanszék, Budapest, XII. Ráth György 7/9

Petrányi Gyula, az orvostudományok doktora
Debreceni Orvostudományi Egyetem I. sz. Belklinika

Vas Károly, az MTA levelező tagja
Központi Élelmiszeripari Kutató Intézet, Budapest, II. Herman O. 15.

Földiák Gábor, a kémiai tudományok doktora
az MTA Izotóp Intézete, Budapest, XII. Konkoly Thege ut

Kocsis Ferenc, Épitésügyi és Városfejlesztési Minisztérium, Budapest, V. Beloiannisz 2/4

Varró Kálmán, Kohó- és Gépipari Minisztérium, Budapest, II. Mártirok utja 85.

Bojtor István,
Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézet, Budapest, XXII. Bfok. Pentz K. 5.

Felelős kiadó: Földiák Gábor, az MTA Izotóp Intézetének igazgatója

Készült a MTA Központi Fizikai Kutató Intézetének házi sokszorositójában F.v.: Gyenes Imre

Eng. sz.: III/4oo/s/215/71. Budapest
1971. 9. szám

Index-szám: 25.399
Törzsszám: 71-5667

Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető bármely postahivatalnál, a kézbesitőknél, a Posta hirlapüzleteiben és a Posta Központi Hirlap Irodánál /KHI Budapest V. József nádor tér 1./ 215-96162 pénzforgalmi jelzőszámára.

Évi előfizetési dija: 24o.- Ft

Egyes szám ára: 2o.- Ft

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA KÖNYVTÁRA

T A R T A L O M

A nukleáris medicina és a sugárbiológiai helyzete és eredményei Magyarországon..... 383
Várterész V., Rodé I., Petrányi Gy.

Положение и результаты ядерной медицины и радиобиологии в Венгрии
Present state and results of nuclear medicine and radiobiology in Hungary

Az atomenergiának a magyar élelmiszergazdaságban történő felhasználásával kapcsolatos kutatások..... 392
Vas K.

Исследования по применению атомной энергии в венгерской пищевой промышленности
Investigations in the field of use of atomic energy in Hungarian food industry

Korszerü izotóptechnikai eszközök a magyar iparban..... 405
Földiák G., Kocsis S., Varró K.

Современные установки изотопной техники в промышленности Венгрии
Up-to-date isotopic devices in Hungarian industry

Sugárexpozició mérése és az energia meghatározásának lehetőségei filmdoziméterrel, kevert energiáju fotonsugárzás esetén 412
Bojtor I.

Измерение радиационной экспозиции и возможности определения энергии дозиметром-пленкой в случае излучения фотонов со смешенными энергиями
Measurement of exposition and the possibilities of energy determination with film dosimeter, in case of mixed energy photon rays

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 9. szám

A nukleáris medicina és a sugárbiológia helyzete és eredményei Magyarországon*

VÁRTERÉSZ V.[x], RODÉ I.[xx], PETRÁNYI GY.[xxx]

[x]Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézet, Budapest

[xx]Orvostovábbképző Intézet Onkoradiológiai Tanszéke, Budapest

[xxx]Debreceni Orvostudományi Egyetem I.sz. Belgyógyászati Klinikája, Debrecen

Beszámoló az izotópdiagnosztikai és terápiás laboratóriumok tevékenységéről, a sugárbiológiai kutatásokról és a sugárhigiénés vizsgálatokról.

Положение и результаты ядерной медицины и радиобиологии в Венгрии
Вартерес, В., Родэ И., Петрани, Дь.
Обзор результатов, полученных в области изотопной диагностики и терапии, теоретического радиобиологического исследования и радиогигиены.

Present state and results of nuclear medicine and radiobiology in Hungary
Várterés., V., Rodé, I., Petrányi, Gy.
A survey of isotope diagnostics and therapeutics, theoretical radiobiology and radiohygiene.

Hazánkban a radioaktiv izotópok orvosi diagnosztikai alkalmazása az ötvenes években kezdődött. Izotópdiagnosztikai laboratóriumok elsősorban az orvosegyetemeken, országos intézetekben és a nagyobb kórházakban létesültek. Jelenleg 37 laboratórium müködik, ezek közül 19 egyetemi klinikákon, 9 országos intézetekben, 4 megyei kórházakban, a többi egyéb kórházakban. A területi megoszlást tekintve az egész országot behálózó rendszer fejlődött ki.

Az izotópdiagnosztikai laboratóriumok főleg belgyógyászati klinikák és osztályok mellett létesültek, kisebb számban radiológiai intézetekben, valamint speciális feladatokkal néhány más klinikai osztály keretében /sebészet, urológia stb./. Az a cél, hogy jól felszerelt központi diagnosztikai laboratóriumok létesüljenek, amelyek nagyobb terület, több klinika és kórház izotópdiagnosztikai igényét elégitik ki. Ezek a központok az egyetemeken és a nagyobb vezető kórházakban müködnek.

Izotópdiagnosztikai laboratóriumaink fejlődéséhez előnyt jelentett, hogy hazánkban viszonylag korán jelentős nukleáris müszeripar fejlődött ki, melynek termékei nemcsak alapmüszerekként használhatók. Természetesen a hazai nukleáris müszeripar nem teszi nélkülözhetővé bizonyos speciális célmüszerek importját

*Az Atomenergia Békés Felhasználásával Foglalkozó IV. Nemzetközi Konferencián /Genf/ elhangzott előadás.

/automatikus folyadékszcintillációs berendezés, álló detektoros szcintillációs kamera stb./. Kitünően használhatók viszont hazai célmüszerek közül a Scinticart Numeric, a radiocirkulográf, renográf, sokcsatornás analizátor.

Nagyban elősegitette az izotópdiagnosztika fejlődését, hogy az izotópok és a diagnosztikában szükséges jelzett vegyületek hazai előállitása kedvezővé tette az izotópellátást. A hazai izotópgyártás ma már az orvosi diagnosztikumok területén exportot is lehetővé tesz.

A hazai izotópdiagnosztika kiterjed a világviszonylatban elismert diagnosztikai eljárások mindegyikére. Mindennapos rutinmódszereken /pajzsmirigy-, haematológiai és nefrográfiás vizsgálatokon/ kivül laboratóriumainknak kb. 1/3-ában még helyet kapnak a különböző cirkulográfiás, felszivódási, kiüritési tesztek, a radioimmunassay. Kiemelendőnek tartjuk a legkülönbözőbb diagnosztikus területen bevezetett izotópos kettősjelzést, a lágy γ-sugárzók alkalmazását a lokalizációs vizsgálatokban és a RES-aktivitás tesztelésének emelkedő tendenciáját. A négy orvostudományi egyetem klinikái mellett müködő izotóplaboratóriumok lényegében az ismert valamennyi bevált in vivo és in vitro izotópdiagnosztikai módszert alkalmazzák; a kisebb kórházi laboratóriumok főleg pajzsmirigydiagnosztikával foglalkoznak.

Az izotópos pajzsmirigyvizsgálatok célja elsősorban az, hogy más módon nem, vagy nehezen diagnosztizálható esetekben szolgáltassanak információtöbbletet. Ezt az előnyt a felhasználók a nagy beteganyag szürésére veszik igénybe.

Specializált diagnosztikai laboratórium az Országos Idegsebészeti Tudományos Intézeté, amelyikben elsősorban központi idegrendszeri diagnosztikai, valamint a Balatonfüredi Állami Szivkórházé, ahol magas szinvonalu kardiológiai és keringési diagnosztikai munka folyik. Az utóbbi laboratórium tudományos együttmüködést is folytat az IAEA-val, kutatási szerződés keretében.

A rutin izotópos diagnosztika további fejlesztése érdekében az a terv, hogy a nagy tapasztalatokkal rendelkező egyetemi és kórházi izotópcentrumok mellett minden megyei kórházban létesüljön izotópdiagnosztikai laboratórium, és lehetővé váljék a pajzsmirigybetegek gondozása, valamint a diagnosztikus in vitro szürés.

Az orvosok izotópdiagnosztikai ismereteinek fejlesztése érdekében rendszeres továbbképzés folyik. A diplomások továbbképzése kettős:

1. ismeretbővités izotópokkal közvetlenül nem dolgozó orvosok részére;
2. szaktanfolyamok /alap- és továbbképző vizsgával/ izotópot alkalmazó orvosok számára.

Az izotópok alkalmazása jelentős helyet kap az egyetemi orvosképzésben is / az orvosi fizika, radiológia, belgyógyászat keretében, részben szabadon felvehető külön tárgyként/. A speciális izotóptanfolyamot végzett orvosoknak csak mintegy hatoda dolgozik közvetlenül izotópokkal, a többiek viszont jól tudják értékelni az eredményeket a beteg ismeretében, osztályos munkájukban. Az izotóplaboratóriumok vezetői általában hangsulyozzák a vizsgálatok konzultativ jellegét.

Az izotópos kettősjelzés világszerte elismert előnyeit /szimultán többletinformáció, gyógyszervizsgálatok, önkontroll lehetősége/ évek óta gyümölcsöztetik az ország hét laboratóriumában. Többnyire szimultán /egyidejü/ két különböző molekulán, két különböző elem izotópjával végzett kettősjelzést alkalmazzák, heterotop kötési helyzetben:

pajzsmirigyfunkció	^{125}I és ^{31}I-jodid
májfunkció	^{125}I és ^{131}I-bengálvörös
	^{198}Au-kolloid
vesefunkció	^{125}I és ^{131}I-hippurán
	^{58}Co és ^{51}I-komplexek
vér /térfogat, élettartam, veseanyagcsere/	^{51}Cr-vvt, ^{125}I és ^{131}I-HSA, ^{59}Fe-citrát, -klorid és -vvt
keringésvizsgálat	^{125}I és ^{131}I-HSA és antipirin
	^{86}Rb-klorid, ^{24}Na-klorid
	^{133}Xe-gáz
szteroid anyagcsere	^{14}C és ^{3}H-szteroidok stb.

A vizsgált izotópok speciális elkülönithetősége miatt a laboratóriumok előnyben részesitik az olyan izotóppárokat, amelyekben az egyik partner lágy γ-sugárzó /pl. ^{125}I, $^{99}Tc^{m}$/. A kettősjelzéssel járó sugárterhelési többlet csökkentése érdekében terjedőben vannak a rövid felezési idejü leányelemet termelő izotópgenerátorok. Ma még ugyan költségesek, de bázislaboratóriumok számára elérhetők, és a hosszu életü anyaelemet tartalmazó generátorok /$^{113}In^{m}$/ gazdaságosan kihasználhatók; elsősorban a RES-aktivitás, illetve máj-lép lokalizáció vizsgálatára használják őket.

Hazánkban az izotópdiagnosztika eredményeinek felmérésére, megbeszélésére és fejlesztésére a 60-as évek elejétől rendszeresen rendeztek ankétokat és kerekasztal-konferenciákat általános kérdésekről és egyes kiemelt tárgykörökből /vesevizsgálati módszerek, kettősjelzés, szcintigráfia, automatizálás, in vitro tesztek stb./. Megalakulóban van a Magyar Nukleáris Orvostudományi Társaság, amely az izotópdiagnosztikai munkát koordinálná és fejlesztené.

Izotópos terápia

A kérdés tárgyalásánál célszerü külön tárgyalni az un. belgyógyászati izotópterápiát, amely gyakorlatilag a polycythaemia vera és a hyperthyreosis kezelését jelenti. Előbbinél a kezelés a ^{32}P-val, az utóbbinál pedig ^{131}I-dal történik.

Ezeknek a betegségeknek a kezelése döntően belgyógyászati osztályok izotóprészlegein történik. Ez a tendencia a továbbiakban is helyeselhető, egyrészt azért, mert a szóban forgó kórképeknél a helyes indikáció felállitását alapos, általában hosszadalmas belgyógyászati kivizsgálásnak kell megelőznie, másrészt a kezelés után a hatás megitélése, illetve a beteg követése, a megbetegedések természeténél fogva, belgyógyászati feladat.

Jelenleg négy egyetemi belgyógyászati klinikán, egy országos intézetben és négy kórházi belosztályon folynak ilyen kezelések.

Megjegyzendő, hogy bár belgyógyászati megbetegedésekről van szó, izotópos kezelésük az Országos Onkológiai Intézet izotóprészlegén is rendszeresen folyik, mivel itt is van lehetőség a betegek minden irányu kivizsgálására.

Arra a kérdésre, hogy milyen mértékü a tényleges izotópterápiás igény polycythaemia vera és hyperthyreosis esetében, nem lehet pontos választ adni. Ennek oka egyrészt az, hogy nem ismeretesek megbizható számadatok ezeknek a betegségeknek az előfordulására vonatkozóan, másrészt izotópterápiájuk indikációja sincs pontosan körvonalazva, illetve egységes állásfoglalás még nem alakult ki. A kérdés ilyen vonatkozásu felmérése az izotópalkalmazás fejlesztésénél nélkülözhetetlen lesz. Becslésünk szerint a felsorolt izotóprészlegek, megfelelő szervezés mellett, a polycythaemia vera és hyperthyreosis kezeléseit hazai vonatkozásban el tudják látni.

Nyilt mesterséges radioaktiv izotópokkal végzett daganatterápia a korszerü daganatellátásban nélkülözhetetlen.

A cél itt is az, hogy az izotópkezelés valamennyi olyan daganatos beteg számára hozzáférhetővé váljon, akiknél a betegség adott stádiumában éppen ennek a kezelésnek valamely formája a legcélszerübb.

Az alábbi rosszindulatu daganatos betegségeket, daganatos állapotokat, illetve kezeléseket kell figyelembe venni.

pajzsmirigyrák radioaktivjód-terápiája;
daganatos folyadékgyülemek izotópkolloid-terápiája;
daganatok infiltrációja izotópkolloiddal;
daganatos máj /elsődleges és áttételes/ intravénás kezelése izotópkolloiddal;
rosszindulatu rendszer-megbetegedések intravasalis izotópkezelése /i.ven., i.art., i.lymphat./

Az Országos Onkológiai Intézetben az Orvostovábbképző Intézet Tanszéke keretében müködő izotóprészleg a felsorolt izotópterápiás beavatkozások mindegyikét végzi. Különösen nagy számban jelentkeznek pajzsmirigyrákos és daganatos folyadékgyülemmel biró betegek, akiknek radioaktiv izotópos kezelése csak meglehetősen szigoru szelekció alapján történik. Helyesen megválasztott esetekben a felsorolásban emlitett többi terápiás eljárás is a legjobb eredményt nyujtja.

Az Országos Onkológiai Intézeten kivül daganatterápia nyilt izotópokkal csak a Fővárosi Weil Emil Kórházban folyik, de főleg daganatos folyadékgyülemek kolloidos kezelésére korlátozódik, és viszonylag kevés esetben végzik.

Végeredményben a nyilt izotópos terápia lehetőségei a daganatos betegek ellátásában még nincsenek teljesen kihasználva, jóllehet kiterjesztésétől a gyógyeredmények javulását joggal várhatnánk. Éppen ezért az a célunk, hogy az emlitett izotópterápiás részlegek fejlesztése mellett a nagyobb városokban néhány olyan izotópterápiás alközpont létesüljön, ahol a nyilt izotópokat is alkalmazzák a daganatterápiában.

A zárt izotópokkal végzett daganatterápia terén is első helyen emlitendők a ^{60}Co izotóppal töltött kobaltágyuk, amelyekkel már bőséges hazai tapasztalatok állnak rendelkezésre. Ez elsősorban az Országos Onkológiai Intézetre vonatkozik, amelynek két kobaltágyuja /egy álló és egy mozgó/ van, és ezeket két müszakban müködteti.

Az Országos Onkológiai Intézeten kivül további négy kobaltágyu müködik hazánkban:

a Fővárosi Weil Emil Kórházban, /Budapest/, az Egyetemi Radiológiai Klinikán, /Debrecen/, az Egyetemi Radiológiai Klinikán, /Pécs/, és a szombathelyi Megyei Kórház Onkoradiológiai Osztályán.

Ha másfél millió lakosra tervezünk egy telekobalt üzemet, akkor helyes szervezéssel a méglévő kobaltágyuk az igényt ki tudják elégiteni.

Meg kell emliteni, hogy az összes felsorolt kobaltágyuk magyar konstrukciók, a magyar Medicor Müvek gyártmányai.

Külön terület a nőgyógyászati rákok sugárterápiás ellátása. Itt elsősorban a rádiumot előnyösen pótló ^{60}Co készitményeket alkalmazzák /tubusok, tük, gyöngyök/.

Sajátos, korszerü terápiás eljárás a ^{90}Sr izotóppal végzendő extracorporalis vérbesugárzás, amelyhez a szükséges besugárzó berendezést az Országos Onkológiai Intézetben készitették, és alkalmazása elkezdődik.

Itt emlitendő meg, hogy az Országos Onkológiai Intézetben müködik egy B5M-25 tipusu szovjet gyártmányu betatron, ami jelentősen bővitette a sugárterápiás lehetőségeket.

Sugárbiológia és sugárhigiénia

A második világháboru előtt Magyarországon viszonylag keveset foglalkoztak sugárbiológiai kutatással, bár jelentős eredménynek lehet tekinteni a 30-as évekből Forfota és Karády munkáit, amelyek a hisztamin besugárzás után játszott szerepével foglalkoztak. A háboru után, de különösen az 50-es évek közepétől-

mind nagyobb figyelmet forditottak a sugárbiológiai kutatásokra. Szerepet játszott ebben természetesen az atomenergia, illetve a radioaktiv izotópok alkalmazásának hazai elterjedése is. Mind többen kezdtek foglalkozni az ionizáló sugárzások biológiai hatásának kutatásával. Megértek a feltételek egy speciális központi sugárbiológiai kutató intézet létrehozására, s 1957-ben megalapitották a Központi Sugárbiológiai Kutató Intézetet, amely kezdetben kizárólag elméleti kutató intézet volt. 1963-ban az ország területén folyó sugárhigiéniás és sugárvédelmi tevékenység irányitását is feladatává tették, és igy átalakult Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézetté. Az Intézetnek azóta a kisérletes kutatómunka mellett gyakorlati feladatai is vannak.

A központi intézeten kivül természetesen más intézetekben, elsősorban egyetemi tanszékeken is jelentős sugárbiológiai, főleg sugárbiofizikai kutatások folynak. Legjelentősebbnek a pécsi Biofizikai Intézetben sok éve folyó kutatásokat kell tekinteni, amelyek során sikerült igazolniok, hogy az ionizáló sugárzásoknak biopozitiv hatásuk is van. Megállapitották, hogy a megállitott tulélő békaszivet ionizáló sugárzás megfelelő dózisával ismét meg lehet inditani: a sugárzás tehát fiziológiás ingerként hat. Ugyanebben az intézetben széles körü kutatómunka folyik egyes elemek különböző izotópjai tömegkülönbségének biológiai jelentőségére vonatkozóan.

A Semmelweis Orvostudományi Egyetem Biofizikai Intézetében figyelemreméltó eredményeket értek el a fágokra gyakorolt sugárhatás kutatásában. Elsősorban az ibolyántuli sugárzás hatását tanulmányozták. Vizsgálták a vörösvérsejtek ultrahangrezisztenciáját, és megállapitották, hogy az besugárzás után csökken. A Semmelweis Orvostudományi Egyetem Radiológiai Klinikáján müködő Orvosi Radiológiai Kutató Csoport immunológiai, fiziológiai, biokémiai és hisztológiai kutatásokat végez a sugárbiológia területén. Figyelemre méltóak a gastrointestinalis syndromára, valamint a sugárzások immunológiai hatásaira vonatkozó eredményeik. Klinikai radiobiológiai vizsgálatok folynak az Országos Onkológiai Intézetben müködő Onkoradiológiai Továbbképző Tanszéken.

A Debreceni Orvostudományi Egyetem Biofizikai, valamint Pharmakológiai Intézete is foglalkozik sugárbiológiai kutatásokkal. Az előbbiben a mikroorganizmusok hő-és sugárérzékenységének szinergizmusát tanulmányozták, és megállapitották, hogy a Bacillus pumilus és Escherichia coli besugárzás utáni hőérzékenysége mind a sugárdózistól, mind a hőmérséklettől függ. Vizsgálták az RNS polimeráz sugárérzékenységét is. A besugárzott polimeráz ionaktiválhatósága szembetünően beszükült. A Pharmakológiai Intézetben kutatásokat végeznek a kémiai sugárvédő vegyületek hatásmechanizmusának tisztázása érdekében; vizsgálják a besugárzás utáni repair mechanizmusokat.

A továbbiakban némileg részletesebben ismertetjük a központi intézet, az Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézet munkáját és eredményeit. Az intézetben öt nagyobb kutatási irányban

dolgozunk, amelyekben az intézet különböző osztályai vesznek részt. Az öt főirány a következő:

1. Külső sugárzások és inkorporált radionuklidok hatása a sejt biológiai információs rendszerére;
2. Ionizáló sugárzás hatása a vérképzésre és a vérre;
3. Sugárzások immunológiai hatása;
4. A sugárártalom gyógyszeres befolyásolása;
5. Biológiai szövetek és bioproduktumok sugársterilizálhatóságának tanulmányozása.

Az első témacsoportban a legutóbbi időben csirkeembrió májsejtjeinek tRNS-eibe inkorporált ^{32}P intramolekuláris lebomlásának hatását vizsgáltuk. A tRNS-ek mellett az aminoacil-tRNS szintetázok inaktiválódása függ a sugárdózistól. Kettős izotópjelzés-technikával tanulmányoztuk NK/Ly ascites tumorsejtekben a sejtosztódási ciklus különböző fázisainak külső besugárzással szembeni érzékenységét. A sejtek sugárkárosodását mikroautoradiográfiai és citológiai módszerekkel vizsgáltuk. Az egyes osztódási fázisok sugárérzékenységére a következő sorrendet állapitottuk meg: G_1 - LS - G_2 - ES. Egy másik munkában besugárzott állat májsejtjeinek magjában tanulmányoztuk a ribonukleinsav szintézis mértékét, és azt találtuk, hogy a besugárzás után fokozódik a ribosoma-prekurzor RNS-szintézise.

A második témacsoportban elsősorban a besugárzott szervezet vérképző rendszerének regenerációját tanulmányoztuk. Kimutattuk, hogy 300 rad dózissal besugárzott egerek haemopoietikus őssejtjeinek differenciálódási aránya jelentősen különbözik a be nem sugárzottakétól. Nőtt a granulocita megakariocita lépkolóniák száma, ha a besugárzott állat csontvelősejtjeit szupraletális dózissal besugárzott recipiens állatokba transzplantáltuk. Az őssejtek duplikációs kinetikája is különbözik a kontrollokétól; a transzplantáció utáni héten lassubb, később gyorsabb. Feltehető, hogy az elkötelezett és el nem kötelezett őssejtfrakciók különböző sugárérzékenységüek. Másik kisérletben vizsgáltuk a phytohaemagglutinin hatását 350 raddal besugárzott egereken. Kimutattuk, hogy minden vizsgált paraméter a PHA-kezelés csontvelőregenerációt gyorsitó hatását bizonyitja. Vizsgáltuk 600 raddal besugárzott egereken, hogy a besugárzás előtt, vagy után adott antitrombocita savó befolyásolja-e az őssejt differenciálódást megakariocita irányban. Kimutattuk, hogy a besugárzás előtt adott antitrombocita savóval ilyen befolyásolás elérhető. Ez még kifejezettebb, ha az őssejtek erythroid irányu differenciálódását hipertranszfuzióval visszaszoritjuk. A haematológiai témacsoportban érdekes és talán a gyakorlati diagnosztikában is hasznositható eredmény az, hogy sikerült kimutatni a plazma haemoglobin-szintjének emelkedését olyan egyéneken, akiknél diagnosztikai röntgenvizsgálatot végeztek.

Az immunológiai kutatások során kimutattuk, hogy a "normál" ellenanyagokat termelő állatokból letálisan besugárzott állatokba transzplantált lép-, illetve csontvelősejtek ujabb antigén-inger nélkül is elszaporodtak, és ellenanyagot

termeltek. Vizsgáltuk a nemspecifikus adjuvans endotoxin hatását besugárzott állatok immunválaszára. Kiderült, hogy az endotoxin jelentősen csak a késői /25. nap/ immunizálást adjuválja, továbbá az, hogy jobban fokozza a "specifikus immunválaszt", mint a "normál" ellenanyagtermelést. Sikerült nagy dózisu γ-besugárzással olyan detoxifikált endotoxint /sugárendotoxoid/ előállitani, amely megtartotta az immunválaszt adjuváló hatását. Ólom-acetáttal endotoxin-tulérzékennyé tett patkányokban 800 rad egésztest-besugárzás után a 6.,-7.napon endotoxaemia alakult ki, aminek szerepe lehet az intestinális sugársyndroma kialakulásában. Tanulmányoztuk a PHA nemspecifikus adjuváló hatását is, és megállapitottuk, hogy nyulaknak besugárzás előtt adva /300-400 rad/ az adjuváló hatás elsősorban a primer immunválasz intenzitásában jelentkezik.

A sugárhatás gyógyszeres befolyásolása területén megállapitottuk, hogy az AET cardio-vascularis, az EKG-ra gyakorolt toxikus mellékhatásait a megfelelő pharmakonokkal, / amelyek részint a mindennapi klinikai gyakorlatban használt vegyületek, részint a neurohormonok csoportjába tartoznak / meg lehet előzni, vagy meg lehet szüntetni. Kiderült azonban az is, hogy az AET cardio-vascularis mellékhatásai a besugárzott szervezetben sulyosabbak, az antagonisták hatása viszont gyengébb. Atomreaktor kevert sugárzásának hatása elleni kémiai védelem lehetőségének kutatása során kimutattuk, hogy az alkalmazott radioprotektorok /AET, MOT, CSH/ kettős és hármas kombinációjának védőhatása mindig nagyobb annál, amit egyenkénti alkalmazásukkor észlelhetünk. A kevert neutron-γ-sugárzás ellen tehát a merkapto- és indolil-alkil-aminok kombinált alkalmazása látszik perspektivikus lehetőségnek.

Az ionizáló sugárzások biológiai hatásának hasznositását célozzák azok a vizsgálataink, amelyek során biológiai szövetek, bioproduktumok sugaras sterilizálhatóságát tanulmányozzuk. Elsősorban fehérjék, valamint idegrostok változásait tanulmányoztuk sterilizáló sugárdózisok hatása után. Emberi ideg rostjainak finomabb szerkezete 2,5 Mrad hatására degenerativ elváltozásokat mutatott, de az ideg egészének szövettani strukturája megmaradt. A DNS-fehérjetartalom nem csökkent, a fehérje vizoldékonysága sem változott. Jelentősen csökkent viszont az idegszövet vizoldékony-nukleotid és RNS-tartalma. Viszonylag egyszerü és gyors módszert dolgoztunk ki a mikroorganizmusok sugárérzékenységének direkt vizsgálatára membránfilterrel. Az eljárás alkalmas arra, hogy a sterilizáló sugárdózis hatásának biztonságát az aktuális mikroflóra sugárérzékenysége alapján is kontrollálni lehessen, valamint lehetővé teheti az aktuális produktomok sterilizáló sugárdózisának reális megválasztását.

A biológiai kisérletek mellett jelentős dozimetriai vizsgálatok is folynak a kisérleti besugárzások elnyelt dózisainak mennél pontosabb meghatározására. A dozimetriai kutatásban heterogén fantomokat alkalmazunk, amelyeket az intézetben készitünk. Ionizációs kamrás, termolumineszcens, üveg-, kémiai és filmdozimétereket használtunk.

Nagyfelületü diagnosztikai filmdoziméterrel tanulmányozzuk a népesség medicinális eredetü sugárterhelését. Megvizsgáltuk ennek a mérési pontosságát befolyásoló tényezőket. A mérési és kiértékelési módszert matematikailag leirtuk, megfelelő számitógépi program készült a felületi beeső dózis kiszámitására.

Az évek során gyümölcsöző együttmüködésünk alakult ki a Nemzetközi Atomenergia Ügynökséggel. Több kutatási szerződésünk volt, szakembereink résztvettek rendszeresen az Ügynökség által összehivott szakértői értekezleteken. Jelentős segitséget jelentett munkánkhoz ez az együttmüködés; a NAÜ-től kapott anyagi támogatás nagymértékben javitotta kutatásaink feltételeit.

Egy ilyen rövid összefoglaló természetesen csak nagyon vázlatos áttekintést adhat a cimben szereplő igen nagy területről, talán mégis sikerült érzékeltetnünk a jelenlegi helyzetet és, néhány eredmény megemlitésével, a végzett munka arányait.

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 9. szám

Az atomenergiának a magyar élelmiszergazdaságban történő felhasználásával kapcsolatos kutatások *

VAS K.

Központi Élelmiszeripari Kutató Intézet, Budapest

A γ-besugárzás hatását tárgyalja az élelmiszertermelés fokozása, a meglévő élelmiszer-készlet tartósitása során. Vizsgálja a besugárzott élelmiszerek egészségre való ártalmatlanságát és az eljárás gazdaságosságát.

Исследования по применению атомной энергии в венгерской пищевой промышленности
Ваш К.

Обсуждаются вопросы влияния гамма-облучения на повышение продукции и на удлинение сохраняемости пищевых продуктов, а также безвредности облученных продуктов и экономичности метода.

Investigations in the field of use of atomic energy in Hungarian food industry
Vas K.

The effect of γ-irradiation on improving efficiency of food production, on lengthening store time of foods, the problems of innocuity of irradiated products as well as the economy of the method are discussed.

Az izotópok alkalmazása a mezőgazdasági és élelmiszeripari kutatásban a világ számos országában bevett gyakorlattá vált. Ezeknek az alkalmazási módoknak egy része nyomjelző jellegü. Másik részük az izotópok sugárenergiájának hasznositására irányul. Most tekintsük át az utóbbi évek hazai kutatását amely izotópoknak, mint atomenergia-forrásnak gyakorlati alkalmazásával foglalkozott az élelmiszerek termelése, feldolgozása és tartósitása terén.

Magyarországon számos kisebb sugárforráson kivül egy 80, valamint egy 50 kCi-s ^{60}Co sugárforrás áll rendelkezésre a fenti tanulmányokhoz, a Magyar Tudományos Akadémia Izotóp Intézetében, illetve a Központi Élelmiszeripari Kutató Intézetben. Az utóbbit kifejezetten élelmiszerbesugárzás céljaira készitették, és mészkőbarlangban helyezték el, amely természetes árnyékolást és egész évben állandóan 8 - 9 ^{o}C hőmérsékletet biztosit. Az ezideig kapott biztató tapasztalatok alapján e besugárzó készülék forrásaktivitását 175 kCi-ra növelik. Megfelelő szállitószalag-rendszer segitségével a jelenlegi, adagonként történő besugárzás folytonossá alakitható át, ami növelni fogja a hatásfokot, és a besugárzott anyagban a sugáradag egyenletesebb eloszlását eredményezi. A berendezés átbocsátási kapacitása a jelenlegi kb. 2 Mrad kg/h-ról ezáltal kb. 54 Mrad kg/h-ra növekedve. A Központi Élelmiszeripari Kutató Intézetben kisebb befogadó

* Az Atomenergia Békés Felhasználásával Foglalkozó IV. Nemzetközi Konferencián /Genf/ elhangzott előadás.

képességü /0,3 és 4,4 l/ laboratóriumi besugárzó készülékek is vannak: egy 2,4 kCi aktivitásu ^{137}Cs sugárforrás, illetve egy 20 kCi aktivitásu ^{60}Co sugárforrás. Nagy sugárdózis-tartományban végzendő besugárzáshoz, valamint felületi kezeléshez a magyar kutatók különböző elektrongyorsitókat vesznek igénybe; leggyakrabban a budapesti Müanyagipari Kutató Intézet Van de Graaff tipusu elektrongenerátorát /1,8 MeV, 0,36 kW/ alkalmazzák.

Hazánkban a fent emlitett területeken végzett kutatás 4 fő irányzat köré csoportositható, az élelmiszer-termelés fokozása, a meglévő élelmiszer-készlet tartósitása, a besugárzott élelmiszerek egészségre való ártalmatlanságának vizsgálata és az eljárás gazdaságosságának tanulmányozása köré.

Élelmiszer-termelés

Az élelmiszer-készlet növelésére vonatkozó kutatómunka a növény fejlődésének besugárzás révén történő serkentésére, mutációk létrehozására és a növények rovarkártevők elleni védelmére összpontosult.

Noha hosszu évek óta vitatott kérdés, ujabban az ipari szempontból fontos növények fejlődésének serkentésével kapcsolatos tevékenység iránt mindinkább növekvő érdeklődés nyilvánul meg. Nemzetközi ügynökségek és társaságok /IAEA, ESNA/ válnak érdekeltté az ezen a területen idáig többé-kevésbé szétszórtan végzett munka összehangolásában. A hazai kutatásnak uttörő szerepe volt a növények fejlődésének besugárzásos serkentésével kapcsolatos tanulmányokban, és nagy része van abban, hogy az atomenergia ilyen irányu alkalmazása a nemzetközi figyelem előterébe került.

A Gödöllői Agrártudományi Egyetem Növénynemesitési Intézete érdekes tanulmányokat folytatott a "korai piros" fajta hónapos retek sugárzással történő serkentésével kapcsolatban. Üvegházi kisérletekben a gyökér fejlődése akkor volt maximális /a kontrollhoz viszonyitva 35%-kal nagyobb/, ha a magokat 3 krados sugárdózissal kezelték. Szántóföldi kisérletekben serkentés volt észlelhető a magoknak 0,3 kraddal történt kezelésekor. Ennek ellenére a hektáronkénti szárazanyaghozam mindkét esetben csökkent. A legerősebb serkentő hatás 1,5 kradnál mutatkozott a gyökerek C-vitamin-tartalmában, amely 30%-kal volt nagyobb mind az üvegházi, mind a szántóföldi kisérletekben /1/.

Burgonyánál a néhány tizedtől 2 kradig terjedő dózisok hatására nőtt az átlagsuly, valamint a gumók hozama és C-vitamin-tartalma /2/.

Paradicsomnál a magoknak 1,5 kraddal történő besugárzása 6 - 9 nappal korábbi gyümölcsöket hozott a kontrollhoz viszonyitva. A besugárzott paradicsommal az első szedés 33%-kal nagyobb hozamot eredményezett, mint a kezeletlen növénynél. A besugárzás jelentősen növelte az egy növényre eső gyümölcsök számát. A gyümölcsök minősége azonban nem javult a kezelés hatására /3/.

A cukorrépával végzett legutóbbi kisérlet /1970/ nem mutatott előnyös változást a kontrollal szemben, ami ellentétes az előző évek során kapott reménykeltő eredményekkel. Azon felül a hektáronkénti cukorhozam csökkent, még a 0,5 - 1,0 krad sugárdózisok hatására is [4].

Hazánkban a mezőgazdasági növényeknél a mutációk létrehozásával kapcsolatos munka mintegy 15 éve kezdődött el. Sugárzásos mutációval nagy hozamu és ellenálló árpafajtákat [5] és a "Rancher" fajtáju cirok [6, 7] tökéletesitett mutánsát sikerült létrehozni. Sikeres kutatásokat folytattak kukorica, árpa és borsó nemesitésére[8, 9]. Uj anyarozs-mutánsokat hoztak létre, sokkal rövidebb fejlődési idővel, és besugárzás utján létrehozott mutációval megnövelték a Solanum laciniatum szolaszodin és szolamargin tartalmát [10]. Uj lényegesen korábban érő rizsmutánsokat állitottak elő[11]. Ezt az eredményt az IAEA seibersdorfi laboratóriumában és másutt is megerősitették. Az elmult évtizedben számos hazai növénytermesztő végzett kutatást a muskotály dinnye, bab, paraj, paradicsom, saláta, lucerna, répa, buza, triticale, szójabab, napraforgó, köles és juhar sugárzás révén létrehozott mutációjával kapcsolatosan [10].

A cserebogár, szilvamoly, kukoricamoly, de különösen a babzsizsik és almamoly elleni védekezésre irányuló kutatómunka már korábban megkezdődött a budapesti Növényvédelmi Kutató Intézetben.

A májusi cserebogárral /Melolontha melolontha L./ végzett kisérletek igazolták a sterilezés elvének alkalmazhatóságát a kártékony rovar elleni védekezésben. 3 kraddal végzett besugárzás serilizálta a him rovarokat anélkül, hogy párzó képességükre és a nem kezelt himekkel való versenyképességükre kihatott volna. Számtalan technikai probléma azonban /tömeges begyüjtés, szállitás, besugárzás és kibocsátás/ még megoldásra vár [12, 13].

A babzsizsik /Acanthoscelides obtectus Say/ esetében a 10 krados besugárzás hatására a himek teljes versenyképessége és egyidejüleg mindkét nemnél teljes sterilitás bizonyosodott be. Jelenleg szántóföldi ketreces kisérletek folynak, és remélhető, hogy a sterilhim-eljárás alkalmas lesz e rovarkártevő elleni védekezésre Magyarországon és más mérsékelt éghajlatu vidéken is [12, 14].

Az almában és egyéb gyümölcsben kárt okozó almamolynál /Carpocapsa pomonella L./ ugy találták, hogy a sterilezés elve reménykeltő, minthogy a kártevők általában nem nagy számban fordulnak elő, valamint számos uj kereskedelmi almaültetvény van, ahol a rovarkár aránylag kisszámu moly sterilizálásával megfékezhető.[12]. Az idevágó kutatás jelenleg a szabadföldi kisérletezés stádiumában van.

A szilvamollyal /Laspeyresia funebrana Tr./ végzett tanulmányok azt mutatják, hogy 20 kraddal való besugárzás nem befolyásolja az élettartamot, és csökkenti a sterilitást [12].

Az Európában előforduló kukoricamoly /Ostrinia nubilalis Hbn./ elleni védekezés igen nehéz hazánkban, általában igen nagy számban fordul ugyanis elő ez a rovar, és a kifejlett példányok képesek nagy távolságra is elvándorolni.

A mesterséges táplálékon való tenyésztés lehetősége [15], valamint a nőstények nagyfoku sterilitása, amelyet a 30 kraddal besugárzott himekkel való párositás okoz, mint genetikai védekező módszer, a kukoricamoly esetén mégis némi reményt kelt [16]. Folyamatban vannak további munkák keleti gyümölcsmolyok /Laspeyresia molesta Busck/, almailonca /Adoxophyes orana Fisch. - Rösl./ és gyapjas lepkék /Lymantria dispar L./ tanulmányozásával kapcsolatban.

Élelmiszer-tartósitás

Az élelmiszer-besugárzás hazai központja a budapesti Központi Élelmiszeripari Kutató Intézet.

Magyarországon kutatások folynak a sejtszövetek anyagcseréjének szabályozásával, a rovarkárok megszüntetésével és a mikróbás szennyezettség csökkentésével kapcsolatban.

A burgonya [17] és a hagyma [18] csirázásának megelőzésére alkalmazott 5-10 krados sugárdózis kielégitő eredményeket hozott. Az Egészségügyi Minisztérium 1969 decemberében engedélyt adott 5 tonna burgonya besugárzására. Azóta fajtavizsgálatok folynak, és a fogyasztók reagálására vonatkozó kisérleteket végeznek. Kereskedelmi méretü burgonyabesugárzó berendezések tervezése folyamatban van.

A cukorrépa-tárolással kapcsolatos tanulmányok során alkalmazott 1o - 2o krados dózisokkal az eddigi kisérletek folyamán nem sikerült csökkenteni a veszteséget [19].

Bebizonyosodott, hogy a malátázási veszteségek jelentősen csökkenthetők oly módon, ha az árpát besugározzák /7 hónappal áztatás előtt/. A kezelés csökkenti a gyököcske fejlődését anélkül azonban, hogy az áztatott magokban végbemenő enzimképződésre kihatna [20].

Az atomenergia másik hasznos alkalmazási területe a gyümölcsökben és zöldségekben végbemenő érési folyamatok és az azokban keletkező fiziológiai rendellenességek szabályozása.

Almánál a Jonathan-foltok keletkezése lényegesen csökkenthető 30 - 100 krados sugárdózis alkalmazásával. Ugyanakkor a tárolás folyamán keletkező veszteségeket is csökkenteni lehet ezzel a sugáradaggal. A besugárzás erősen befolyásolta az érett gyümölcsök állagát, mig ez az éretlen almánál változatlan maradt [21, 22].

Sárgabarack esetében /Magyar "legjobb" fajta/ a gyümölcs állagát a besugárzás /256 krad/ kedvezőtlenül befolyásolta, mig a tárolási idő növekedése 4 - 64 krados sugárdózis hatására csekély volt /kb. 10%/ [23, 25].

Az őszibaracknál a fajtától függően mutatkozott a hatás. A vizsgált fajták közül /Ford, Elberta, J.H.Hale/ az Eberta fajtánál 4 - 256 krados sugáradag kb.

30 - 50%-kal növelte az eltarthatóságot, mig egy másik fajta /J.H.Hale/ a besugárzásra kedvezőtlenül reagált. A γ- és elektronsugarak mindkét fajtánál stimulálták a szinképződést [25, 27].

Paradicsomnál a fajta és érettségi fok bizonyult a legfontosabb tényezőnek. A "Kecskeméti konzerv" fajtánál az éretlen /zöld/ paradicsom tárolhatósági időtartalma 4,16, 64, illetve 256 krad hatására 50, 80, 100 illetve 130%-kal hosszabbodott meg 8 - 10 °C-on / a kontroll 5 napos adatával szemben/. A KG-13 fajtánál /64 kradnál / gyakorlatilag nem tapasztaltak javulást azonos körülmények között /a kontroll eltarthatósága 20 nap/. A besugárzás jelentősen késleltette a zöld és rózsaszin paradicsomok pirosodását [28, 25]

A gomba besugárzása az egyik legmutatósabb alkalmazási terület. Korábbi holland munkákkal [29] egybehangzóan magyar kisérletek [30] is bizonyitják, hogy a termesztett gomba /champignon, Agaricus bisporus/ kalapjának kinyilása az ionizáló sugárzás már aránylag kis adagjával is megelőzhető, s ezáltal a termék ela ható állapotban, 8 °C-on, a szokásosnál 50%-kal hosszabb ideig tárolható.

Ami a besugárzott szövetekben végbemenő fiziológiai változások hátterét illeti, az enzimekben a besugárzás által előidézett változások jelenségének kinyomozására vonatkozó első elgondolástól hamarosan el kellett állni, minthogy az in situ enzimek sugártürése rendkivül nagy [31]: százszor, sőt ezerszer nagyobb, mint az anyagcserében változást előidéző sugárdózisok. A jelenleg folyó kutatásoknál azt a feltevést fogadták el [32], hogy az ionizáló sugárzás valószinüleg az enzimek müködését szabályozó néhány inditó mechanizmusra hat. Ezeknek az anyagoknak a kutatása elkezdődött. A gomba esetében néhány hormonszerü anyagot /Agaricusteszt/elválasztottak, és sugártürésük vizsgálata most folyik [33].

Korábbi kisérletekben [34] lisztraktárakat fertőző számos rovart vizsgáltak /Alphitobius diaperinus Panz., Tenebrio molitor L., Ephestia kühniella Zell., Gnatocerus cornutus F., Tribolium confusum Duval /, valamint azt a rovart /Enicmus minutus L./, amely a magyar szalámi penészes felületén jelenik meg a szárito tárolás alatt; továbbá probit-átalakitással meghatározták az ED_{50}, illetve LT_{50} értékeket /az utóbbi a besugárzás után az 50%-os pusztulás eléréséhez szükséges időt jelenti/.

Az élelmiszerek /gabonaszem stb./ vizaktivitásának a Tribolium confusum Duval és Tyrophagus dimidiatus Herrmann [35] sugártürésére gyakorolt hatásával foglalkozó tanulmányok lényegesen hosszabb átlagos életkort mutattak /LT_{50}-értékkel mérve/ 70% relativ páratartalom esetén, mint 30 vagy 90%-nál. A Tyrophagus atka sugártürése sokkal nagyobb volt, mint a Tribólium lisztbogáré, de mind kettőt meg lehetett szüntetni közepes /100 kradig terjedő/ sugárdózisokkal.

Az élelmiszerek romlását okozó mikroflóra részleges elpusztitása a hasznos tárolási idő meghosszabbitása érdekében, azaz a radurizálás /sugárpasztőrözés/ a kutatás igen fontos területének tekinthető.

Müanyagcsomagolásu sertéshusszeletekkel végzett magyar kisérletek azt mutatták, hogy 400 - 600 krados sugárdózis alkalmazásával a termék 4 - 5 nap helyett 10 - 16 napig eltartható 0 - 4 °C-on, érzékszervi elváltozások nélkül /36/. Az eljárás alkalmasságát szárnyashussal végzett kisérletek hasonló eredményei igazolták /37/.

Az egyik legsikeresebb sugárpasztőrözési eljárás a szamóca besugárzása. Megállapitották /38/, hogy a 200 - 500 krados kezelés jelentősen meghosszabbitja a földieper eltarthatóságát.

Zöldéségeknél a tisztitott, előcsomagolt sárgarépa és petrezselyem besugárzása bizonyult hasznosnak. 200 - 300 krad a termék 6 napos eltarthatóságát eredményezte 9 - 12 °C-on / vagy 2 napig 20 - 25 °C-on/. Az állagban bekövetkezett változás /puhulás/ nem volt számottevő, sem káros /39/.

Nedves állapotban aratott mezőgazdasági szemes termények sugárzásos kezelése buza esetében bizonyult technológiai szempontból megvalósithatónak. A "Bezosztája" és "Kiszombor" fajták hosszu ideig biztonságosan eltarthatókká váltak 16 és 18% nedvtartalommal, 300 - 600 krados sugárdózisok hatására. Ez a kezelés nemcsak a termék mikróbás szennyezettségét csökkentette az eredeti érték 0,1-1% -ra, ezáltal megakadályozva a penészképződést és egyéb mikrobiológiai folyamatokat, hanem csirázást is megakadályozta /19/.

22,6, illetve 31%-os nedvességtartalmu kukorica esetében gyengébb eredményeket értek el. A kutatási munkák tovább folynak.

A szeletelt, csomagolt kenyér penészképződése 2 - 3 nappal késleltethető szobahőmérsékleten, közepes sugáradaggal /100 - 200 krad/. A besugárzott magyar buzakenyérben keletkező mellékiz azonban további kutatásokat tesz szükségessé ezen a vonalon. A besugárzás nem befolyásolja a kenyérben végbemenő öregedési folyamatot /40/.

A legtöbb füszer nagyszámu élő mikroorganizmust tartalmaz, főként rendkivül rezisztens baktériumspórákat. A füszereknél, kényes izük és illatuk miatt, nem alkalmazható hősterilezés. A mikróbás szennyezettség csökkentésére itt célszerü besugárzást alkalmazni, amely nem okoz komoly érzékszervi elváltozásokat. 300 krad körüli sugáradagok elegendőnek bizonyultak 99 - 99,9% csökkenés eléréséhez /41/.

A magyar élelmiszerkutatás terén csökkent a radappertizálás /azaz a mikroflóra gyakorlatilag teljes inaktiválása/ iránti kezdeti érdeklődés, ugyanis ehhez az eljáráshoz tul nagy sugárdózisok szükségesek, amelyek viszont néhány termék érzékszervi minőségét igen hátrányosan befolyásolják.

Az ilyen irányban végzett munka főleg a füszerek és különösen az izesitőként használt poritott piros paprika sugársterilezésére, valamint a cukor radappertizálására összpontosult.

Megállapitották, hogy az őrölt füszerpaprika gyakorlatilag csirátlanná tehető kb. 1000 - 1500 krad sugáradaggal az izben, zamatban vagy szinekben, továbbá a karotinoid-, C-vitamin-, linol- és linolénsav-tartalomban elképzelhető káros változások nélkül is /41/.

Néhány munka a kristálycukor radappertizálásával foglalkozott. 1000 - 2000 krad hatására a cukor mentesül a "simasavanyodást" előidéző baktériumoktól. A cukorban a sugáradagok hatására keletkező fizikai és kémiai változásokat is megvizsgálták /42/.

Mikrobiológiai stabilitás eléréséhez gyakran szükségessé válik az ionizáló sugárzás kis vagy közepes sugáradagjaival történő kezelést egyéb fizikai vagy vegyi élelmiszertartósitási módszerekkel kombinálni.

Kedvező tapasztalatokat szereztek konzervgyümölccsel és zöldséggel kapcsolatban /különösen zöldborsónál/. Legutóbb dobozolt virsli-, májpástétom- és szeletelt huskészitményeknél értek el biztató eredményeket. A szokásos 1,7 perces sterilezési egyenérték /F_0/ helyett a 0,2 perces érték elégségesnek bizonyult, ha a hősterilezést 500 krados kezeléssel kombinálták. 600 mg/l nitrit jelenlétében 300 krad is elegendő volt.

A szerző 1965-ben uj kombinációs módszert javasolt. Megállapitást nyert, hogy bár a frissen préselt gyümölcslevek nehezen stabilizálhatók, az élesztők nagy sugáradagigénye miatt, a narancs vagy almalé vizaktivitásának egyidejü csökkentésével /kriokoncentráció segitségével/ hathatósan csökken a sugáradagigény. Kb. 50% összes vizoldható szárazanyag-tartalomnál 900 - 1000 krad bizonyult hatékonynak a tárolási idő 15 - 20-szoros meghosszabbitására, ha 55 ^{o}C-os hőmérsékleten végezték a gyümölcslevek kezdeti enzimes tisztitását /44/.

Száritott zöldségek /sárgarépa, petrezselyem, zeller, zöldbab/ vizfelvételének besugárzás utján történő megjavitására is végeztek kisérleteket. 1000 - 3000 krados kezelés előnyös változást idézett elő a száritott zöldségek állagában, és jelentősen megröviditette főzési idejüket /pl. 10-ről 2 percre/ /45/.

Az előzőekben összefoglalt gyakorlati terület fejlesztésének elősegitésére magyar tudósok széles körü alapkutatásokat végeztek az élelmiszer-besugárzással összefüggő kémia, enzimológia és mikrobiológia területén. Az elért eredmények csak egy kis részének megemlitésére van itt mód.

Kisérletek folynak az élelmiszerek fehérjéiben besugárzás által okozott potenciális kémiai változások tisztázására. Tanulmányozzák a sugárkezelt és be nem sugárzott szarvasmarha-albumin, a mioglobin, a buzafehérje, valamint a Bac. cereus spórákból kinyert proteinek hődeneturálását. Nagyobb sugáradagok / 100 krad/ a proteinek izoelektrikus pontját megváltoztatják, és erősebb denaturálódási hajlamot okoznak /46, 47/.

Átfogó kutatást végeztek az élelmiszerek szöveteiben és a mikróbasejtekben lévő enzimek nagyfoku sugártürése hátterének felderitésére. A növényi eredetü pektin-metil-eszterázt és cellulázt, valamint az Aspergillus-törzsekből

származó poligalakturonázt részletesen tanulmányozták. Megállapitották, hogy a tiszta enzimek érzékenyek az ionizáló sugárzással szemben, valamint azt is, hogy az in situ és nyers enzimkészitményeknél tapasztalt rendkivül nagy sugártürés főként a sugárvédőszerek jelenlétének tulajdonitható [48, 50]. Ez a tény hasznositható a kereskedelmi enzimkészitmények ionizáló sugárzással történő mikrobiológiai stabilizálásánál [51].

Hazánkban az élelmiszer-besugárzás mikrobiológiai szemszögből történő vizsgálata mintegy 15 évvel kezdődött és ez az egész élelmiszerbesugárzásnak egyik feltétele feltárt területe.

A spóraszuszpenzió sugárzásos inaktiválásának kinetikájával foglalkozó számos tanulmány mellett az alapkutatások fő célja,az élelmiszer-besugárzásnál a sugárdózisigény csökkentése gyakorlati problémájának megoldása, részben gazdasági, részben pedig technológiai okokból.

Megállapitották, hogy a Gram-pozitiv mikroorganizmusok szabad aminosavkészletének a besugárzás által előidézett kiszivárgása a sejtből /pl. az élesztők vagy Bac. cereus esetén/ a besugárzásnak tulajdonitható sejtpusztulásnak inkább következménye volt, mint oka [52, 53].

A sugárkezelés megváltoztatja a kolóniaképződés követelményeit /a pH, hőmérséklet, közegösszetétel tekintetében/. A maradékcsira-szám meghatározását ezért körültekintéssel és világosan meghatározott körülmények között kell végezni [54].

A baktériumspórák sugártürését hatékonyan lehet csökkenteni mesterségesen siettetett csiráztatással. Hőaktiválással és bizonyos csirázást elindító hatóanyagok alkalmazásával / pl. adenozin, L-alanin, stb./ a sugárzásos inaktiválás sugárdózisigénye jelentősen csökkenthető [55].

A dózisigény csökkentésének másik módja a szinergikus hatást kifejtő adalékanyagok sugárzással kombinált alkalmazása. Számos antibiotikumot /pl. nizin, tilozin, pimaricin, kannabidiolsav [56, 58],tartósitószert,/benzoesav, szorbinsav/ és más anyagot /pl. koffein [59] / vizsgáltak meg modellrendszerekben. Noha ezek közül számos anyag képes kifejteni szinergikus hatást, csak néhányat lehet közülük az élelmiszerbesugárzás sugárdózisigényének csökkentésénél a gyakorlatban előnyösen alkalmazni.

Besugárzott élelmiszerek egészségi ártalmatlanságának tanulmányozása

Hazánkban az ilyen irányu kutatás 3 évvel ezelőtt kezdődött, és a mult évben rendkivüli lökést kapott a WHO/IAEA/ FAO szakértői által 1969-ben a genfi konferencián tett javaslatok nyilvánosságra hozatalával [60].

Kezdetben besugárzott patkányeledellel végeztek ártalmatlansági vizsgálatokat, először az Egyesült Államok Atomenergia Bizottsága által javasolt

eljárás alapján, /61/, amelyet a Food and Drug Administration, majd ezt követően a fent emlitett genfi szakértői bizottság elfogadott. Kizárólag 2500 és 4500 kraddal besugárzott eleséggel táplált patkányok egymás után következő generációnál nem észleltek semmi károsodást. A fejlődés mértéke, a nemzési teljesitmény, az utódok száma, az utódok átlagsulya, az elválasztási suly, a hematológiai jellemzők, a hisztopatológiai leletek, a hályogképződés stb. vizsgálata nem mutatott statisztikailag szignifikáns különbséget a kizárólag besugárzott és kizárólag be nem sugárzott eleséggel táplált patkányok első, második és harmadik generációinál /62/. Az eredmények tökéletesen igazolták Ley és munkarársai uttörő munkájának megállapitásait /63/.

Nemrég uj terv indult az IAEA technikai segitségével a besugárzott piros-paprikapor egészségi ártalmatlanságának tanulmányozására. Előzetes kisérletekben bebizonyitották, hogy a patkányok jól fejlődnek, ha eleségük 30%-ig szárazanyag alapra számitva/ édes /nem erős, kapszaicin-mentes/ paprikát tartalmaz.

Gazdaságosság

Az élelmiszerbesugárzás gazdaságossága már jó ideje tüzetes vizsgálat tárgyát képezi. Előzetes számitások tanusitották /64/, hogy egy 232 kCi aktivitásu ^{60}Co sugárforrást hasznosan lehetne alkalmazni egész évben a következő termékek meghatározott dózisszinteken történő kezeléséhez: friss gyümölcs és zöldség : 2400 t, 200 - 250 krad dózis; burgonya és hagyma: 33 000 t, lo - 12 krad; gabonafélék: 19 500 t, 20 - 25 krad; hus és huskészitmények: 960 t, 500 - 600 krad; paprika: 80 t, 2000 - 2500 krad. A fentiekhez hasonló közepes méretü berendezés folyamatos üzemeltetésével kb. másfél év alatt megtérülne a befektetés.

Kilátások

A magyar kutatók biznak abban, hogy az élelmiszer- és mezőgazdaság területén az atomenergia gyakorlati alkalmazásának fő akadálya, azaz a közegészségügyi engedélyezésnek sok országban tapasztalható hiánya, hamarosan elháritható a tárgyban végzendő további kutatásokkal, valamint a WHO/IAEA/FAO szakértői bizottságának a besugárzott burgonya és buza ideiglenes engedélyezésére vonatkozó 1969. évi javaslatának a nemzeti hatóságok általi jóváhagyásával /60/.

IRODALOM

1. Menyhért Z., Bálint A., Rádiostimultációs vizsgálatok korai piros hónapos retekkel. A Gödöllői Agrártudományi Egyetem kutatási jelentése. Gödöllő, 1970
2. Bálint A., Menyhért Z., Növénytermelés, 13 /1964/ 153
3. Menyhért Z. Pannonhalmi K., Élelmiszeripari növények fejlődésének és hatóanyagképzésének serkentése kisdózisu radioaktiv sugárzással. A Gödöllői Agrártudományi Egyetem kutatási jelentése, Gödöllő, 1970

MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA

4. Magassy L., Radiostimultációs vizsgálatok cukorrépával. A sopronhorpácsi Répatermesztési Kutató Intézet kutatási jelentése, Sopronhorpács, 1970
5. Pollhammer E., Növénytermelés 7 /1958/ 11
6. Barabás Z., MTA IV. Oszt. Közl. 23 /1964/ 347
7. Barabás, Z., Sorghum Newsletter, 6 /1963/ 15
8. Bálint, A., Menyhért, Z., Sutka, J., Kovács,M., Kurnik, E., Improving plant protein by nuclear techniques, IAEA Symposium, Vienna, 1970 IAEA-SM-132/37, 77.o.
9. Bálint A., Sutka J., Növénytermelés, 14 /1965/ 67
10. Simon J., Sugárforrások alkalmazása a mezőgazdasági kutatásban és termelésben. Országos Atomenergia Bizottság jelentése, Budapest, 1965
11. Simon, J., Acta Agron. 12 /1963/ 1
12. Jermy, T.,Nagy, B., Sterile-male technique for eradication or control of harmful insects. IAEA Expert Panel, Vienna, 1969 91.o.
13. Jermy, T., Nagy, B., Acta Phytopathol. 2 /1967/
14. Jermy, T., Sterility principle for insect control or eradication IAEA Symposium, Athens, 1971, IAEA-SM-138/51, 349.o.
15. Nagy, B., Acta Phytopathol. 5 /1970/ 73
16. Nagy, B., Acta Phytopathol. /1971, megjelenés alatt/.
17. Sárvári I., A burgonya tárolhatóságának és ipari feldolgozhatóságának fokozása ionizáló sugárzások alkalmazásával. A Keszthelyi Mezőgazdasági Főiskola kutatási jelentése, Keszthely, 1969
18. Lévaváry B., Vöröshagyma tárolás alatti kihajtásának gátlása. A SZÖVOSZ Raktárfejlesztési és Technológiai Szövetkezeti Iroda kutatási jelentése, Budapest, 1967
19. Kiss I., Farkas J., Kálmán B., Kisérletek a buza, kukorica és cukorrépa tárolhatóságának ionizáló sugárzással való növelésére. Központi Élelmiszeripari Kutató Intézet kutatási jelentése, Budapest, 1970
20. Farkas, J., Kiss, I., Rázga, Z., Vas, K., Brauwissenschaft, 16 /1963/ 483
21. Simon J., Beczássy K., A téli alma tárolási lehetőségeinek javitása ionizáló sugárzások alkalmazásával. A Központi Élelmiszeripari Kutató Intézet kutatási jelentése, Budapest, 1969
22. Farkas J., Beczássy K., Ionizáló sugárzások hatása a Jonathan alma eltarthatóságára. A Központi Élelmiszeripari Kutató Intézet kutatási jelentése, Budapest, 1971
23. Kovács E., A sárgabarack eltarthatóságának növelése ionizáló sugárzással. A Központi Élelmiszeripari Kutató Intézet kutatási jelentése, Budapest,1968
24. Kovács E., Vas K., A kajszibarack eltarthatósági idejének növelése ionizáló sugárzással. A Központi Élelmiszeripari Kutató Intézet kutatási jelentése, Budapest, 1969
25. Kálmán B., Farkas J., Vas K., Kisérletek kajszibarack, őszibarack és paradicsom tárolhatóságának ionizáló sugárzásokkal való fokozására. A Központi Élelmiszeripari Kutató Intézet kutatási jelentése, Budapest, 1970

26. Kovács E., Vas., Nonn F., Az őszibarack eltarthatósági idejének növelése ionizáló sugárzással. A Központi Élelmiszeripari Kutató Intézet kutatási jelentése, Budapest, 1968
27. Kovács E., Vas K., Az őszibarack eltarthatósági idejének növelése ionizáló sugárzással. A Központi Élelmiszeripari Kutató Intézet kutatási jelentése, Budapest, 1969
28. Kovács E., Vas K., Nonn F., A paradicsom eltarthatóságának növelése ionizáló sugárzással. A Központi Élelmiszeripari Kutató Intézet kutatási jelentése, Budapest, 1968
29. Staden, O.L., Mushroom Science /1967/ 457
30. Kovács E., Vas K., Farkas J., Kisérletügyi Közl. 61 E /1968/ 3
31. Vas, K., Proc. Symp. on Food Irradiation, Karlsruhe, 1966. FAO/IAEA, Vienna, 1966 253 o.
32. Vas, K., Some practical research needs in the irradiation of fresh fruits and vegetables, FAO/IAEA Study Group Meeting, Sofia, 1968
33. Törley D., Nedelkovits J., Györey P., A csiperkegomba szedés utáni növekedését szabályozó hormonszerü anyagok mérési metodikájának kidolgozása és azok tisztitott állapotban történő előállitása. A Budapesti Müszaki Egyetem Élelmiszerkémiai Tanszék jelentése, Budapest, 1970
34. Török G., Farkas J., Vas K., A KÉKI Közleményei, 1-2. sz. /1959/ 23
35 Farkas J. A KÉKI Közleményei, 2. sz. /1965/ 10
36. Kiss I., Kálmán B., Farkas J., Husipar, 19 /1970/ 101
37. Kiss I., Farkas J., Vágott és tisztitott baromfi radurizálása. A Központi Élelmiszeripari Kutató Intézet kutatási jelentése, Budapest, 1970
38. Farkas J., Kiss I., Bencze-Bőcs J., A szamóca romlási veszteségeinek csökkentése ionizáló sugárzással. A Központi Élelmiszeripari Kutató Intézet kutatási jelentése, Budapest, 1970
39. Beczner L., Beczássy O.G., Konyhakész vegyes leveszöldség eltarthatóságának növelése gamma-sugárzással. A Központi Élelmiszeripari Kutató Intézet kutatási jelentése, Budapest, 1970
40. Kiss I., Farkas P., Gasztonyi K., Farkas J., Szeletelt, előrecsomagolt kenyér eltarthatóságának növelése ionizáló sugárzással. A Központi Élelmiszeripari Kutató Intézet kutatási jelentése, Budapest, 1970
41. Farkas J., Kiss I., Füszerek /füszerpaprika, füszerkeverékek/ mikróbás szennyezettségének csökkentése ionizáló sugárzással. A Központi Élelmiszeripari Kutató Intézet kutatási jelentése, Budapest, 1968
42. Kiss, I., Farkas, J., Andrássy, É., Beczássy, K., Acta Microbiol. Polon. 17 /1968/ 67
43. Incze K., Farkas J., Ionizáló sugárzás alkalmazása néhány konzervált huskészitmény gyártásakor. A Husipari Kutató Intézet és a Központi Élelmiszeripari Kutató Intézet kutatási jelentése, Budapest, 1970

44. Kiss I., Farkas J., Kothencz I., Kifagyasztással süritett gyümölcslevek sugárzásos tartositása. A Központi Élelmiszeripari Kutató Intézet kutatási jelentése, Budapest, 1969
45. Kálmán B., Farkas J., Konzerv- és Paprikaipar, /1970/ 96
46. Vas K., Farkas J., Szeberényi B., Nádai B., Előkisérletek fehérjék denaturálódásának nyomonkövetésére gyors fizikai módszerekkel. A Központi Élelmiszeripari Kutató Intézet kutatási jelentése, Budapest, 1968
47. Farkas J., Kálmán B., Beczner L., Ionizáló sugárzás hatása egyes élelmiszer- és mikrobafehérjékre. A Központi Élelmiszeripari Kutató Intézet kutatási jelentése, Budapest, 1970
48. Vas, K., Proszt, G., Ber. Wiss.-Techn. Kommission, Internationale Fruchtsaft-Union, 6 /1965/ 479
49. Vas, K., Kovács-Proszt, G., Scheffer, H., Int. J. Appl. Rad. Isotopes, 19 /1968/ 273
50. Vas, K., Enzymological aspects of food irradiation IAEA Panel /1969/ STI/PUB/216, 32 o.
51. Vas, K., Research contract proposal to the IAEA, 6 May 1960
52. Vas, K., Farkas, J., Микробиология 30 /1961/ 436
53. Farkas, J., Kiss, I., Acta Microbiol. 12 /1965/ 15
54. Farkas, J., Kiss, I., Andrássy, É., Radiosterilization of medical products IAEA Symposium Budapest, 1967 IAEA STI/PUB/ 157, 343 o.
55. Farkas J., Kiss I., Andrássy É., A Központi Élelmiszeripari Kutató Intézet Közleményei, /1966/ 1.
56. Farkas, J., Kiss, I., Andrássy, É., Microbiological problems in food preservation by irradiation, IAEA Panel, Vienna, 1967, IAEA STI/PUB/ 168, 123 o.
57. Fábri, I., Microbiological studies on the influence of ascorbic acid, pimaricin and grape-protein treatment on the radiosensibilisation of Sacch. cerevisiae var. ellipsoideus in grape juice. Rept., Institut für Biologie und Landwirtschaft, SGAE, Seibersdorf, 1966
58. Farkas, J., Kiss, I., Andrássy, É., The radiation resistance and the spore state of aerobic food spoilage bacteria 1966-68. Rept., to the IAEA, Central Food Research Institute, Budapest, 1968
59. Kiss, I., The combined effects of heath, ionizing radiation and caffeine on the recovery of yeasts. Fellowship Rept. to the IAEA, Budapest, 1969
60. Wholesomeness of irradiated food with special reference to heat, potatoes and onios. Rept. of a Joint FAO/IAEA/WHO Expert Committee, WHO Techn. Rept. Ser. 1970. No. 451, Geneva 1970
61. Protocol for conducting long-term animal feeding studies on low-dose irradiated foods, Division of Biology and Medicine USAEC, Washington/May 19 /May 1968/

62. Barna J., Ionizáló sugárzással kezelt takarmányok etetésének hatásvizsgálata patkányokon. A Központi Élelmiszeripari Kutató Intézet kutatási jelentése, Budapest, 1970
63. Ley, F.J., Bleby, J., Coates, M.E., Paterson, J.S., Laboratory Animals, 3 /1969/ 221
64. Balázs-Sprincz V., Élelmiszertudomány, 3 /1969/ 3

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 9. szám

Korszerü izotóptechnikai eszközök a magyar iparban*

FÖLDIÁK G.[x], KOCSIS F.[xx], VARRÓ K.[xxx]

[x]MTA Izotóp Intézete, Budapest
[xx]Építésügyi és Városfejlesztési Minisztérium, Budapest
[xxx]Kohó- és Gépipari Minisztérium, Budapest

A sokcsatornás és számitógépi rendszerek és módszerek javitják az ipari izotóp-alkalmazás technikai szinvonalát és gazdaságosságát.

Современные установки изотопной техники в промышленности Венгрии
Фельдиак Г., Кочиш Ф., Варро К.
Многоканальные и вычислительные системы и методы повышают технический уровень и экономичность применения изотопов в венгерской промышленности.

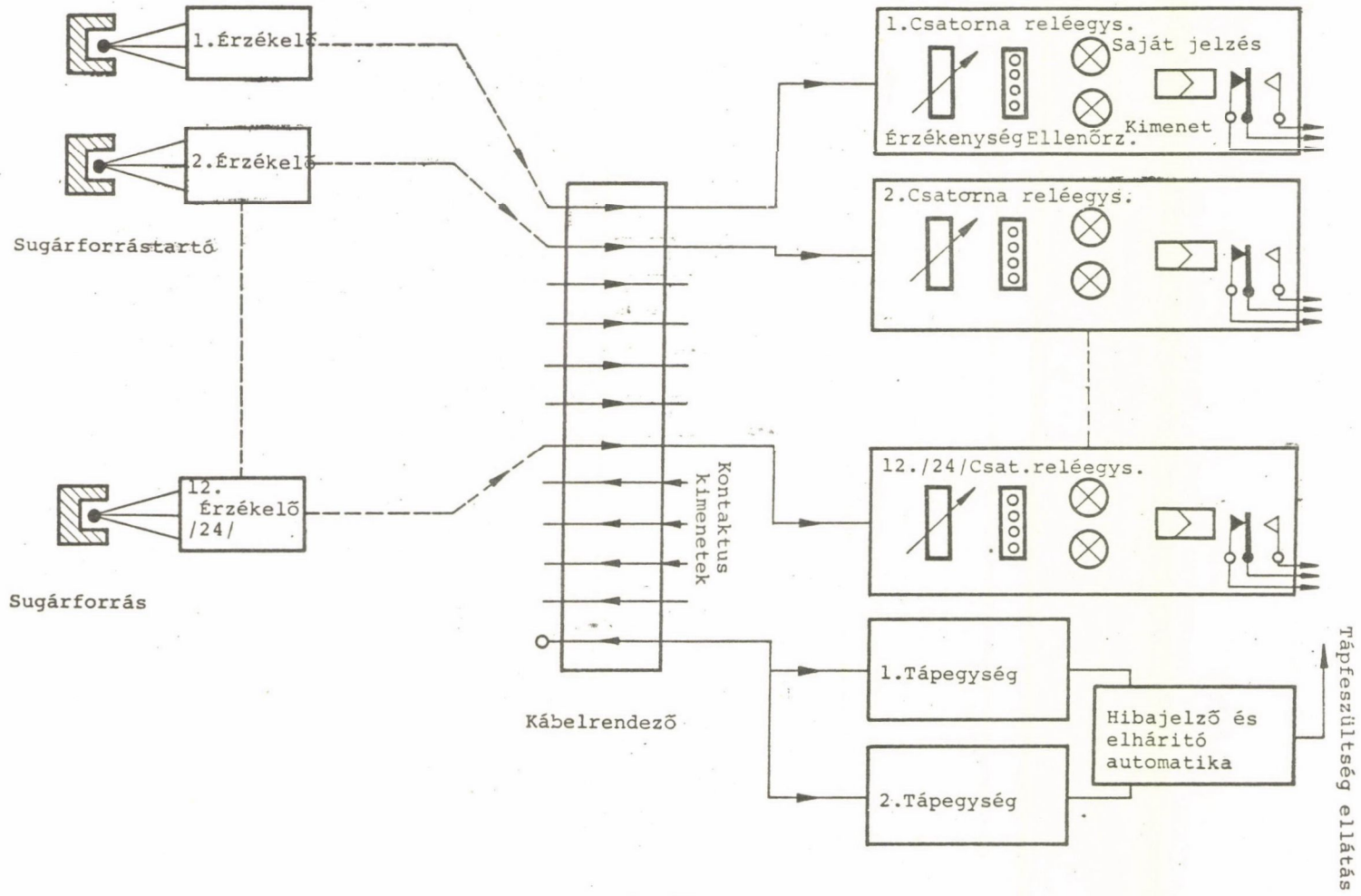
Up-to-date isotopic devices in Hungarian industry
Földiák G., Kocsis S., Varró K.
Multichannel and computer systems and methods are used in Hungary to raise technical level and economy of the industrial application of radioisotopes.

Miután Magyarországon megteremtettük és megszilárditottuk az ipari izotóp-alkalmazások személyi és müszaki bázisát, a kutatás feladatává mindinkább a módszerek és eszközök tökéletesitése, és ezáltal versenyképességük növelése vált.

A nukleáris ipari müszerek mind szélesebb körü elterjesztését az magyarázza, hogy egyre inkább beválnak a technológiai folyamatok automatizálásához, illetve legkorszerübb analóg vagy számitógépes irányitásához szükséges megbizható és pontos információszerző elemként. A mérő-szabályozó láncok leggyengébb pontjai az érzékelőelemek, amelyeknek dinamikus viszonyok közötti megbizható üzeme a teljes rendszer jó müködésének előfeltétele. A mérési elvek / pl. érintésnélküliség/ előnyeit szerencsésen kiegészitik a félvezető-technikában, illetve az elektronikában elért egyre ujabb eredmények, amelyeket a nukleáris müszereknél is hasznosithatunk.

A csoportos szintjelző feladatok megoldását 12 és 24 mérőhelyes sokcsatornás berendezések kidolgozásával tettük előnyösebbé. Sokcsatornás berendezések különösen a nagy mennyiségü szilárd nyersanyagot mozgató és felhasználó ipar-

* Az Atomenergia Békés Felhasználásával Foglalkozó IV. Nemzetközi Konferencián /Genf/ elhangzott előadás az itt közölt dolgozaton kivül az IZOTÓPTECHNIKA ez évi 3. számában közreadott szövegre épült.



1. ábra

GR-110 tipusu többcsatornás szintmérő blokkvázlata.

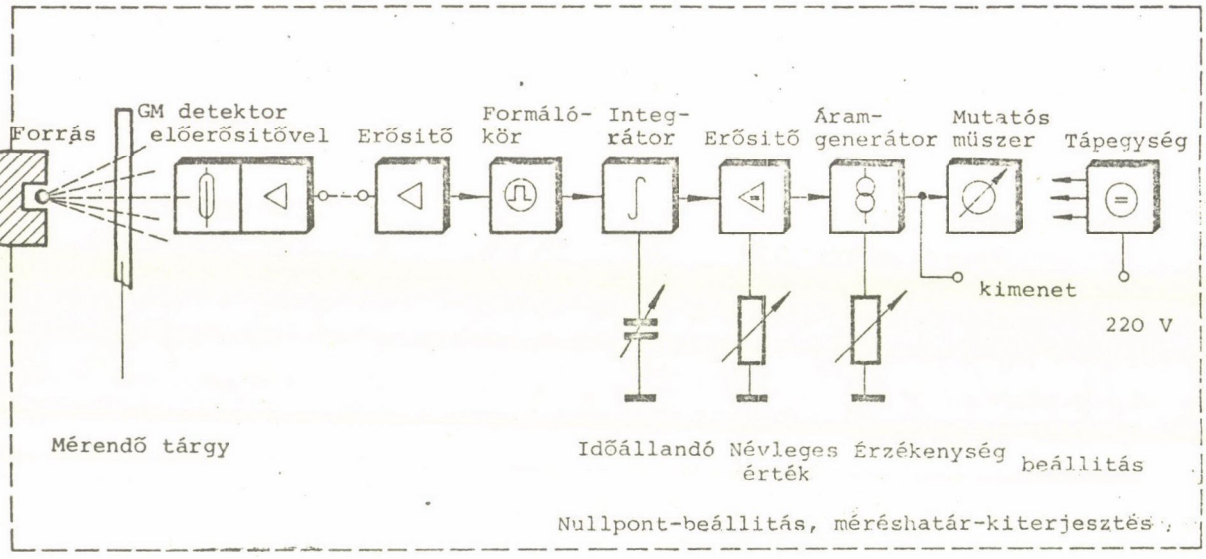
ágakban, pl. nyersanyag-kitermelésnél, erőműveknél alkalmazhatók előnyösen, a berendezések egy-egy csatornára jutó fajlagos költségének és helyigényének csökkenése révén. Sokcsatornás szintjelző berendezésünk rendszertechnikailag párhuzamos üzemü felépitésben müködik. Az 1. ábrán blokkfelépitésben bemutatott készülék olyan tipizált elektronikus egységekből áll, amelyek csoportositása az alapspecifikáción belül lehetővé teszi a kivánt számu csatornával müködő rendszerek létesitését.

Az érzékelőelemek impulzus üzemü Geiger-Müller számláló csövek, amelyekkel - tipusuktól és mérőhelyi elrendezésüktől függően - széles tartományban mérhetünk mind β-, mind γ-sugárzást. A jelfeldolgozás rendszere az egyszerü és gazdaságosan megvalósitható lineáris ratemeter. A komplett rendszer megbizhatóságának növelése érdekében az egyes egységek ipari kivitelü szilicium-tranzisztorokkal müködnek; valamennyi áramköri elem tulméretezett. A rendszer azon elemei, amelyek a párhuzamos üzemü független mérések végzéséhez szükségesek, ellenőrzési lehetőséggel ellátott cserélhető egységek. A mérőrendszer centralizált elhelyezéséből adódóan a szükséges tápegységeket összevonták. A tápegységeket nagyobb csatornaszámu berendezésekben kettőzve alkalmazzuk, automatikus zavarelháritó egységgel kombinálva, amely a müködő tápegység meghibásodását jelzi, és átkapcsol a tartalékegységre.

A sokcsatornás megoldásoknál különös jelentősége van annak, hogy a hiba okát gyorsan felismerjék és a zavart gyorsan elháritsák. Bár - mint láttuk - ezeknél a müszereknél van "melegtartalék", ez csak átmenetileg vehető igénybe, nehogy ujabb meghibásodásnál már ne legyen tartalékegység. Ezért minden egyes fiók előlapján hétkivezetéses dugaszolólaljzat van, amelybe a hibameghatározó kézimüszer közvetlenül dugaszolható. Ez utóbbi segitségével nemcsak a hiba ténye, hanem az oka is rövid idő alatt megállapitható. A hibás kártya a hidegtartalékból könnyen pótolható; javitás után a megjavitott kártya hidegtartalékba kerül.

A sokcsatornás gamma-relék egyszerü szabályozási feladatokra is alkalmasak: pl. tárolók töltését előirt időpontban leállitják. Jelentősen nagyobb azonban az izotópos müszerek érzékelőkénti alkalmazásának jelentősége, pl. felületi tömegméréssel és kémiai analitikával, illetve az ezekre épülő automatikával kapcsolatban. Az integrált áramkörökből Magyarországon e célból kialakitott univerzális ratemeter különféle β-és γ-sugárforrásokkal és érzékelőelemekkel müködik, és egyaránt alkalmas szint, sürüség, vastagság és nedvesség mérésére /2. ábra/.

Ugyancsak integrált áramkörök felhasználásával készülnek az automatikus digitális acélpalackfal- és -fenék-vastagságmérő és -osztályozó berendezések, amelyek az üzemi gyártósorba épitett olyan technológiai ellenőrző müszerként müködnek, amelyek időveszteség nélkül okmányszerü adatokra, irásos mübizonylatokra vezetnek. A berendezésnek belső programegysége van, amely a teljes mérés alatt vezérli az elektropneumatikus palackmozgató rendszert: a szükséges időpontban inditja, illetve leállitja az ^{241}Am γ-sugárzásának abszorpcióján alapuló



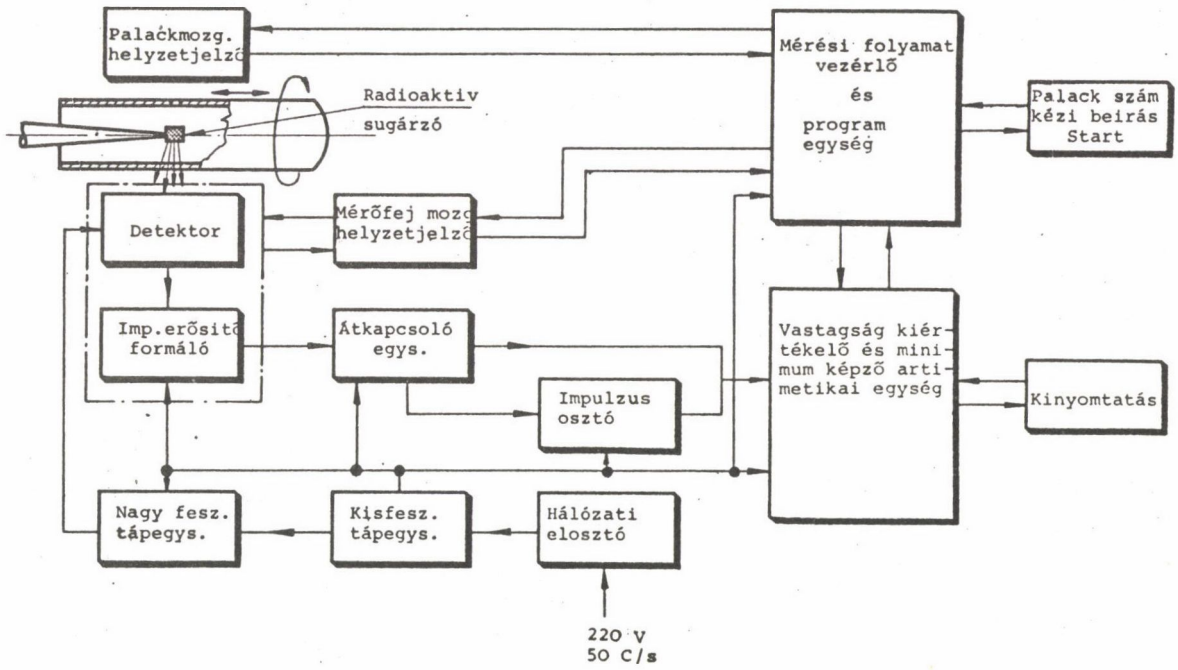
2. ábra

Univerzális ipari ratemeter blokkvázlata.

digitális vastagságmérő, értékelő és osztályozó müszert. A vastagságmérő a palack palástja mentén folytonos spirálvonalon ellenőrzi a falat. A palástról 300 - 500 mérési adatot gyüjt és értékel, majd - a palackfenék ellenőrzése után - mindezek alapján minősiti a palackot.

A mérési adatgyüjtést, kiértékelést és megjelenitést saját óragenerátorával vezérelt kis digitális célszámológép végzi ugy, hogy a nagystabilitásu mérőfej a falvastagsággal forditva arányos impulzusszámot méri egy - egy ciklusban, az észlelt impulzusok bináris számlánc számlálja és tárolja, majd a következő mérési ciklusban egy másik bináris számlánc számlál és tárol /3. ábra/. A mérési ciklusok közötti időben, amely a ciklusidőhöz képest elhanyagolható, az aritmetikai egység összehasonlitja a két memória tartalmát: a kisebb falvastagságnak megfelelő nagyobb beütésszámértékü memóriatartalmat megtartja, a kisebbet pedig törli, és ezzel előkésziti a következő mérési ciklust. A fenékmérés egyetlen mérési ciklusban történik: a kiértékelés és kinyomtatás módja azonos. A teljes mérés végén az aritmetikai egység a dinamikus memória tartalmát összehasonlitja a lyukszalagmemóriában tárolt impulzusszám - vastagságosztály-tartalommal, és a sornyomtató mm-ben, kinyomtatja a fenékvastagságot és a minimális palástvastagságot, valamint a minősitési osztályt. A kinyomtatott mérési eredmények a nagynyomásu palack minősitő mübizonylatai. A berendezés kapacitása óránként 25-35 palack; pontossága palástméréskor ±2%, fenékméréskor pedig ±5%.

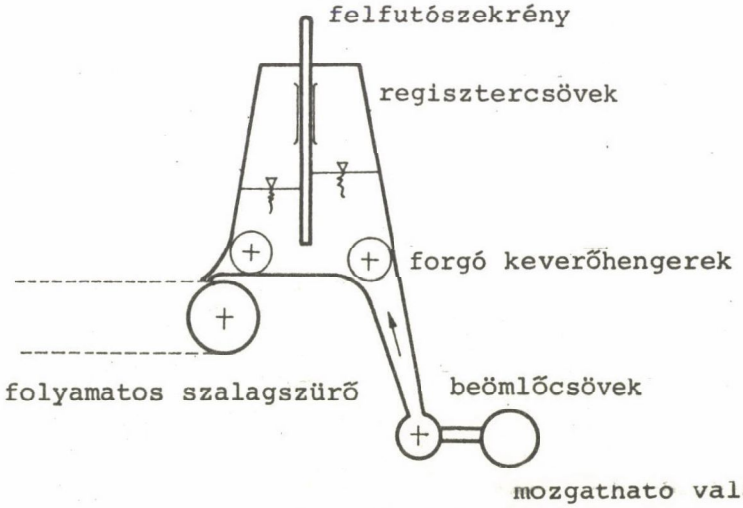
A nyomjelzéstechnikának az ipari vizsgálatokban történő gyorsabb terjedését nehezíti munkaigényességük, viszonylagos lassuságuk és drágaságuk. E hátrányok csökkentésére a folyamatos ipari mérés során a mérési adatokat ma már nem a kezelőszemélyzet olvassa le, hanem a müszer maga rögziti lyukszalagon. Az értékeléshez szükséges számitógépi programot a mérés előkészitése során állitjuk



3. ábra

Automatikus digitális palackmérő és -kiértékelő berendezés.

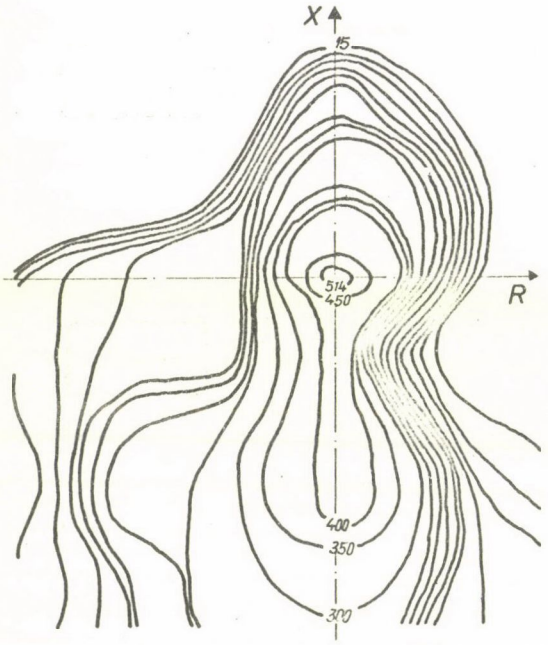
össze és ellenőrizzük. A helyszini mérést követően a kapott lyukszalagok közvetlenül beadhatók a számitógépbe, amely az adatokat táblázatszerüen vagy grafikusan ábrázolja. Igy a számitási idő jelentősen lerövidül, és az értékes szellemi kapacitás a kapott számitási eredményekre alapozott kritikai értékelésre összpontositható.



4. ábra

Papirgyári felfutószekrény vázlata.

Egy papirgyári felfutószekrényben /4. ábra/ longitudinális és radiális keveredést ugy vizsgáltuk, hogy kisérletenként más-más beömlő csövön /un. regisztercsövön/ át pillanatszerüen ^{198}Au-nyal jelzett cellulózt adagoltunk a belépő szuszpenzióba, és meghatároztuk a termelt papirszalag hossza /X/ és szélessége /R/ mentén vett azonos felületü papirminták fajlagos aktivitását. Az



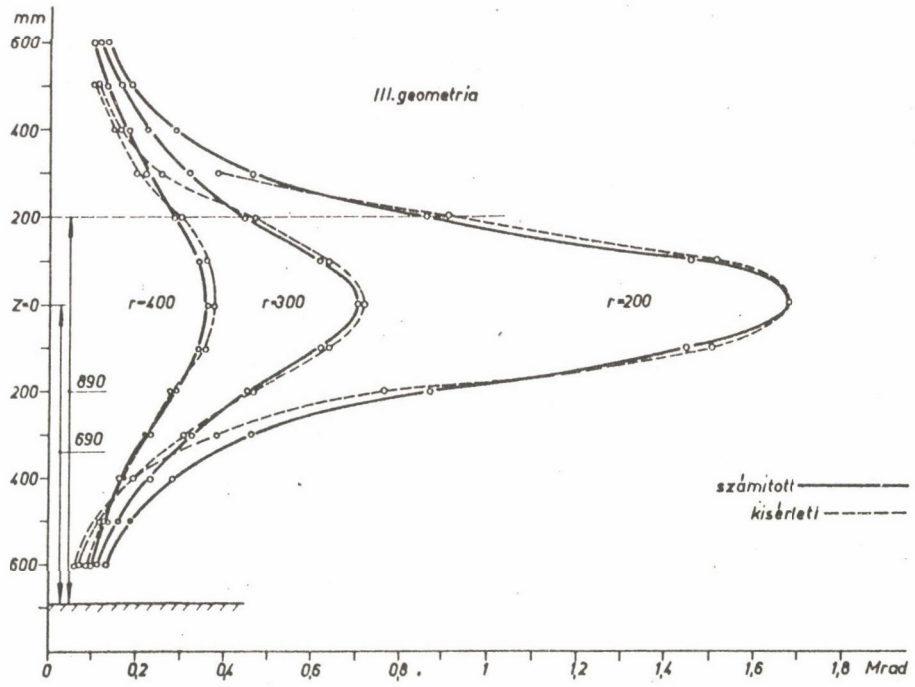
5. ábra

Állandó beütésszámu szintvonalak cellulózzagy axiális és radiális keveredésének becslésére.

axiális /X/ és radiális /R/ irányban lejátszódó keveredésről az eredmények nivógörbés ábrázolása /5. ábra/ tájékoztat. A számitások eredményeként az adódott, hogy a keveredés mindkét irányban jelentős.

Fontos segitséget jelent a számitógépi módszer az ipari sugársterilezésre stb. szolgáló nagy besugárzó berendezések dózisintenzitás-terének feltérképezésénél, illetve tervezésénél, az adott feladathoz alkalmazandó minimális aktivitás és legcélszerübb sugárforrás-elrendezés kielégitő pontosságu és aránylag gyors megállapitásánál. Ismeretes, hogy nagy dózisintenzitásu és viszonylag homogén sugárzási terek csak számos egyszerü forrás egyesitésével, illetve az igy kapott elemek célszerü /hengerpalást, egyszeres vagy párhuzamos sik/ alaku elrendezésével alakithatók ki. Ezáltal azonban annyira bonyolult forrásgeometriák jönnek létre, hogy a sugárzási térben a besugárzási dózisintenzitás kiszámitása még nagy teljesitményü elektronikus számitógéppel is csak bizonyos elhanyagolásokkal végezhető el gazdaságosan. Ezek a sugárzás spektrális eloszlásának, az önabszorpciónak és a források közelében elhelyezkedő különféle elnyelő közegek által okozott abszorpciónak, valamint a besugárzó helyiség falai okozta hatásoknak az elhanyagolásával kapcsolatosak. A számitások az egyes sugárforrások aktivitásából, méretéből és a rendszerben elfoglalt helyéből indulnak ki, és a dózistér tetszés szerinti pontjára vonatkozólag ±5-10% relativ pontosságu dózisintenzitás-adatokra vezetnek. Az abszolut dózisintenzitások ismeretéhez természetesen jelentős számu közvetlen mérésre is szükség van.

Az Intézet 80 000 Ci névleges aktivitásu ^{60}Co γ-forrása egyedi, tényleges aktivitásukkal jellemezhető forráselemből áll, amelyek négyféle geometriai elrendezés szerint egyesithetők forrássá. Ennél bonyolultabb modellnek megfelelő dózis-



6. ábra

Hengerszimmetrikus forrásgeometria dózisteljesitmény-eloszlása a függőleges szimmetriatengely mentén.

intenzitás-tér számitása gazdaságtalan lenne, amellett, hogy a számitógéppel kapott felmérés pontossága is legalább akkora, mint amit a reális számu közvetlen kémiai vagy fizikai dozimetriai vizsgálat - sokkal költségesebben és hosszabb idő alatt - biztositani képes. A kémiai dozimetriai méréseket részint Fricke-dozimetriával, részint pedig a jugoszláv - magyar együttmüködésben kidolgozott oszcillometriás klór-benzolos dozimetriával, a fizikai dózisintenzitásellenőrzést pedig félvezetőkkel végezzük.

Példaként a 6. ábrán a hengerszimmetrikus forrás tengelye mentén a vezérsugár különböző hosszainál félvezető detektorral mért és számitott adatokat mutatjuk be : az ábra szerint a dózisintenzitás-értékek egyezése kielégitő.

Tapasztalataink végeredményben igazolták azt a tételünket, hogy a radioaktiv izotópok ipari alkalmazása nem öncél, hanem a müszaki fejlesztés sok esetben legcélszerübb eszköze.

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 9. szám

Sugárexpozició mérése és az energia meghatározásának lehetőségei filmdoziméterrel, kevert energiájú fotonsugárzás esetén

BOJTOR I.

Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézet, Budapest

Sugárzás spektrumának vizsgálata filmből, kazettából és szürőből álló rendszerrel.

Измерение радиационной экспозиции и возможности определения энергии дозиметром-пленкой в случае излучения фотонов со смешенными энергиями
Бойтор И.
Исследования спектры излучения системой, состоящей из пленки, кассеты и фильтра.

Measurement of exposition and the possibilities of energy determination with film dosimeter, in case of mixed energy photon rays
Bojtor I.
A study of the spectrum of radiation with a system, consisting of film, cassette and filter.

A személyi doziméter mérési adatát a megengedett maximális sugárexpozició-szintek és a kapott dózis biológiai következményei szempontjából differenciáltan kell értékelni. A korszerü személyi dozimetriai mérési módszerektől meg kell követelni, hogy pontosak legyenek és a komplex sugárzásról adjanak információt. A személyi sugárexpozició és a kapott dózis átfogó értékelését a sugárzás energiájáról kapott adat elősegitheti.

A személyi sugárexpozicióra kapott mérési adatok a sugárterhelés biológiai értékeléséhez kiindulópontul szolgálnak. A személyi dozimetria akkor tölti be ideálisan magas szinten a feladatát, ha mindazon információkat megadja, amelyek alapján a kapott sugárdózis, biológiai szempontból, következményeiben is értékelhető, sugárvédelmi szempontból pedig a megelőzést elősegiti. Mindebből az következik, hogy a személyi sugárexpozició analizisében a doziméter mérési adata alapvetően fontos, de önmagában kevés: a személyi sugárexpozíciót a komplex biológiai és fizikai következményekkel összefüggésben kell értékelni. E kérdések odavezetnek, hogy a személyi sugárexpozició-mérés ma általánosan bevezetett

formáját e területen csak első közelitésnek tekinthetjük; a sugárzásnak kitett testfelület egy-egy "pontján" R-ben való mérés, továbbá az összetett energiáju beeső - és szórt - sugárzás változó hatása, és az általában anizotróp dóziseloszlás figyelembevétele bonyolult feladatot jelent [1,2].

Ezen okoknál fogva nem tartható tulzásnak az a követelmény, amely, Attix és Landauer megfogalmazásában, a személyi dozimeter teljesitőképessége elé a "spektrométerszintet" állitja [3,4].

A személyi sugárexpozició mérésekor a kapott dózis további értékelését tehát jelentősen elősegitheti a beeső sugárzás energiaspektrumáról kapott információ. Kisérleti adatok alapján az is feltehető, hogy a különböző energiáju sugárzások /pl. E_γ <100 keV illetve E_γ > 1 MeV/ - a hosszu idejü besugárzásoknál különösen jelentős - kumulativ biológiai hatása is eltérő lehet [5]. Ez a körülmény jelentős lehet a foglalkozási sugárexpoziciók értékelésénél.

Az emlitett körülmények amellett szólnak, hogy a személyi dozimeter R-ben mért expozicióadatához célszerü rendelni hazai egy, a beeső sugárzás energiájáról informáló adatot is. Ez összhangban van azzal a ténnyel, hogy az expozició értékét a sugárzás energiájától függetlenül kell mérni /ez helyes mérési módszer kérdése/, az energiával kapcsolatos adat azonban a szükséges további értékeléshez nyujt alapot.

A közleményben olyan összefüggéseket tárgyalunk, amelyek különböző filmdozimetriai mérési és kiértékelési módszerek esetén a R-ben mért expozició és az energia között létesitenek kapcsolatot. Ennek alapján az R - rad-átszámitás elvégezhető.

Mérési módszerek

1. 20 keV - 2 MeV energiatartomány

Az energia meghatározására az ad lehetőséget, hogy a különféle rendszámu fémek abszorpciója a fotonsugárzás energiájával változik [6]. Filmdozimeternél a szürők használata kettős szerepet tölthet be. Egyrészt biztositja az expozició energiafüggetlen mérését, másrészt felhasználható a filmet ért sugárzás energiaösszetételének meghatározására is. Elvileg a módszer tetszés szerint finomitható, gyakorlatilag azonban általában 3 - 5 szürő használata szokásos, igy a beeső sugárzás energiája vagy effektiv energiában, vagy 3 - komponensre bontva adható meg. E komponensek magukban foglalják az energiaspektrum legnagyobb intenzitásu vonalait.

A következőkben kisérleti eredmények alapján tárgyaljuk az intézetben müködő országos személyi dozimetriai szolgálat mérési módszereit és ezekre vonatkozóan az expozició - energia-összefüggéseket a 12 keV - 1,2 MeV tartományban.

A filmdoziméter film-kazetta-szürő rendszerét általában két mérési elv szerint lehet kialakitani. A két elvben az a közös vonás, hogy a film változó energiaérzékenységét figyelembe kell venni. Ennek kétféle módja megszabja a szürőrendszert, amely vagy mint kompenzáló, vagy mint az energiaabszorpcióra érzékenyen változó rendszer müködik /6,7,8,9/. Ez esetben korrekciós faktorok felvételére ad lehetőséget. A mérési módszer megválasztása kevert energiáju sugárzás dózismérése esetén igen lényeges lehet, ha a bevezetésben emlitett szempontokat is figyelembe vesszük.

A dozimetriai szolgálat által ujabban használt mérési módszer lényegében mindkét, előbb emlitett mérési, illetve kiértékelési eljárásra alkalmas /10,11/.

A Jones és munkatársai által kidolgozott kazetta- és szürőrendszer a következő elemekből áll: ablak, 50 mg/cm^2 polipropilén /plasztik/, 300 mg/cm^2 plasztik, 0,040 inch /10,16 mm/ duraluminium, 0,028 inch /7,11 mm/ Sn + Pb összetett szürő. Lassuneutron-dózis mérésére további komplexszürő, a 0,028 inch Cd + 0,012 inch /3,05 mm/ Pl szolgálhat. AZ egyes szürők abszorpciója a következőképpen érvényesül a beeső összetett energiáju sugárzás esetén:

a beeső sugárzás az ablak mögött gyakorlatilag energiaveszteség nélkül léphet az emulzióval kölcsönhatásba;

a vékony plasztik közelitőleg ugyanarra a fotonenergia-tartományra nézve átlátszó, mint az ablak, de elnyeli a lágy β-sugárzást;

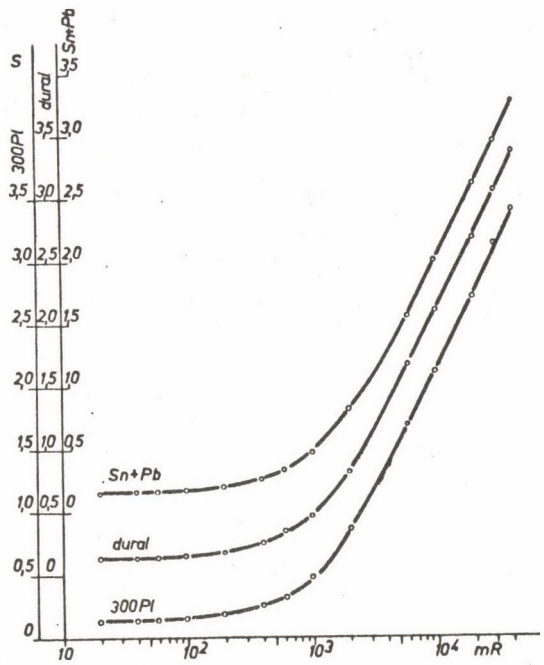
a vastagabb plasztik a lágy fonatokat és a lágy β-sugárzást nyeli el, igy az $E_\gamma > 15$ keV és $E_{max\,\gamma} > 2$ MeV energiáju sugárzásokra nézve már kontrasztot jelent a vékony plasztikhoz viszonyitva;

a duraluminium szürő vastagsága kritikusan megválasztott érték, mivel a kiértékelésnél szerepet játszik, kis energiák felé a 300 mg/cm^2 plasztik, nagy energiák irányában pedig az Sn + Pb szürő alatti feketedéshez való viszonya, mégpedig $E_\gamma > 46$ keV esetén az $\frac{S_{300}}{S_{dural}}$ hányados közelitőleg állandó, E 100 keV esetén pedig az $\frac{S_{dural}}{S_{Sn+Pb}}$ viszony alig változik az energia függvényében.

Az Sn + Pb szürő vastagsága idealisan olyan, hogy a film feketedése 80 keV felett gyakorlatilag állandó.

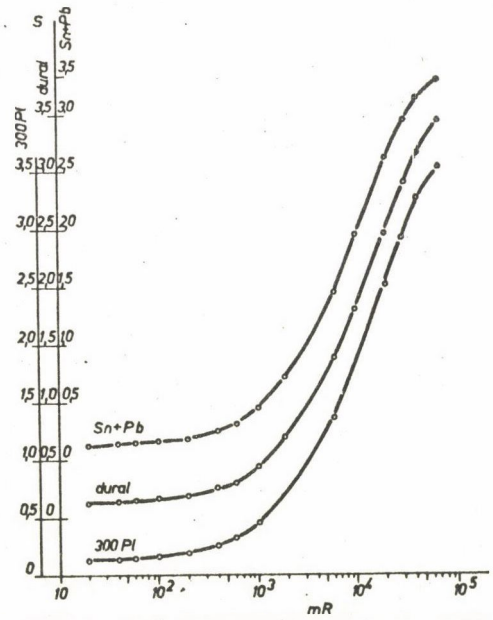
Az ismertetett kazetta-szürő rendszerhez legjobban Kodak R.M. film használható. A film szintetikus hordozóanyagon két /ellenkező oldali/ emulziót visel /gyors és lassu/. A kombinált és a lassu emulzió méréstartománya különböző előhivási feltételekkel befolyásolható, és a sugárzás természetével és energiájával változik. A kettős emulzió mind kis, mind baleseti jellegü expoziciók mérésére alkalmas.

A Kodak R.M. film kombinált emulziójának dózis - feketedés-diagramját, különböző szürők alatt, az 1. és 2. ábra mutatja, ^{60}Co expozició esetén.



1. ábra

Kodak R. M. film dózis - feketedés görbéje különböző szürőknél. Előhivás: 2,5 ml/l fenil-merkapto-tetrazolt tartalmazó, 10% cc. Kodax DX-80 hivó, 18 °C, 6 perc.

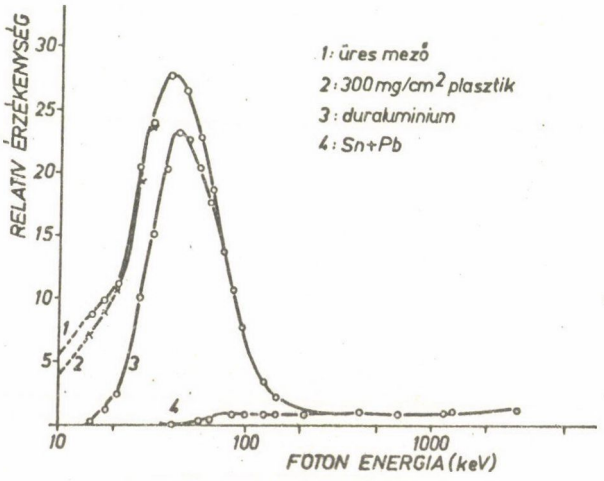


2. ábra

Kodak R. M. film dózis - feketedés görbéje különböző szürőknél. Előhivás: 3 ml/l fenil-merkapto-tetrazolt tartalmazó, 10% cc. Kodax DX-80 hivó, 18 °C, 6 perc.

A méréshatár beállitásához és a fotókémiai reakció stabilizálásához fenilmerkapto-tetrazolt is alkalmaztunk. A filmek kidolgozása automatizált rendszerben történt, Fribo Negamat SV-60 berendezéssel. A készülék személyi dozimetriai célu beállitása a szolgálat standardizálási törekvéseinek egyik fontos tényezője. A filmek kidolgozásának automatizált módja számos olyan feladat megoldását jelentette, amelynek ismertetése e közlemény kereteit meghaladja. Tapasztalataink alapján havi 10 000-es nagyságrendbe eső doziméterfilm automatikus kidolgozásához a standard szinten biztositott paraméterek beállitása a személyi dozimetriai szolgálat mérési adatainak pontosságát és dokumentativ értékét növeli.

A Kodak film ^{60}Co -hoz viszonyitott relativ érzékenységét /35°-os beesési szög mellett/a 3. ábra mutatja /12/.



3. ábra

Kodak R. M. film /kombinált emulzió/ relativ érzékenységi görbéje ^{60}Co-hoz viszonyitva, az energia függvényében, különböző szürőknél /12/

A relativ érzékenység a következőképpen definiálható:

$$S^{E}_{rel} = \frac{\left[\frac{1}{D_{lev}}\right]_{B = konst.}^{E}}{\left[\frac{1}{D_{lev}}\right]_{B = konst.}^{^{60}Co}} \qquad /1/$$

ahol S^{E}_{rel} a film érzékenysége E energiánál, D_{lev} az a levegődózis, amely adott B feketedést okoz a filmen. Ebből látszik, hogy az érzékenység ismeretében, ha a hitelesitő filmsorozatot ^{60}Co-ra állitjuk be, bármely energiáju sugárzás által leadott dózis meghatározható, a hitelesitő görbén leolvasott látszólagos dózisnak az érzékenységi korrekciós tényezővel helyesbitett értékeként. A korrekciós faktor ν-szürőre

$$F_\nu /E/ = \left(\frac{1}{S_{rel}} \right)_\nu \qquad /2/$$

Vezessük be a következő jelöléseket:

$\nu = 0$: ablak
$\nu = 1$: 50 mg/cm^2 plasztik
$\nu = 2$: 300 mg/cm^2 plasztik
$\nu = 3$: dural
$\nu = 4$: Sn+Pb

Mivel a látszólagos dózisviszonyok /kvalitásviszonyok/ energiafüggők, vagyis

$$\frac{D_o^+}{D_2^+} = f_o/E/; \qquad \frac{D_2^+}{D_3^+} = f_2/E/ \quad \text{és} \quad \frac{D_3^+}{D_4^+} = f_3/E/ \qquad /3/$$

ezért az érzékenységi korrekciós tényezőket célszerü a kvalitásviszonyok függvényében felvenni:

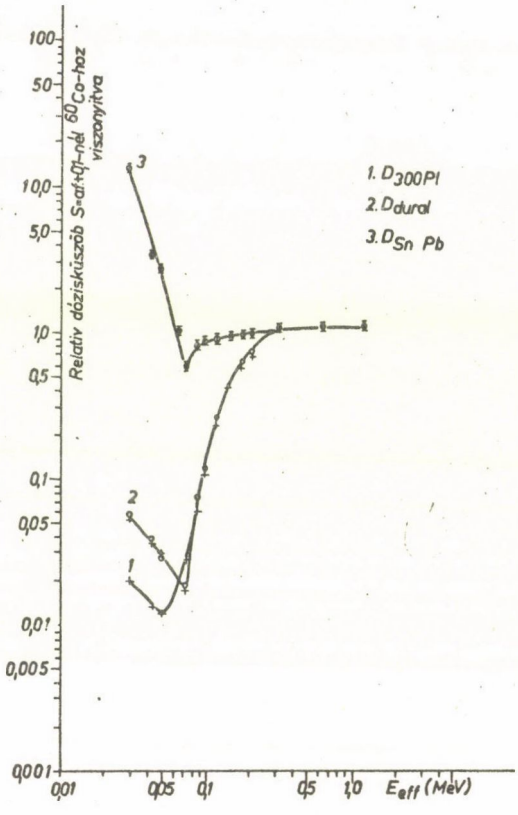
$$F_1/E/ = f\,\frac{D_1^+}{D_2^+} \quad \text{és} \quad F_2/E/ = f\,\frac{D_2^+}{D_3^+} \qquad /4/$$

vagyis a megfelelő energiatartományban pl. a 300 plasztik szürő alatt mért látszólagos dózis az adott kvalitásviszonyhoz tartozó korrekciós tényezővel helyesbitve adja a valódi dózist.

Mint a 3. ábra alapján belátható, egy energiakomponensü fotonsugárzás esetén az expozició mérése aránylag egyszerü, mivel 80 keV felett az Sn + Pb szürő a film energiaérzékenységét kiegyenliti, 80 keV alatt pedig megfelelő faktorral figyelembe vehető. A 40 keV - 1,2 MeV tartományban tehát az Sn + Pb szürő alatt mért látszólagos dózisból, vagy korrekciós faktorral, vagy anélkül, a valódi dózis megkapható.

Lényegesen bonyolultabb a helyzet összetett energiáju sugárzástól eredő expozició mérésénél, különösen akkor, ha a főbb energiakomponensek meghatározásának igényével lépünk fel /13/. A gyakorlati körülmények ezt a kérdést a 10 keV - 2 MeV tartományban vetik fel.

Az ismertetett kazetta - film - szürő-rendszernél, a heterogén energiáju fotondózis mérése a következőképpen tárgyalható. A 3. ábra, valamint a /3/, /4/ egyenletek olyan összefüggéseket adnak meg, melyekkel a film érzékenységi karaktere leirható. A 4. ábra az energiaérzékenység és a mérési küszöbérték össze-



4. ábra

Az alapfátyol + 0,1 denzitásnál mérhető relativ dózisküszöb változása az energia függvényében, ^{60}Co-hoz viszonyitva, különböző szürőknél. /Kodak R. M. film, kombinált emulzió/.

függését mutatja, ha ez esetben küszöbértékként az alapfátyol feletti 0,1 denzitásnak megfelelő expozició /mR/ értékét tekintjük. Az X-tengelyen az energia, az Y-tengelyen a fátyol feletti 0,1 denzitásnak megfelelő, különböző energiákon megállapitott mR érték és ugyanezen denzitásnak megfelelő látszólagos dózisérték viszonya látható, vagyis

$$\left[\frac{D^E}{D^+}\right]S = a.f + 0,1 ,$$

3 szürőre vonatkozóan.

A relativ küszöbérték változása jól követhető, és a 3. ábrával összhangban mutatja a szürők szerepét a kiértékelésnél, komplex energiáju sugárzás esetén. Ennek alapján világos, hogy mivel bármely energiával besugárzott film denzitását a ^{60}Co-on készült hitelesitő görbén olvassuk vissza látszólagos dózisként, ismeretlen energiaspektrummal történt besugárzás esetén a dózis megállapitásához a megfelelő szürő alatti mezőt kell alapul venni, és a leolvasott értéket korrigálni.

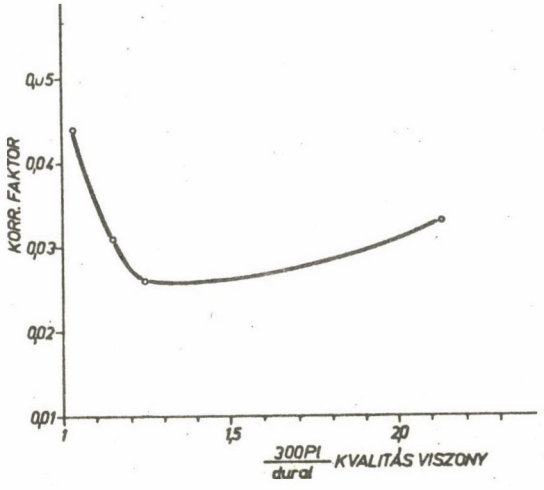
Az emlitettek értelmében kevert energiáju fotonsugárzással exponált filmet a következőképpen értékelhetjük ki. $E < 20$ keV energiáju sugárzás tulnyomó jelenléte esetén 300 mg/cm^2 plasztik alatt leolvasott látszólagos dózist helyesbitjük az $\frac{\text{ablak}}{300\ \text{Pl}}$ kvalitás korrekciós tényezőjével, s igy hagyjuk a valódi dózist /I/.

Ha $20\ \text{keV} \leq E \leq 40$ keV komponens is szerepel a spektrumban, a mérés alapjául a 300 mg/cm^2 plasztik alatti látszólagos dózis szolgál, helyesbitve a $\frac{300\ \text{Pl}}{\text{dural}}$ kvalitásviszony függvényében felvett korrekciós tényezővel /II/.

A $40\ \text{keV} < E$ összetételü sugárzás esetén az Sn + Pb szürő alatti látszólagos dózis $\frac{\text{dural}}{\text{Sn+Pb}}$-hoz tartozó korrekciós tényezővel helyesbitett értéke adja a valódi dózist /III/.

Ha jelentős mértékben van képviselve az $E \leq 40$ keV komponens, akkor az ehhez rendelhető valódi dózis a /II/ módszer szerint vehető figyelembe. Igy tehát $20\ \text{keV} \leq E \leq 1{,}2$ MeV intervallumban a /II/ módszer kiegészitett változata használható, hozzáadva az Sn + Pb alatti látszólagos dózist, amely $E > 80$ keV esetén egyenlő a valódi dózissal /IV/.

A korrekciós tényezők a /4/ szerinti kvalitásviszonyok függvényében az 5. és 6. ábrán láthatók, Kodak R.M. film kombinált emulzióra vonatkozóan, amelyre az emlitett mószerek érvényesek.



5. ábra

A 300 mg/cm^2 plasztik szürő alatt leolvasott látszólagos dózishoz tartozó korrekciós faktor, a kvalitásviszony függvényében, Kodak R.M filmnél.

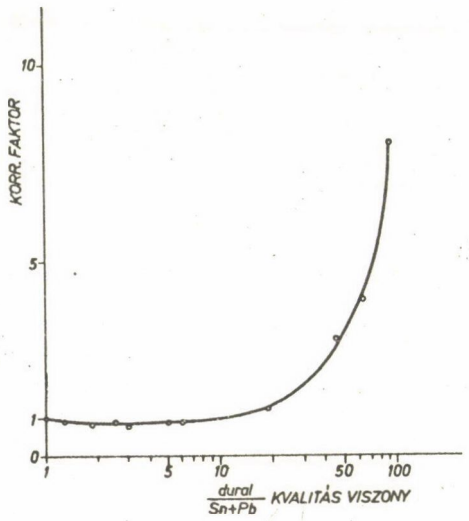
Kombinált emulzió esetén a 20 keV - 2 MeV tartományba eső fotondózisok mérésére, Ehrlich [11] továbbá az R.P.S./A.E.R.E eredményei alapján [10], az előbbiekben ismertetett rendszerben a következő empirikus kifejezés is használható /V/:

$$D_f = D_{Sn+Pb} + \frac{D_{dural}}{50} + \frac{D_{300} - D_{dural}}{10} , \qquad /5/$$

ahol D_f a fotondózis,

D a hitelesitő diagramon /Ra vagy ^{60}Co/ a megfelelő szürő alatt felvett görbén leolvasott látszólagos dózis.

Tapasztalataink szerint az /5/ kifejezés a valódi dózisra pontosabb értéket ad, ha a spektrum tulnyomóan E > 80 keV komponensekből áll, mivel E < 80 keV esetén - mint a 3. ábrán is látszik - az Sn + Pb alatt mért érték, az energia-

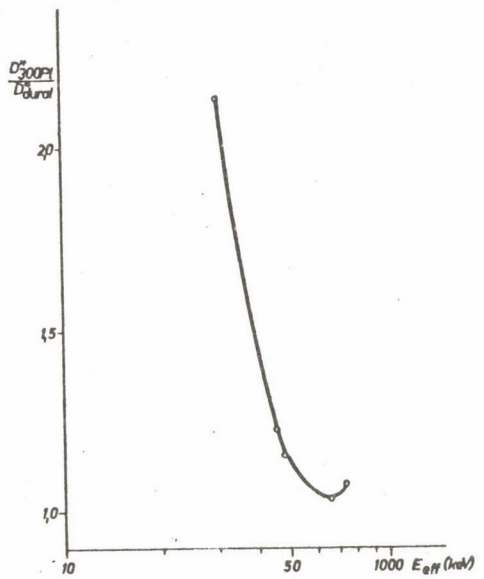


6. ábra

Az Sn + Pb szürőnél leolvasott látszólagos dózishoz tartozó korrekciós faktor, a kvalitásviszony függvényében, Kodak filmnél.

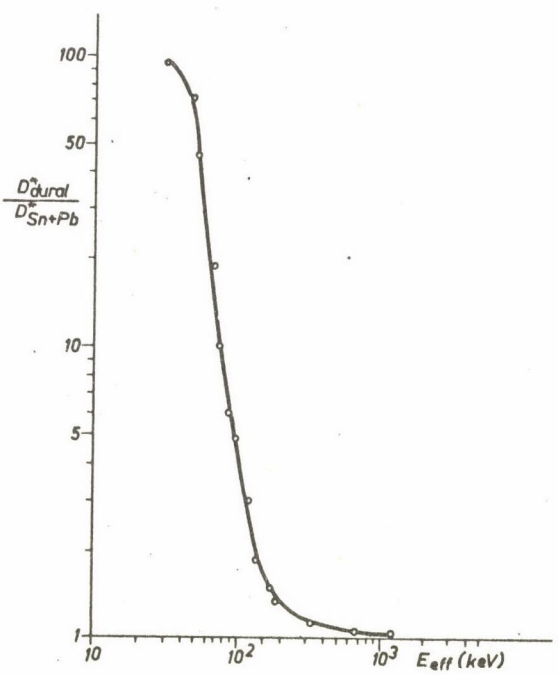
függés következtében, kevésbé reális. Ezen tulmenően, röntgendózisok mérésekor a gyakorlatban a legritkább esetben exponálja a filmdozimétert homogén sugárzás, és igy maga a röntgenspektrum összetétele is változó filmreakciót vált ki /ezt általában E_{eff} értékkel szokás figyelembe venni/.

Az ismertetett kiértékelési módszerek alkalmazására a különböző energiaintervallumokban megfelelő kikötéseket lehet tenni: ezek a /3/ függvények értékei, E különféle értékeinél. Igy pl. egy adott a értékre nézve $f_2/a/ = 2,2$. Ez akkor teljesül, ha a $\cong$ 30 keV, vagyis $\frac{D_2^+}{D_3^+} < 2,2$ esetén $E_\gamma > 30$ keV, és ha emellett $f_3/b/ = 63$, vagyis $E_\gamma \cong 46$ keV, akkor a mért dózis 30 keV < E < 46 keV intervallumba eső energiáju sugárzástól ered, és igy a /II/ kiértékelési módszer alkalmazható /7. és 8. ábra/. Hasonló kritériumok alapján lehet a többi módszert is a megfelelő energiaintervallumhoz adekvátan alkalmazni.



7. ábra

A $\frac{300\ Pl}{dural}$ kvalitásviszony az energia függvényében.



8. ábra

A $\frac{dural}{Sn+Pb}$ kvalitásviszony az energia függvényében.

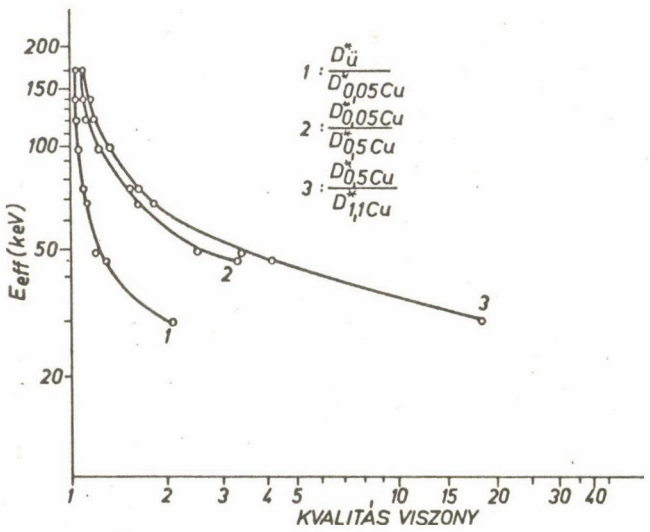
A β-dózisok elkülönitésére is szabhatók feltételek, de megjegyezzük, hogy lágy β-dózisok pszeudo-γ-dózisként jelentkezhetnek, ha a β-sugárzás lágy γ-sugárzással tevődik össze. Ilyen esetben a mérési hiba megnövekedhet.

A 30 keV - 2 MeV energiáju fotondózisokat más módszerrel is mérhetjük. A különböző vastagságu Cu szürők és Pb szürő használatán alapuló Dresel-féle kiértékelési módszerrel már foglalkoztunk /14, 15, 16, 17/. Ezuttal azoknak az összefüggéseknek a bemutatására szoritkozunk, amelyek e módszeren belül érvényesek az energia meghatározására, Gevaert film használata esetén.

2. 12 - 25 keV energiatartomány

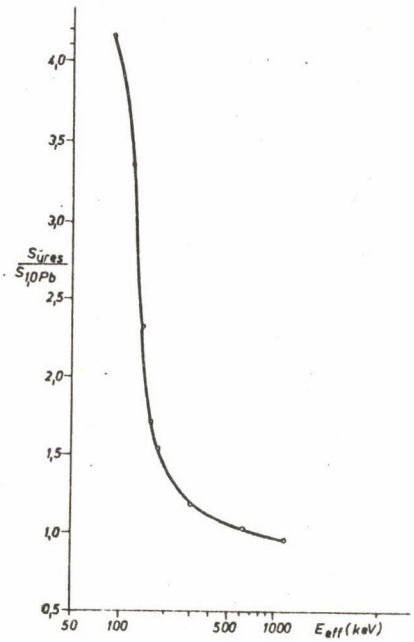
A lágy fotondózisok mérése és elkülönitése a közepes és nagy energiáju fotonoktól különösen lényeges lehet akkor, ha az I.C.R.P. által javasolt expoziciószinteket a kritikus szervek szempontjából értékeljük. Nyilvánvaló ugyanis, hogy a szervabszorpció szempontjából a lágy és kemény γ-dózisoknak különböző a jelentősége. E tekintetben lényeges szerepe van az energiameghatározást nyujtó mérési módszereknek, mert ezáltal egyrészt a mért összdózisban a lágy fotonkomponens különválasztható, másrészt pedig, ahol lágy röntgensugárzási tér van jelen, az expozició direkt módszerrel mérhető. Ez a kérdés főleg röntgen-képerősitővel és elektronmikroszkóppal dolgozók expoziciójának mérésekor merülhet fel. Ezt a lehetőséget általában a széles energiatartományban használható filmdoziméterek vagy egyáltalán nem, vagy csak nagy hibával biztositják.

Az intézetünkben a Dresel-rendszerre kidolgozott filmdoziméter a 12 - 15 keV-es tartományban használható /18/. A kazetta az ablakon kivül a 0,53 mm Al és 1,5 Al szürőt tartalmaz. A kiértékelési mód ismertetésével /19/, itt az energiameghatározásra szolgáló összefüggéseket mutatjuk be.



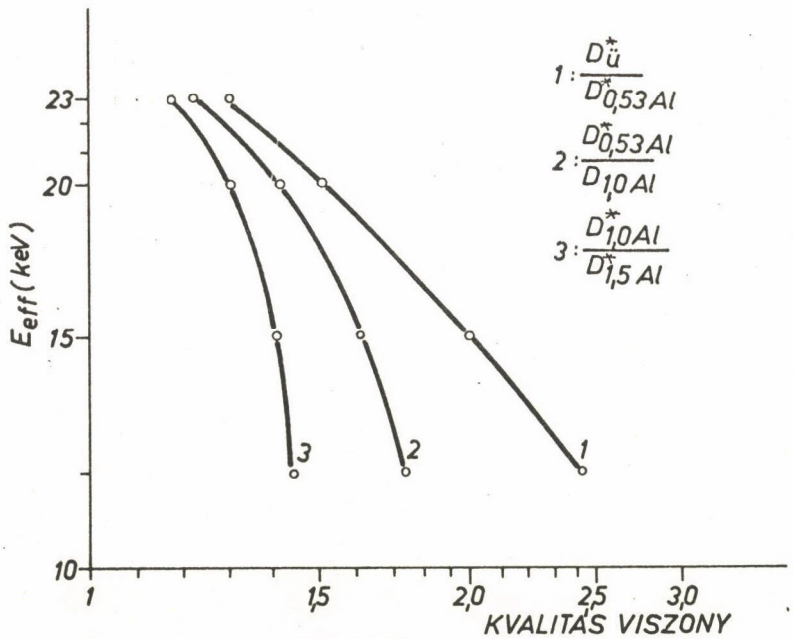
9. ábra

A kvalitásviszonyok az energia függvényében, Gevaert filmnél.



10. ábra

Az $\frac{\text{üres mező}}{\text{1,0 Pb}}$ feketedéshányados az energia függvényében, 200 mR expozíciónál, Gevaert filmnél.



11. ábra

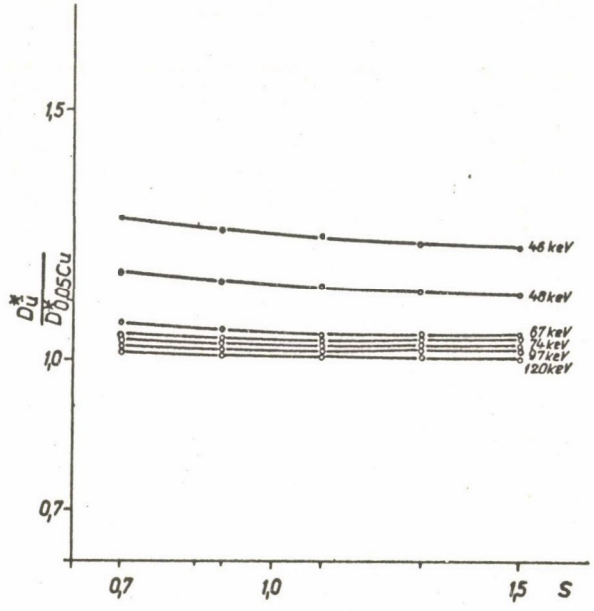
A kvalitásviszonyok változása a 12 - 23 keV tartományban, lágy röntgendózisok mérésére alkalmas szürőrendszer és Gevaert filmnél.

Energiakonponensek meghatározása a 0,012 - 1,2 MeV tartományban

Az ismertetett mérési módszereknél az energiakomponensek meghatározására az energia - kvalitás-viszony összefüggés szolgál. A kvalitásviszony minden, ismeretlen összetételü sugárzással exponált filmen a kiértékelés során kiszámitható. Az emlitett összefüggést Kodak R.M. film kombinált emulziójára vonatkozóan a 7. és 8. ábra mutatja, a 300 mg/cm^2 plasztik, duraluminium és Sn + Pb szürő esetén.

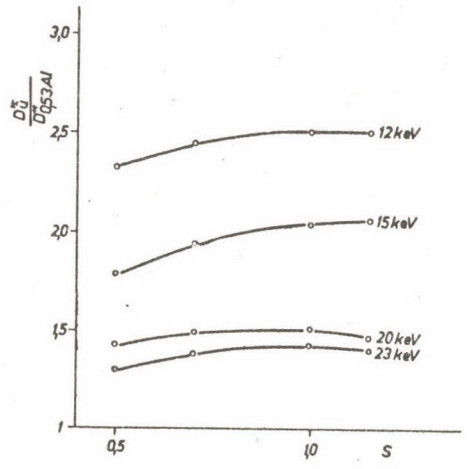
A Dresel-rendszer alapján, Gevaert filmre kapott összefüggéseket a 9. ábra mutatja, amely a 30 - 150 keV tartományban alkalmazható, és a Cu szürőrendszeren alapul /20/. Kisérleti eredményeink alapján az energiameghatározás kiterjeszthető E > 150 keV esetére is; erre a célra az $\frac{S_{\text{üres mező}}}{S_{1,0\ Pb}}$ hányados energiafüggése használható fel /lo. ábra/. A lágy röntgentartományban a 11. ábra alapján lehet az energiakomponenseket meghatározni.

Tapasztalataink szerint a kvalitásviszony és az $\frac{S_{\text{üres}}}{S_{Pb}}$ hányados értéke bizonyos mértékü feketedés, illetve dózisfüggést mutat, aszerint, hogy a dózis - feketedés görbe melyik szakaszán végezzük a számitást. Ez a körülmény az összefüggések alkalmazásakor hibaforrást jelenthet. A kvalitásviszony változását a 12. és 13. ábra mutatja különböző energiáknál, Gevaert film esetén.



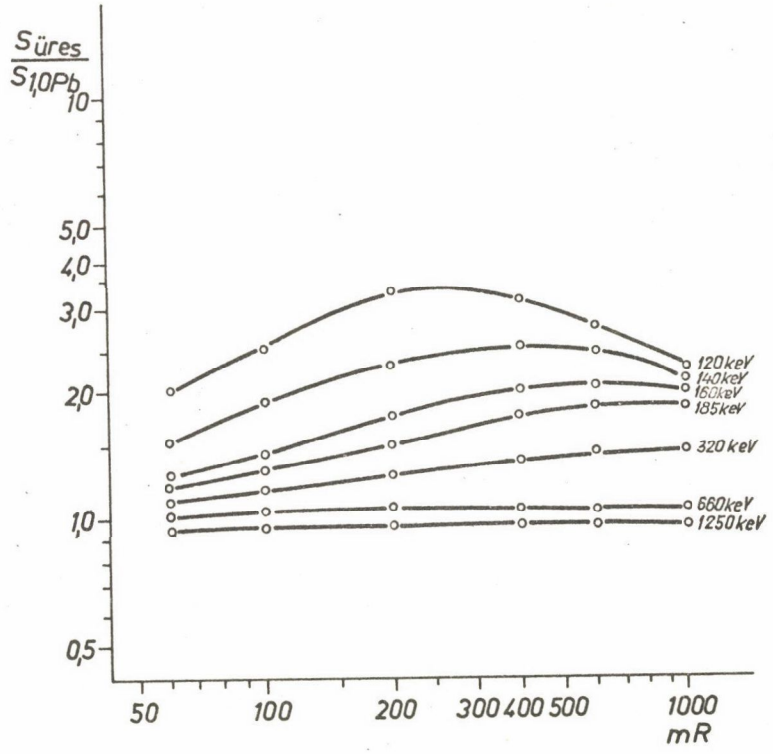
12. ábra

Az $\frac{\text{üres mező}}{0,05\ Cu}$ kvalitásviszony a feketedés függvényében, különféle energiaszinten.



13. ábra

Az $\frac{\text{üres mező}}{\text{0,53 Al}}$ kvalitásviszony a feketedés függvényében, különféle energiaszinten.

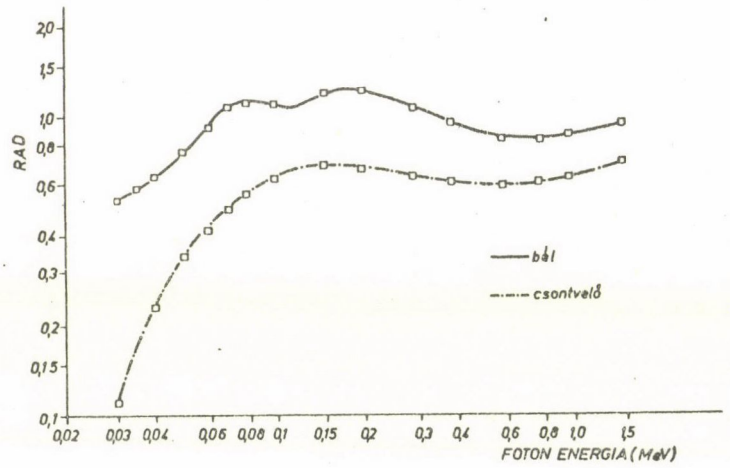


14. ábra

Az $\frac{\text{üres mező}}{\text{1,0 Pb}}$ feketedéshányados értékének dózisfüggése különféle energiaszinten.

Az $\frac{S_{\text{üres}}}{S_{\text{Pb}}}$ hányados dózisfüggése a 14. ábrán látható, Gevaert film esetén.

A bemutatott összefüggések alapján a filmdoziméterrel R-ben mért expozícióból a különböző szervekben abszorbeált dózis megbecsülhető / a 15. ábra, Jones adatai alapján [21] /.



15. ábra

A csontvelőben és a bélnyálkahártyában abszorbeált dózis 1 R frontális expozició esetén, az energia függvényében /[21]/.

A foglalkozási sugárexpozició folyamatos mérésekor az expozició radra való átszámitásának főleg akkor lehet jelentősége, ha a személyi expoziciót a megegengedett maximális 1/4 évi vagy évi szint szempontjából kell értékelni.

IRODALOM

1. Schoknecht, G., Strahlentherapie 141 /1971/ 326
2. Bojtor, I., Várterész, V., Illés, Á., Luzsa, Gy., VIII. Meeting Eur. Soc. Rad. Biol., Basko-Polje, 1971
3. Attix, E.H., Health Phys. 13 /1967/ 219
4. Landauer, R.,S., Health Phys. 14 /1968/ 57
5. Várterész, V., Ürkut. Konf. Budapest 1971
6. Storm, E., Shlaer, S., Health Phys., 11 /1965/ 112
7. Ehrlich, M., Radiology 68 /1957/ 549
8. Wachsmann, F., Atomwirtschaft 8 /1963/ 424
9. Miyanaga, I., Yamamoto, H., Health Phys. 9 /1963/ 677
10. Jones, B. E., Marshall, T.O., J. Phot.Sci. 12 /1964/ 319
11. Langmead, W. A., Adams,N. Health Phys. 13 /1967/ 167
12. Heard, M., Jones, B., E., E.N.E.A. Personnel Dosimetry Symp. Madrid, 1963
13. Jones, B., E., Marshall, T., O., J. Phot. Sci. 13 /1965/ 121
14. Dresel, H., Kerntechnik 2 /1960/ 239
15. Bojtor, I., Dósay, K., Koczkás, Gy., Z. wiss. Phot. 56 /1962/ 5
16. Bojtor, I., Predmerszky, T., Egészségtudomány 13 /1969/ 64
17. Bonta, J., Bojtor, I., Rad. Közl. 2 /1966/
18. Bojtor, I., Dósay, K., Aktuelle Strahlenschutzprobleme, Ö.V.S. Tg.Ber. /1969/ 211
19. Bojtor, I., Dósay, K., Acta Biochim. Biophys. 5 /1970/ 109
20. Bojtor, I. Acta Biochim. Biophys. 6 /1971/ 31
21. Jones, A.R., Health Phys. 12 /1966/ 663

HIREK

NUKLEÁRIS ENERGETIKA

Az ERŐTERV szovjet megrendelés alapján jelentést készit előregyártott kis atomerőművek 1500 lakásos városkák hő- és energiaellátására való alkalmazásáról.
Nuclear Engineering szeptember.

Az emberiség számára a ténylegesen előállitható energiamennyiséget nem a rendelkezésre álló készletek mennyisége korlátozza, hanem az energia előállitásával járó "mellékhatások", a bioszféra szennyezése.
Természet Világa julius.

Jelenleg több mint 3200-an dolgoznak a bolgár kozloduji atomerőmü épitésén. Mintegy 30 reaktortechnikai szakember kap kiképzést, többen a KGST-tagállamokban.
Applied Atomics szeptember 15.

IPARI IZOTÓPALKALMAZÁS

A szovjet Gyapotipari Kutató Intézet közölte, hogy több mint 3000 izotópos töltéseltávolitó berendezés dolgozik a szovjet müszáliparban. Kutatómunka folyik a gyapju- és bőrsterilező berendezések létrehozására is.
Applied Atomics szeptember 15.

Az amerikai erdőgazdaság számára ^{137}Cs sugárforrást használó hóvastagságmérőt dolgoztak ki, amely a hó viztartalmáról, az ujonnan esett hó vastagságáról, a csapadék mennyiségéről és az olvadás sebességéről tájékoztat.
Nuclear News julius.

Kijevben februárban tanfolyamot rendeztek a radioaktiv izotópos módszerek alkalmazásának helyzetéről és távlatairól Kijev üzemeiben és intézményeiben. Többek között ismertették az UDAR-5 követő szintmérőt és a PR-1024 sürüségmérőt.
Atomnaja Energija augusztus.

MEZŐGAZDASÁGI IZOTÓPALKALMAZÁS

A Lawrence Radiation Laboratoryben /USA/ radioaktiv izotópos nyomjelzéssel vizsgálják a fotoszintézist. Zöldnövényekbe ammóniumionokat adtak; ezek dezaktiválták a glukóztermelést, és aktiválták az aminosav-termelést.
Nuclear News junius.

NUKLEÁRIS ORVOSTUDOMÁNY

A chilei egyetem kutatói megállapitották, hogy a legutóbbi francia csendes-óceáni nukleáris robbantás hamuja beszennyezte Santiago ivóviztartalékjait. Chile ugyanis az Andok magas hegyvonulatairól leolvadó hóból kapja ivó- és öntözővizét.
Népszabadság, Népszava szeptember 3.

Stabilis izotópok orvosi diagnosztikai alkalmazásáról számol be P.D.Klein /Argonne National Laboratory, USA/. A SINCH-nak /Stabile Isotopes of Nitrogen, Carbon, and Hydrogen/ nevezett témában analitikai és jelzési módszereken és a klinikai felhasználás lehetőségein dolgozik. Jelenleg a deutériumot epesavval kapcsolatos diagnosztikában, a ^{13}C-at bizonyos vizsgálatokban légzési analizisre különleges berendezések nélkül lehet alkalmazni.
Nuclear News julius.

A Nemzetközi Kardiológiai Napok keretében 52 nemzet képviseletében több mint 800 kardiológus gyült össze Párizsban. A kongresszus megvitatta az izotópos nyomjelzés felhasználását a heveny szivizominfarktus és a szivtágulás vizsgálatában.
MTI augusztus 17.

A KGST-szakosodás révén a GAMMA Müvek készíti a nukleáris orvosdiagnosztikai müszereket. Évenként 35 - 40 komplett laboratóriumot szállit külföldre, háromnegyedét a szocialista, egynegyedét a fejlődő országokba.
A tiz éve nukleáris müszereket gyártó GAMMA a fejlesztés ujabb, intenzivebb szakaszához érkezett, - állapitotta meg a Budapesten augusztus 11. és 14. között megrendezett KGST-tanácskozás.
MTI szeptember 3.

^{67}Ga-tel tumorlokalizálás jobb képet ad, mint az eddig használt izotópokkal, mivel a tumorszövethez nagyobb az affinitása. Oak Ridge-ben /USA/ a galliumot citrátsó alakjában adják be. Jelenleg több kórházban tüdőrák és limfóma kimutatására használják, de nagy reményekre jogosit a Hodgkin-kór diagnosztikájában is.
Nuclear News julius.

Hirek az Atomenergia Békés Felhasználásával Foglalkozó IV. Nemzetközi Konferenciáról

Genfben, 1971 szeptember 6 és 16 között rendezte meg az Egyesült Nemzetek Szövetsége, a Nemzetközi Atomenergia Ügynökséggel együttmüködve, az atomenergia békés felhasználásával foglalkozó IV. nemzetközi konferenciáját. A konferencián - "Atom a fejlődésért" jelszóval - mintegy 4000 részvevő tekintette át és vitatta meg a legutóbbi konferencia, 1966 óta elért eredményeket. A 10 általános és 53 technikai szekción a beküldött és elfogadott 850 előadásból kb. 500-at adtak szóban is elő. Hazánkat 5 előadás képviselte.

A genfi konferenciához üzenetet intézett az Egészségügyi Világszervezet /WHO/, és ebben felhivja a figyelmet arra a veszélyre, amelyet a radioaktiv anyagok a bioszférára nézve jelentenek.
Esti Hirlap szeptember 11.

A genfi konferencián a Szovjetunió arról számolt be, hogy γ-besugárzással 10 - 15 nap alatt sikerült ugy konyakot érlelni, ahogyan egyébként 3 évre lett volna szükség. Japánban besugárzással izletesebbé tették a kolbászt, s frissen való tárolhatósága is meghosszabbodott. Burgonya és hagyma csirázásának sugárzásos gátlásával, valamint fagyasztott tonhal szinének javitásával, paradicsom és borsó érésének sugárzásos késleltetésével is foglalkoznak. India arról adott hirt, hogy sugárzással késleltetik a mangó és a banán érését, s irtják a gabonakártevőket. Többfajta besugárzott élelmiszert etetnek patkányokkal, egerekkel és majmokkal, de eddig csak néhányat itéltek alkalmasnak emberi fogyasztásra.
Applied Atomics szeptember 15.

Az Atomwirtschaft-Atomtechnik cimü nyugatnémet folyóirat a genfi konferencia alkalmából beszámol a radioaktiv izotópok felhasználásáról és termeléséről az NSZK-ban. Megemliti az izotópos áramforrásokat / óceanográfiai célu TRISTAN-t és a szivstimulátor ISOCARD-ot/, a nagy sugárforrások orvosi és élelmiszeripari, a radioaktiv izotópok orvosi, ipari, hidrológiai és analitikai /aktiválásos és radiográfiai/ nyomjelzéses és egyéb felhasználását.

Az izotópimport és -export alakulása
/50 Ci-nél nagyobb források kivételével/

Év	Import, Ci	Export, Ci
1965	21 239	2736
1966	23 399	2596
1967	22 372	3114
1968	28 773	5109
1969	28 964	8168
1970 I.félév	22 460	5376

A nukleáris medicina fejlődése az USA-ban és az NSZK-ban

Radioaktiv gyógyszerek		Kiadás	1 főre eső kiadás	Nukl.med. osztállyal rendelkező klinikák száma
USA	1965	7,4 millió $		
	1966	9,1		
	1967	11,2		
	1968	25,0	0,23 $	2100
	1969	31,0		2200
	1970	39,0		2400
NSZK	1968	8,0 millió DM		280
	1969	11,0	0,24 DM	320
	1970	13,5o		320

Atomwirtschaft-Atomtechnik augusztus-szeptember.

Hans Leussink, az NSZK tudományügyi minisztere, a genfi konferenciát megelőző sajtóértekezletén ismertette az NSZK nukleáris technológiai terveit. Eszerint az állami kutatás négy főterületen folyik a következő tervidőszakban:

1. a fejlettebb reaktorok /köztük a gyorsszaporítók és nagyhőmérsékletü reaktorok/,
2. a nukleáris fütőanyag-termelés és -ciklus
3. a reaktorbiztonság és a környezetnek a nukleáris hatások elleni védelme és
4. a nemzetközi tudományos és ipari együttmüködés területén .

1975-ig az NSZK villamos energiatermelő beruházásának mintegy 15%-a lesz nukleáris; ez azt jelenti, hogy ekkor az összes kapacitásnak több mint 20%-át adják atomerőművek.
Applied Atomics szeptember 15.

Az Egészségügyi Világszervezet tanácsadójának, F.L. Parkernak a genfi konferencián elhangzott előadása arra hivja fel a figyelmet, hogy a nukleáris energetika elsősorban triciummal ^{85}Kr-tel és ^{129}I-cel szennyezi a környezetet. Bár a bioszférában levő mennyiségük jelenleg még kicsi, távlataiban szigoruan kell ellenőrizni a hulladékkibocsátást. 2000-ben a világ népességének nukleáris eredetü besugárzása elérheti a természetes háttérszint 1%-át, de ez az érték esetleg 10-szer ekkora is lehet.
Applied Atomics szeptember 15.

NEMZETKÖZI EGYÜTTMÜKÖDÉS

Februárban dán szakértők látogattak a Szovjetunióba, hogy a radioaktivhulladéktemetésben elért eredményekkel megismerkedjenek. Meglátogatták a SZUTA Fizikai Kémiai Intézetét, a zagorszki izotóptemetőt, a moszkvai tisztitóállomást és az Atomreaktor-kutató Intézetet.
Atomnaja Energija augusztus.

1971. januárjában, Varsóban ülésezett a KGST izotóptermelési munkacsoportja. A résztvevők többek közt a ^{32}P, ^{35}S, ^{131}I és ^{191}Au izotópok, zárt sugárforrások, orvosi applikátorok előállitásában elért eredményeiket ismertették. Egyidejüleg szovjet - lengyel kétoldalu megbeszélések folytak zárt β- és γ-források sugárfizikai paraméterei mérési módszereinek egységesitéséről.
Atomnaja Energija augusztus.

Az Egyesült Államok Atomenergia-bizottságának uj elnöke J.P. Schlesinger lett. A volt elnök, G.T. Seaborg, visszatér a Kaliforniai Egyetem kémiai tanszékére, amelyet 1961. márciusában hagyott el.
Nuclear Engineering szeptember.

VEGYES HIREK

Első izben hajtottak végre atomrobbantást egy szovjet olajbányában. A kisérlet célja az olajtartalmu kőzet meglazitása és szétzuzása volt. Az 1350 méter mélységben végrehajtott robbantás sikeres volt.
Népszabadság augusztus 10.

Az Apolló-15 ürhajósai által hozott egyik kristályos szerkezetü kőzetdarabot, a "teremtés kövét" a kutatók kulcsfontosságunak tartják a Hold életkorának meghatározásában. Ez a kő a vizsgálatok szerint a legkevésbé radioaktiv a hozott minták közül; igen csekély mértékben tartalmaz a radioaktiv izotópos kormeghatározás szempontjából lényeges elemeket.
MTI agusztus 18.

A Bern /Svájc/ közelében levő mühlebergi atomerőmü géptermében tüz ütött ki. Az erőmü összes biztonsági berendezése jól müködött, a reaktor azonnal, automatikusan leállt.
MTI julius 30.

A Szovjetunióban az észak-szibériai aranykutatásban 30 kW-os kis reaktort használnak az ércek neutronaktiválásos elemzésére. A reaktor segitségével 14 fém előfordulása mutatható ki. A reaktor teljesitményét 100 kW-ra akarják növelni.
Nuclear Engineering szeptember.

Uj dozimetriai rendszert vezetett be a National Reactor Testing Station /Idaho/ a személyi külső dózisterhelések vizsgálatára. Az uj dozimeterek teflonmátrixba ágyazott litium-fluorid-foszforból állnak. A kiértékelő berendezés automatikus, és az integrál-dózis mérése mellett, segitségével a sugárzás tipusa, energiája is meghatározható. A berendezésbe 250 - 300 jelvény tölthető egyszerre, s ezek kiértékelése 60 - 65 db/óra sebességgel történik. A jelvények regenerálhatók.
Nuclear News junius.

1971. februárjában Leningrádban össz-szövetségi tudományos és müszaki konferenciát tartottak a töltöttrészecske-gyorsitók népgazdasági felhasználásáról. Az Atomnaja Energija részletesen ismerteti az ipari /sugárhatáskémiai, defektoszkópiai, aktiválásos analitikai/, mezőgazdasági /rovartalanitási, stimulációs és tartósitási/ és orvosi felhasználásban elért eredményeket, valamint a használt szovjet gyártmányu gyorsitók főbb adatait.
Atomnaja Energija augusztus.

MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA

309.024

IZOTÓPTECHNIKA

14. ÉVFOLYAM 10. SZÁM

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA IZOTÓP INTÉZETE

2

IZOTÓPTECHNIKA

14. ÉVFOLYAM 10. SZÁM

BUDAPEST 1971. OKTÓBER

Szerkeszti és kiadja a Magyar Tudományos Akadémia Izotóp Intézete

A szerkesztő bizottság:

Bába Miklós
Fehér László
Földiák Gábor, a kémiai tudományok doktora /felelős főszerkesztő/
Gróz Péter
Gyimesi Zoltán
Illy József /titkár/
Kocsár László, az orvostudományok kandidátusa
Koncz József
Kovács Lórántné /munkatárs/
Máté Ferenc, a mezőgazdasági tudományok kandidátusa
Medveczky László, a fizikai tudományok kandidátusa

A szerkesztőség cime: MTA Izotóp Intézete, Bp. 114. Pf. 77. Telefon: 166-547/154

Felelős kiadó: Földiák Gábor, az MTA Izotóp Intézetének igazgatója

Készült a MTA Központi Fizikai Kutató Intézetének házi sokszorositójában F.v.: Gyenes Imre

Eng. sz.: III/4oo/s/215/71. Budapest Index-szám: 25.399
1971. 1O. szám Törzsszám: 71-5668

Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető bármely postahivatalnál, a kézbesitőknél, a Posta hirlap-üzleteiben és a Posta Központi Hirlap Irodánál /KHI Budapest V. József nádor tér 1./ 215-96162 pénzforgalmi jelzőszámára.

Évi előfizetési dija: 24o.- Ft Egyes szám ára: 2o.- Ft

MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA

T A R T A L O M

A H 003 "A" tipusu csomagolás vizsgálata és minősitése 437
Répás L., Golder F.

Испытания и квалификация упаковки типа H 003 "A"

Control and classification of isotope packaging type H 003 "A"

A nitrogén felvételének és megoszlásának vizsgálata ^{15}N-nel jelzett mütrágyával 452
Bártfai T.né, Latkovics Gy.né, Máté F., Varga Gy.

Исследования по всасыванию и распределению азота с помощью удобрения, меченного азотом-15

Investigations on the uptake and distribution of nitrogen by means of a ^{15}N-labelled fertilizer

A felületi dóziseloszlás meghatározása és annak jelentősége az integráldózis kiszámitásában 458
Bojtor I., Várterész V., Illés Á., Koczkás Gy., Luzsa Gy.

Определение распределения поверхностной дозы и его значение при вычислении интегральных доз

Determination of the superficial dose distribution and its significance for the integral dose calculations

Nagy γ-intenzitások mérési módszereinek összehasonlitása. II. 466
Pavlicsek I., Stenger V., Csürös M., Lakosi L., Veres Á.

Сравнение методов измерения высоких интенсивностей γ-излучения. II.

A comparison of methods for determining high gamma intensities. II.

Elektronikai termékek parazita /káros/ röntgensugárzása ... 479
Biró T.

Паразитическое /вредное/ рентгеновское излучение электронических изделий

Parasitic X-rays from electronic devices

HIREK 488

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA KÖNYVTÁRA

Számunk írói:

Bártfai Tiborné, a mezőgazdasági tudományok kandidátusa
MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest, II. Herman O.ut 15

Biró Tamás
Kossuth Lajos Tudományegyetem Kisérleti Fizikai Intézete, Debrecen

Bojtor Iván
Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézet, Budapest, XXII.,Bfok, Pentz K.u.5

Csürös Miklós
MTA Izotóp Intézete, Budapest, XII. Konkoly-Thege ut

Golder Ferenc
MTA Izotóp Intézete, Budapest, XII.Konkoly-Thege ut

Illés Ágnes
Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézet, Budapest, XXII.,Bfok, Pentz K.u.5

Koczkás Gyula, a fizikai tudományok kandidátusa
Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézet, Budapest, XXII.,Bfok, Pentz K.u.5

Lakosi László, a fizikai
MTA Izotóp Intézete, Budapest, XII.Konkoly-Thege ut

Latkovics Györgyné, a mezőgazdasági tudományok kandidátusa
MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest. II. Herman O.ut 15

Luzsa György
Városi Kórház, Mosonmagyaróvár

Máté Ferenc, a mezőgazdasági tudományok kandidátusa
MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest, II. Herman O.ut 15

Pavlicsek István
MTA Izotóp Intézete, Budapest, XII.Konkoly-Thege ut

Répás László
MTA Izotóp Intézete, Budapest, XII.Konkoly-Thege ut

Stenger Vilmos
MTA Izotóp Intézete, Budapest, XII.Konkoly-Thege ut

Varga Gyula, a mezőgazdasági tudományok kandidátusa
MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest,II. Herman O.ut 15

Várterész Vilmos, az orvostudományok kandidátusa
Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézet, Budapest, XXII.,Bfok, Pentz K.u.5

Veres Árpád, a fizikai tudományok doktora
MTA Izotóp Intézete, Budapest, XII.Konkoly-Thege ut

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 10. szám

A H 003 „A" tipusú csomagolás vizsgálata és minősitése

RÉPÁS L., GOLDER F.

MTA Izotóp Intézete, Budapest

A vizsgálati követelmények, eszközök és módszerek ismertetése.

Испытания и квалификация упаковки типа Н 003 "А"
Репаш Л., Гольдер Ф.
Изложены требования, средства и методы испытания.

Control and classification of isotope packaging type H 003 "A"
Répás L., Golder F.
A survey of control requirements , devices and methods.

Az atomenergia békés célu felhasználásának intenziv növekedésével évről-évre szélesedik a sugárzóanyagok hazai és nemzetközi forgalma. Egyre több sugárzóanyagot kell közhasználatu járművek /autó, vonat, repülőgép, hajó/ igénybevételével ugy szállitani, hogy az a szállitó személyzetet, az utasokat és a lakosságot ne veszélyeztesse, vagyis éppoly biztonsággal kell a sugárzóanyagokat szállitani, mint bármely más terméket.

Figyelembe kell venni a normális szállitási körülmények között is előfordulható kisebb-nagyobb behatásokat /megázik a csomag, leejtik, feldől, fékezésnél, rakodásnál megsérül stb./, de számolni kell a várható balesetekkel is.

A radioaktiv anyagok biztonságos szállitását számos nemzetközi és hazai rendelkezés irja elő, amelyek szabályozzák a szállitással összefüggő kérdéseket, többek között a konténert, a csomagkonstrukciót, és az ellenőrző vizsgálati módszereket is, mint a szállitás biztonságának legfontosabb tényezőit.

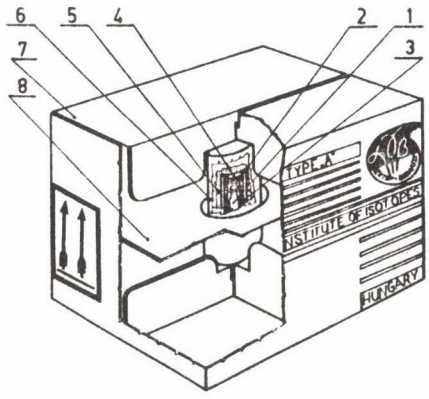
Az MTA Izotóp Intézete felülvizsgálta izotópkészitményeinek szállitására rendszeresitett konténereit, kidolgozta a H 003 "A" tipusu távolságvédelmi csomagolást, amelyet "A veszélyes áruk vasuti fuvarozására vonatkozó nemzetközi szabályzat - RID -" /1/ az IAEA "Regulation for the Safe Transport of Radioactive Materials" /2/, a KGST "Szállitási szabályzata" /3/, valamint az MSZ-6269 előirásai /4/ alapján - mint illetékes hatóság - minősitett.

1. A csomagoláskonstrukcióval szemben támasztott követelmények

- A csomag legkisebb külső mérete nem lehet kevesebb mint 10 cm.
- A 10 és 50 kg közötti tömegü csomagot kézi fogantyuval, 50 kg felett mechanikus megfogásra alkalmas fogantyuval kell ellátni.
- A csomagnak olyan anyagból kell készülnie, amely -40 °C és 70 °C között megőrzi mechanikai tulajdonságait.
- A csomagoknak a szállitás során fellépő gyorsulásukkal és rezgésekkel szemben ellenállóknak kell lenniök.
- A csomagon belül szivárgásmentes biztonsági tartálynak kell lennie, amely
  - a csomag többi részétől függetlenül zárható,
  - ellenáll a tartalom esetleges korroziv hatásának,
  - szivárgásmentes marad a környezeti légnyomás 0,5 atm-ra történő csökkenése esetén is,
  - folyadékok és gázok esetén fémből készült.
- A biztonsági tartályt, ha szükseges, kivül vagy belül sugárelnyelő réteggel is el kell látni. A kivül alkalmazott védelemnek meg kell akadályoznia a biztonsági tartály esetleges kiesését.
- Távolságvédelem alkalmazása esetén a konstrukciónak biztositania kell a távolság fennmaradását.
- A csomagnak meg kell őriznie tároló- és védőképességét az előirt vizsgálatok elvégzése után.
- Folyadék számára készült csomagnak ellenállónak kell lennie 9 m-es ejtéssel szemben, vagy a biztonsági tartályon belül a folyadék kétszeres mennyiségét felszivó anyagot kell tartalmaznia.
- Gázok számára /20 Ci felett/ készült csomag esetén a tároló tartálynak kell 9 m-es ejtőpróbának ellenállnia.
- 3 Ci-nél nagyobb aktivitásu γ-sugárzó izotóp esetén, ha a sugárnyelő anyagok olvadáspontja 800 °C alatt van, a sugárzóanyagnak olyan fémtokban kell lennie, amelynek egyetlen külső mérete sem kisebb 5 cm-nél, és 800 °C-on 30 percig ellenáll a tüznek.

A H 003 "A" tipusu konstrukció müszaki leirása

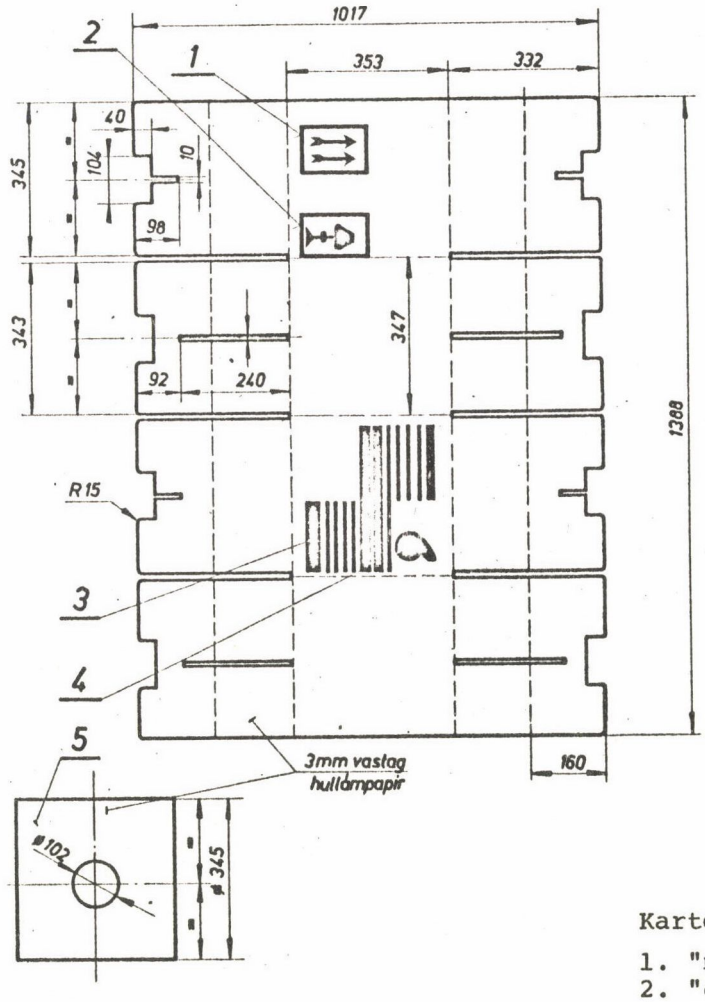
Az 1. ábrán látható modell megfelel a csomagolással szemben támasztott fenti konstrukciós követelményeknek. Lényegében két főrészből, a 350 x 350 x 350 mm távolságtartó kartondobozból és a ∅ 100 x 120 mm méretü fém biztonsági tartályból áll.



1. ábra

H 003 "A" tipusu csomagolás.

1. liofilizáló üveg
2. poliuretánhab
3. abszorbens
4. sugárzást árnyékoló ólomtok
5. polisztirol lökéstompitó, térkitöltő
6. biztonsági tartály
7. kartondoboz
8. térhatároló lap

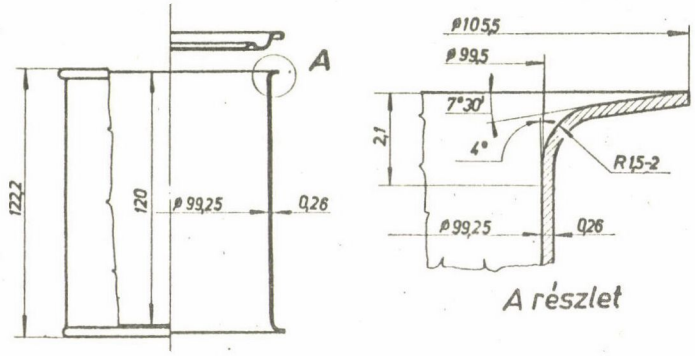


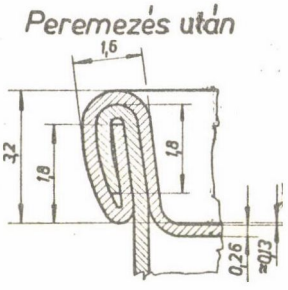
2. ábra

Kartondoboz szerkezeti felépitése.

1. "nem forditani" cimke
2. "óvatosan kezelni" cimke
3. cimfelirat
4. intézeti védjegy
5. térhatároló lap

A kartondoboz anyaga préselt hullámpapir. Méreteit és az előrenyomtatott feliratok elhelyezését a 2. ábra mutatja be. Az ábrán látható még a 3 mm vastag hullámpapir térhatároló lap is. A biztonsági tartály centrikus elhelyezését a doboz összehajtásakor képződő önzáró merevitőbordák és a térhatároló lap biztositják, ezért a csomagolás külön behelyezhető merevitőrekeszeket nem igényel.





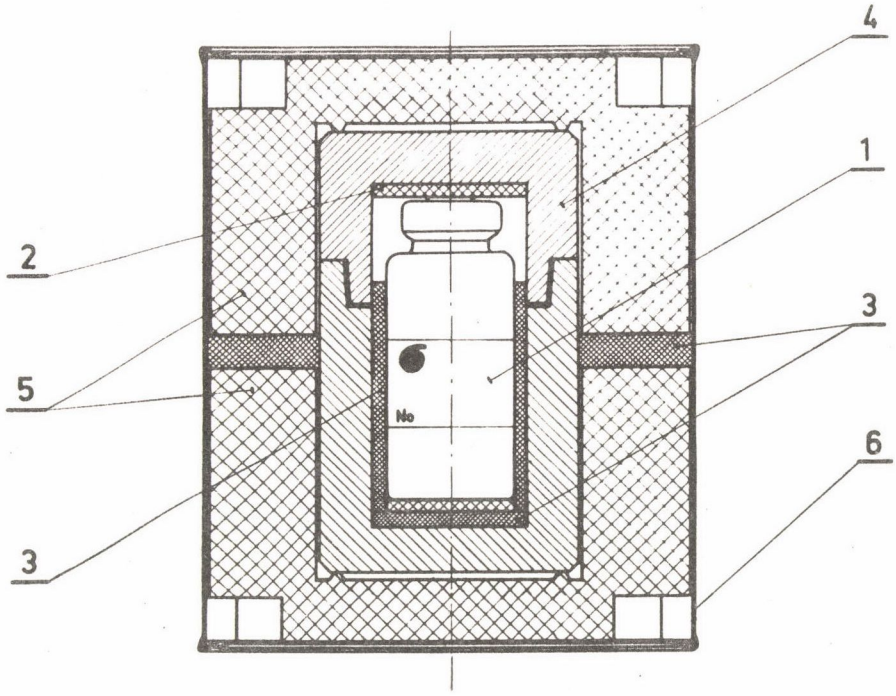
3. ábra

Fém biztonsági tartály.

A 3. ábra szerinti fém biztonsági tartály az Élm. K-27-1/64 Konzervipari Szakmai Szabvány alapján előállitott, sima palástu, henger alaku konzervdoboz. Anyaga MSZ-4461 KI minőségü ónozott acéllemez. A palást összekapcsolása átlapolással és lágyforrasztással történik.

A biztonsági tartályban a 4. ábra szerinti elrendezésben az alábbiak nyernek elhelyezést:

- a radioaktiv anyagot tartalmazó, különböző térfogatu liofilizáló üveg vagy leforrasztással zárható üvegampulla /5. ábra/,
- a radioaktiv sugárzást árnyékoló KT tipusu ólomtok /6. ábra/. Az ólomtok belső felületének elszennyeződése, valamint az üvegtartály fémes ütközésének elkerülése céljából a liofilizáló üveget vagy ampullát hullámpapir henger veszi körül, alá és fölé pedig poliuretánhab tárcsa kerül. Az alsó habtárcsa alatt helyezkedik el a kb. 20 cm^3 térfogatu oldat felszivásához elegendő mennyiségü vatta abszorbens,



4. ábra

H 003 "A" tipusu csomagolás komplett biztonsági tartálya.

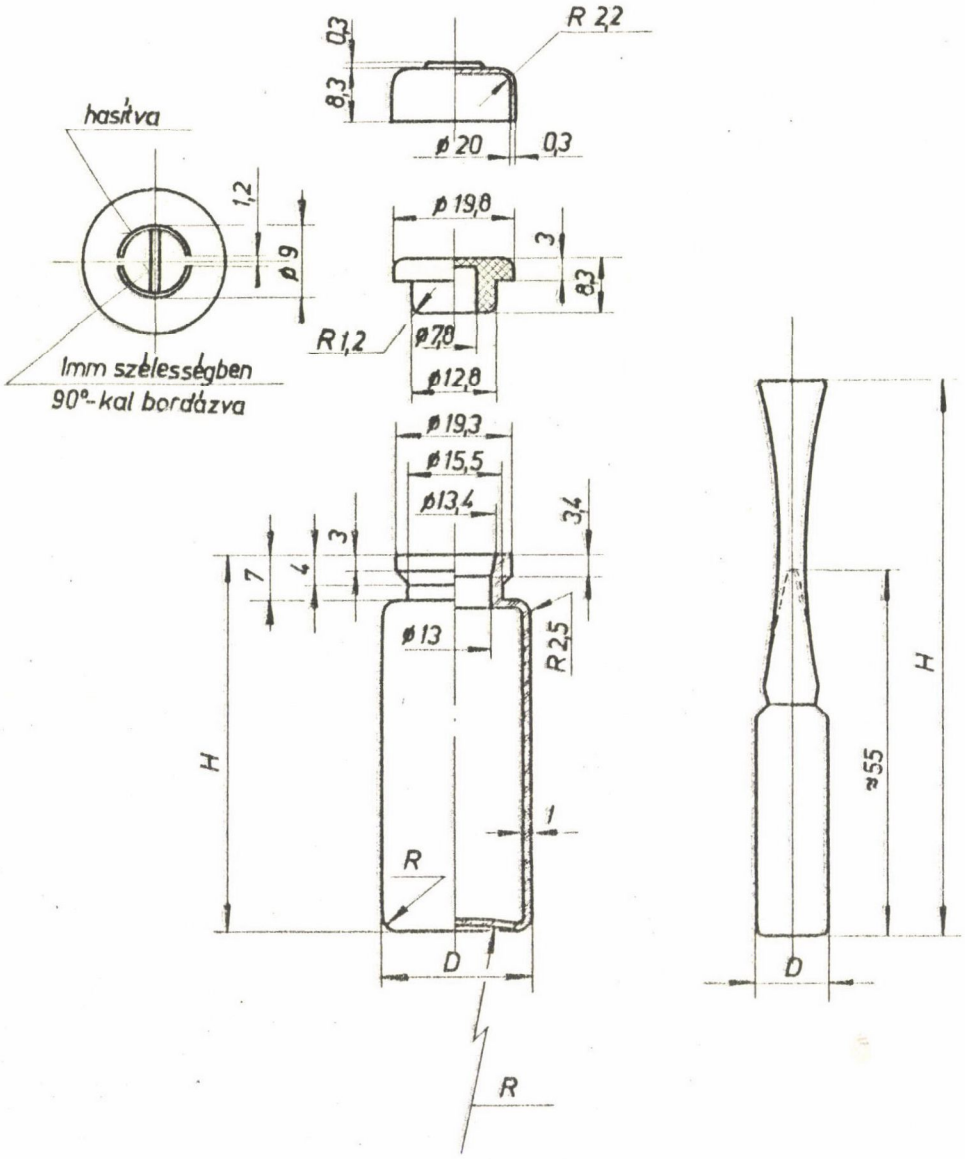
1. liofilizáló üveg
2. poliuretánhab tárcsa
3. hullámpapir henger
4. abszorbens
5. polisztirol lökéstompitó, térkitöltő
6. fémtartály

- a kétrészes polisztirol - Hungarocell anyagból készült térkitöltő és lökéstompitó /7. ábra/. A térkitöltők közé még vatta abszorbens is kerül, amely további 30 cm^3 oldat felszivását biztositja. A Hungarocell lökéstompitó a fémdoboz és a KT tok palástjához lazán illeszkedik, és a szimmetrikus kiképzésü süllyeszték segitségével a fémtartályból könnyen kiemelhető.

Vizsgálati módszerek és berendezések

Vizpermetezési próba

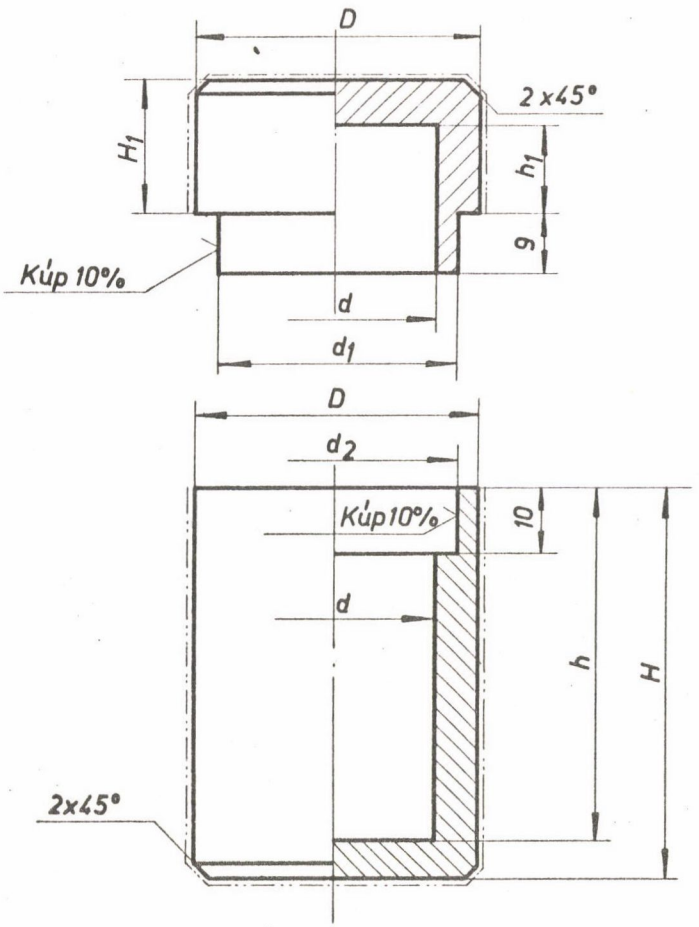
A komplett csomagolást egyszerre négy irányból, 30 percen át, az alábbi feltételek szerint, vizsugárral kell elárasztani:
a vizsugár 2 $\pm$0,3 kp/cm^3 nyomással lépjen ki a fuvókán, kupszöge kilépésekor mérve 35°, a vizcseppek 50%-a pedig 3 - 5 mm átmérőjü legyen;
- minden egyes permetezőfej vizsugár-kapacitásának 230 $\pm$23 l/h-nak kell lenni;
- a vizsugár a vizszinteshez képest 45°-ban 2,4 m-ről irányuljon a csomagra ugy, hogy szögletes csomag esetén a vizsugárkup alapja az átló sikjára essen. A viznek azonnal le kell folynia, a csomag nem állhat vizben.



tipus	D	H	
3 ml	ϕ 10	85	leforr.amp
8 ml	ϕ 22	40,6	liof.üveg
12 ml	ϕ 22	54,5	liof.üveg
18 ml	ϕ 25	59,5	liof.üveg

5. ábra

Liofilizáló üvegek és olvasztással zárható ampulla.



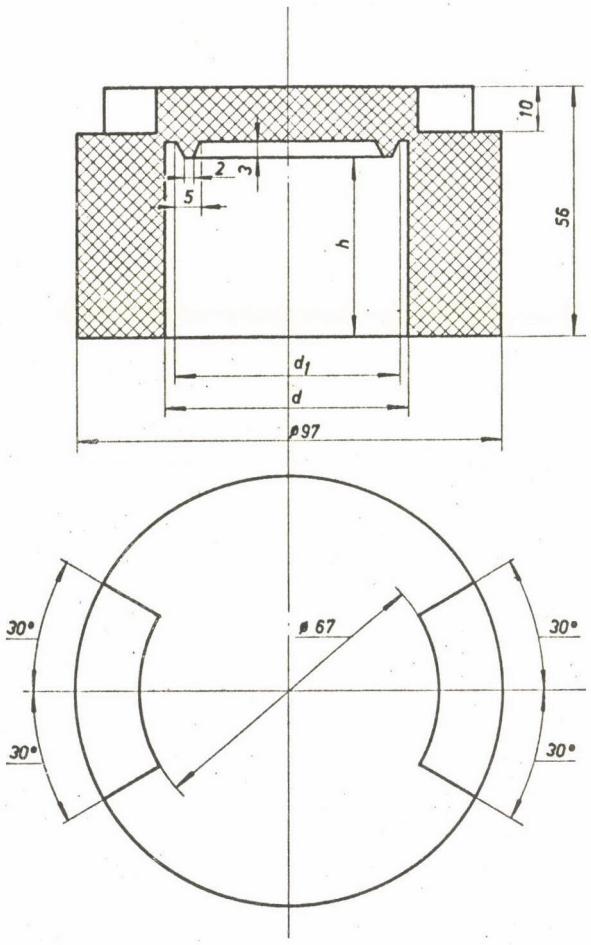
——·——·—— jelzett felületen műanyag bevonat

	d	h_1	h	h + h_1	D	H	H_1	H + H_1	d_1	d_2
KT - 1	ϕ 31,5	54	14	68	$\phi 44^{\pm 0,2}$	$60^{\pm 0,2}$	$20^{\pm 0,2}$	$80^{\pm 0,4}$	$\phi 37^{+0,1}_{0}$	$\phi 38^{0}_{-0,1}$
KT - 2	ϕ 31,5	54	16	70	$\phi 52^{\pm 0,2}$	$64^{\pm 0,2}$	$26^{\pm 0,2}$	$90^{\pm 0,4}$	$\phi 41^{+0,1}_{0}$	$\phi 42^{0}_{-0,1}$
KT - 3	ϕ 31,5	54	17	71	$\phi 62^{\pm 0,2}$	$68^{\pm 0,2}$	$32^{\pm 0,2}$	$100^{\pm 0,4}$	$\phi 45^{+0,1}_{0}$	$\phi 46^{0}_{-0,1}$

6. ábra

KT tipusu ólomtok.

A 8. ábrán látható vizpermetező készülék kielégiti a fenti követelményeket. A szögvasból készült állványon egymásra merőlegesen helyezkedik el, szimmetrikus elrendezésben a 4 db speciális kiképzésü szórófej, amelyet a 9. ábrán külön is bemutatunk, mert méreteiben eltér az ajánlott szórófej konstrukcióitól. A RID előirásai szerint elkészitett szórófejjel nem lehetett a kötelező feltételeket biztositani. A szórófej rögzitése lehetővé teszi a viz-

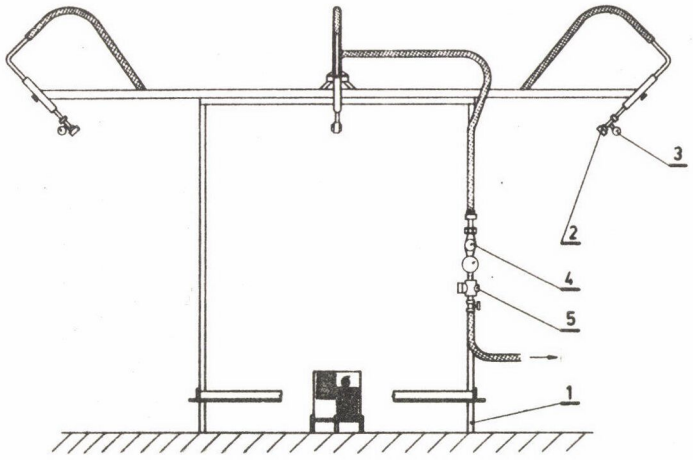


	d	d_1	h
KT - 1	ϕ 46	ϕ 42	37
KT - 2	ϕ 54	ϕ 50	42
KT - 3	ϕ 64	ϕ 60	47

7. ábra

Polisztirol "Hungarocell" lökéstompitó.

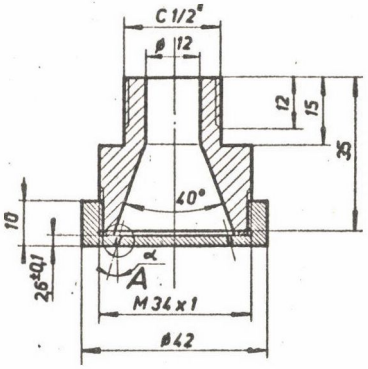
permetezési távolság változtatását. A szórófej vizellátása központi elosztón keresztül, 1/2"-os csatlakozásu áteresztőszelep közbeiktatásával történik. A szórófejből kilépő vizsugár nyomásának mérésére, illetve ellenőrzésére a beépitett 4 db 2,5% pontosságu csőrugós manométer szolgál. A rendszer vizfogyasztását 7 m^3/h kapacitás vizórával lehet ellenőrizni. A viz nyomásának beállitását és állandó értéken való tartását az 1/2"-os csatlakozásu membrános nyomáscsökkentővel biztositottunk.

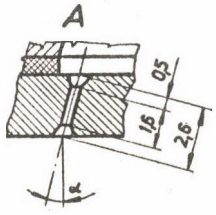


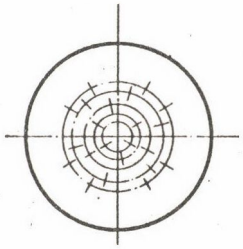
8. ábra

Vizpermetező készülék.

1. állvány
2. szórófej
3. manométer
4. vizóra
5. reduktor



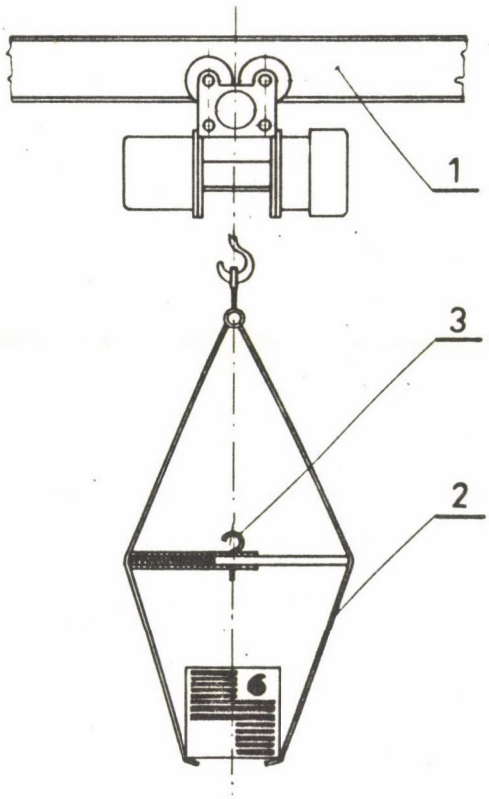




Lyukkör átmérő	Furat átmérő	Dőlés-szög/α/	Furat-szám
ϕ 6	ϕ 0,5	3°	3
ϕ 10	ϕ 0,5	5°	3
ϕ 14	ϕ 0,5	8°	3
ϕ 20	ϕ 0,5	12°	6
ϕ 25	ϕ 0,5	15°	12

9. ábra

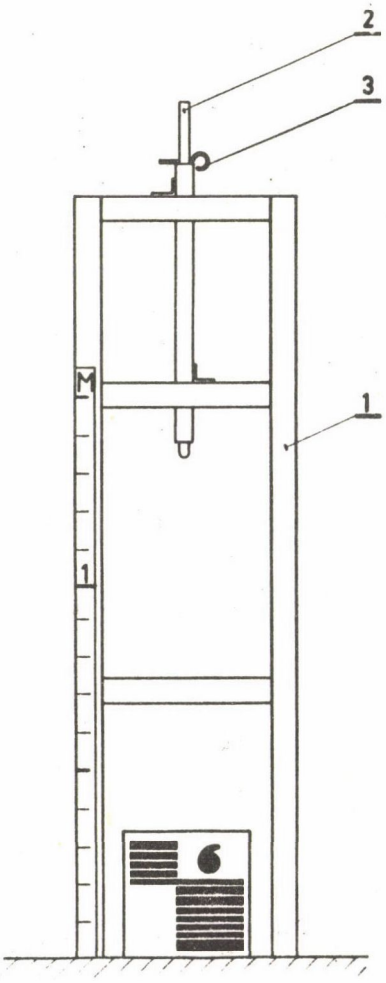
Szórófej.



10. ábra

Ejtőkészülék.

1. villamos futómacska
2. megfogó szerkezet
3. biztositócsap



11. ábra

Átütőszerkezet.

1. állvány
2. acélrud
3. rögzitőcsap

Szabadejtési próba

A vizpermet vizsgálatának alávetett csomagolásmodelleket 1,5 - 2,5 órával az elárasztás után az alábbi feltételek szerint kell ejteni:

- ejtési magasság 1,2 m,
- a céltárgy merev, sima, vizszintes felület legyen,
- a csomagolásnak - a vizsgálandó biztonsági tényezők szempontjából - leejtéskor maximális sérülést kell szenvednie,
- 50 kg-nál kisebb tömegü csomagolás egy külön darabját, 0,3 m-ről valamennyi sarkára kell ejteni.

A próba elvégzéséhez a 10. ábrán látható 3 Mp teherbirásu villamos futómacskára rögzitett megfogó szerkezetet alkalmaztuk, amely lehetővé tette, hogy a modellt sérülésmentesen felemeljük az előirt magasságra, és a biztositó csap kihuzásával a kiválasztott oldallapra vagy élére ejtsük.

Nyomáspróba

A csomagot 24 órán át, saját sulyának ötszörösével, vagy ha az utóbbi nagyobb, 1300 kp/m^2 nyomóerővel kell terhelni.

A nyomáspróba elvégzésére 20 x 360 x 360 mm-es, emelőkapoccsal ellátott acéllapot és ráhelyezett, egyenletesen elosztott ólomtégla tömböket használtunk. Az acéllap tömege az ólomtéglákkal együtt 160 kg, mivel a vizsgált csomag terhelt felülete 0,123 m^2.

Penetrációs /átszurási/ próba

6 kg tömegü rudat az alábbi feltételek szerint ugy kell a nyomáspróbának alávetett csomag leggyengébb felületére ejteni, hogy azon áthatolva, eltalálja a szivárgásmentes biztonsági tartályt,

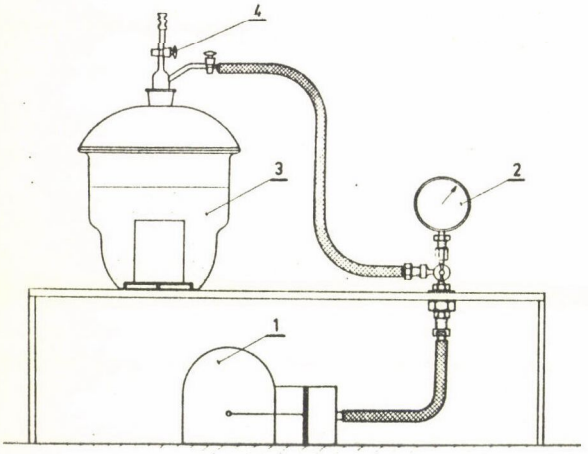
- a rud ejtési magassága 1 m,
- a rud $\emptyset$ 32 mm félgömbszerüen lekerekitett, a céltárgy pedig merev, sima, vizszintes felület legyen.

A 11. ábra szerinti átütőszerkezet állványból és a 6 kg tömegü, fenti követelményeknek megfelelően kiképzett acélrudból áll. A rögzitő csap kihuzása után a rudat a csomag kijelölt felületére lehet ejteni.

A biztonsági tartály zártsági vizsgálata

A biztonsági tartályt /konzervdobozt/ etán-1,2-diol vagy más megfelelő oldatba kell helyezni, és a folyadék felületére ható nyomást legalább 30 másodpercre 360 torr alá kell csökkenteni.

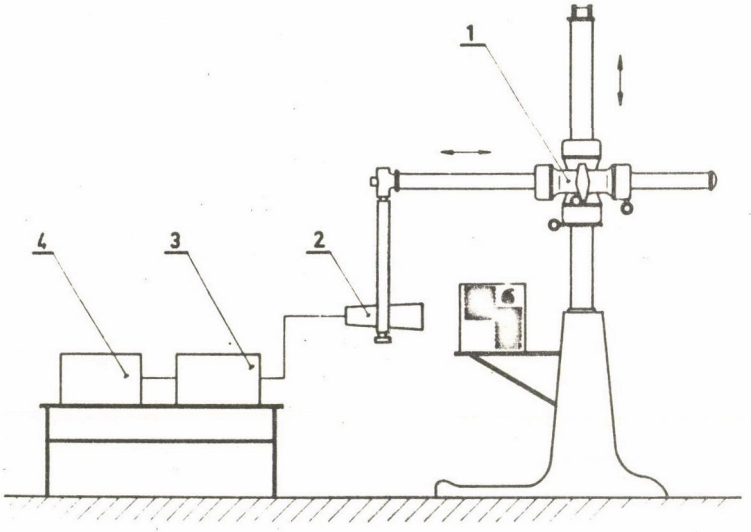
Ha a dobozból - az előző próbák elvégzése után - nem távozik buborék, azt megfelelőnek kell tekinteni.



12. ábra

Légbuborék kamra.

1. vákuumszivattyu
2. vákuummérő
3. exszikkátor
4. vákuumcsap



13. ábra

Mérőkészülék.

1. állvány
2. szcintillációs detektor
3. logaritmikus ratemeter
4. EPP vonaliró

A biztonsági tartály zártságának vizsgálatát a 12. ábrán látható készülék segitségével végeztük el. A készülék Tungsram PB-2 tipusu, 2 m^3/h teljesitményü dugattyus vákuumszivattyuból, mutatós vákuummérőből és 5 liter térfogatu exszikkátorból áll. A vákuumcsap megfelelő beállitásával a folyadék felületére ható nyomást állandó értéken lehet tartani.

Sugárzás elleni védőképesség vizsgálat

^{192}Ir vagy ^{60}Co sugárforrást tartalmazó csomag felületi dózisteljesitmény értékét müszerrel vagy radiográfiai uton ellenőrizni kell. Ha az ismertetett próbák hatására a csomagolásmodell felületén mért sugárintenzitás észrevehető mértékben nem növekedett, a vizsgált csomagolást megfelelőnek kell tekinteni.

A sugárvédőképesség vizsgálatot szcintillációs detektorral / NaI/Tl / végeztük, amely logaritmikus ratemeterhez csatlakozik, és a mért értékeket EPP vonaliró rögzitette. A detektor NZ 117/8 tipusu ólom kollimátorban van elhe-

lyezve, amelyhez ϕ 6 x 60 mm furatu ólomdiafragma csatlakozik. A kollimátorban lévő detektort a 13. ábrán látható mérőfejállványra ugy erősitettük, hogy a detektort különböző irányban lehetett mozgatni, és ezáltal a csomag teljes felületének reprodukálható mérését el lehetett végezni.

Vizsgálati eredmények

Az "A" tipusu csomagra előirt kötelező vizsgálathoz 15 db komplett 003 számu csomagolási modellt használtunk fel, amelyek mind a méretek, mind a kivitelezés módja tekintetében megegyeztek a csomagolási modell gyártástechnológiai utasitásában leirt müszaki követelmények adataival, és megfeleltek az "A" tipusu csomagolással szemben támasztott általános követelményeknek. A radioaktiv sugárzást árnyékoló ólomvédelemként KT-3 tipusu ólomtokot alkalmaztunk, mert ebben az esetben legnagyobb a csomagolás igénybevétele. A sugárvédőképesség ellenőrzéséhez ^{192}Ir zárt sugárforrást helyeztünk a csomagba.

A minősitő bizottság ellenőrizte még az ismertetett készülékek paramétereit is, amelyek szerkezeti felépitésük és méreteik tekintetében megfeleltek a vizsgálati módszerek követelményeinek.

A próbák előtt minden egyes mintacsomag esetén ellenőriztük, illetve megmértük a biztonsági tartály zártságát és felületi dózisintenzitását.

Az ismertetett próbák után végzett ellenőrző mérések alapján megállapitottuk, hogy a távolságvédelmes csomagolási modell - a vizsgálati igénybevételek ellenére is - megőrizte tároló és sugárvédőképességét, kielégitette az "A" tipusu csomagolással szemben támasztott valamennyi követelményt, ezért mint CIM tagállamban tervezett és használt modell, viselheti a H 003 "A" azonossági jelet. Ezt a körülményt az Intézet a Magyar Tudományos Akadémia hivatalos lapja, az Akadémiai Közlöny XX/1971/ évfolyama 3. számában, valamint az Egészségügyi Közlöny XXI/1971/ évfolyama 3-4-5. számában hirdette ki.

\+ + +

A sugárzó anyagok biztonságos szállitásának kiemelt fontosságát, valamint a H 003 "A" tipusu csomagoláskonstrukció megbizhatóságát, tanusitja az Intézetünk gépkocsiját 1971. szeptember 3-án, izotópszállitás közben ért, más jármü hibájából bekövetkezett baleset.

A repülőtér felé kb. 40 km/h sebességgel haladó gépkocsinkba mintegy 30 km/h sebességgel szembehaladó személygépkocsi ütközött. Az összeütközés hatására az izotópszállitó mikrobusz felborult, és nekivágódott egy mellette elhaladó személygépkocsinak. Az összeütközési energia nagyságára a 14. ábra és a 15. ábrán látható sérülésből lehet következtetni.* A szállitókocsin a bale-

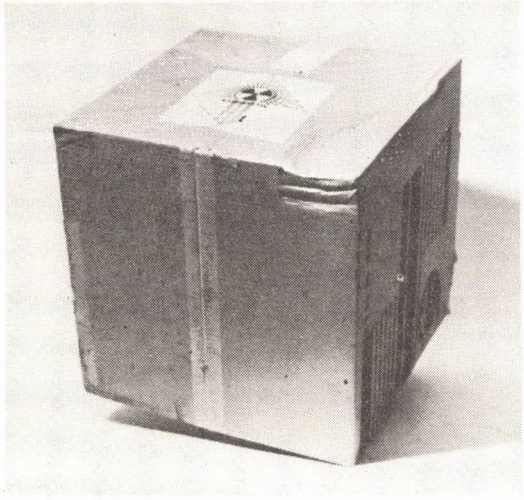
*A szerkesztőség ezuton is köszönetét fejezi ki a BM Budapesti Rendőrfőkapitányságnak a helyszini fényképek rendelkezésre bocsátásáért.



14. ábra
A sérült gépkocsik



15. ábra
Az izotópszállitó mikrobusz
a baleset után



16. ábra
Az izotópot tartalmazó csomag
a baleset után

setkor egy tétel 20 mCi ^{125}I izotópot tartalmazó H 003 "A" tipusu csomag volt, amelynek a távolságvédelmet biztositó külső kartonburkolata a 16. ábrán látható minimális sérülést szenvedte. A sérült csomag részletes ellenőrzésekor bebizonyosodott, hogy az izotópkészitményt tartalmazó üvegampulla sértetlen maradt, a biztonsági tartály megőrizte tárolóképességét, és a csomagolás sugárzást árnyékoló hatása sem csökkent.

IRODALOM

1. A veszélyes áruk vasuti fuvarozására vonatkozó Nemzetközi Szabályzat, MÁV, Budapest, 1967
2. Regulations for the Safe Transport of Radioactive Materials. Safety Series No.6, IAEA, Vienna, 1967.
3. Правила перевозки радиоактивных веществ, СЭВ, 1968
4. Radioizotópok sugárzása elleni védelem MSZ 62-69, 1970
5. Répás L., Golder F. Результаты и опыт испытания упаковочных комплектов типа "А" применяемых в Венгрии. IAEA-SM-147/29, Vienna, 1971.
6. Dixon, F.E., Olley, F.K., Cohev, L.R., Type "A" packaging for liquids and gases. Engineering Support Division A.E.R.E. Harwell, Berkshire, 1968.

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 10. szám

A nitrogén felvételének és megoszlásának vizsgálata ^{15}N-nel jelzett műtrágyával

BÁRTFAI T.NÉ, LATKOVICS Gy.NÉ, MÁTÉ F., VARGA Gy.

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

A növény által felvett talajnitrogén illetve műtrágyanitrogén arányának vizsgálata ^{15}N-nel jelzett ammónium-nitráttal.

Исследования по всасыванию и распределению азота с помощью удобрения, меченного азотом-15
Бартфаи Т., Латкович Д., Матэ Ф., Варга Д.
Измерения с помощью нитрата аммиака, меченного азотом-15, отношения количества почвенного азота к количеству азота удобрения, абсорбированных растениями.

Investigations on the Uptake and Distribution of Nitrogen by Means of a ^{15}N-Labelled Fertilizer
Bártfai T., Latkovics Gy., Máté F., Varga Gy.
Studies on the ratio of soil-originated nitrogen quantities absorbed by plants to nitrogen quantities absorbed from fertilizers making use of ^{15}N-labelled ammonium nitrate.

A klasszikus tápanyagfelvételi kisérletek eredményei nem adnak pontos felvilágositást arra nézve, hogy a növény által felvett talaj, illetve mütrágya nitrogénjének aránya hogyan változik a tenyészidő folyamán. Ezt a kérdést csak nitrogénizotóppal jelzett mütrágyával lehet megközelitően eldönteni.

A kérdés tanulmányozására kisparcellás szabadföldi kisérleteket állitottunk be ^{15}N-nel jelzett nitrogénmütrágyával. Kisérletünknek több célkitüzése volt:

a/ nyomonkövetni a növény egész tenyészideje folyamán a nitrogénmütrágya hatóanyagának utját az egyes növényi szervekben;

b/ megállapitani a mütrágya nitrogénarányát és szerepét a protein-szintézisben;

c/ összehasonlitást tenni az izotóphigitás módszerével és a klasszikus tápanyagmérleg alapján nyert adatok között.

A kisérletet löszön kialakult barna erdőtalajon, 12,6 m^2-es parcellákon három ismétlésben állitottuk be. A kisérleti növény hibridkukorica volt. Mütrágyaként 90 kg/ha hatóanyagnak megfelelő ^{15}N-nel jelzett ammónium-nitrátot használtunk, vetés előtt kiszórva.

A növény fejlődése folyamán négyszer vettünk mintát: bokrosodás, virágzás, tejesérés és teljesérés idején. A növény levél, szár-és csőrészében az összes nitrogént, fehérje-nitrogént, oldható nitrogént, ammónium- és amid-nitrogént, valamint ezen frakciókban a ^{15}N relativ gyakoriságot határoztuk meg. A vizsgálatokat a klasszikus módszerekkel végeztük: mikro-Kjeldahl, triklór-ecetsavas lecsapás, valamint Sachs-módszerével. Az eredményeket szárazanyag százalékra, valamint egy növényre számitottuk.

1. táblázat

A nitrogén megoszlása az egyes nitrogénfrakciókban, sz.a. százalékban.

N-frakciók mintavétel ideje és növényi szervek	összes nitrogén		fehérje-nitrogén		oldható nitrogén	
	kezelések					
	∅	N	∅	N	∅	N
levél:						
VII. 29.	1,57	2,43^{x}	1,30	2,01^{xxx}	0,26	0,38^{xxx}
VIII.16.	1,11	1,95^{x}	0,82	1,65^{xx}	0,20	0,30^{xxx}
IX. 14.	1,00	1,15^{x}	0,77	0,91^{x}	0,18	0,22^{x}
X. 21.	0,68	0,89^{x}	0,53	0,62^{x}	0,15	0,25
szár:						
VII. 29.	0,68	0,89^{xx}	0,46	0,61^{xx}	0,19	0,26^{xx}
VIII.16.	0,34	0,42^{x}	0,21	0,30^{xx}	0,07	0,08^{x}
IX. 14.	0,31	0,33	0,24	0,26	0,08	0,08
X. 21.	0,34	0,34	0,18	0,22	0,10	0,10
mag:						
VIII.16.	1,36	1,44	0,75	0,80	0,52	0,54
IX. 14.	0,86	1,10^{x}	0,77	0,97^{x}	0,10	0,10
X. 21.	0,92	1,06^{x}	0,77	1,01^{xx}	0,08	0,08

nitrogéntöbblet

$SzD_{0.1\%}$ xxx

$SzD_{1\%}$ xx

$SzD_{5\%}$ x

Az 1. táblázat feltünteti a kontroll és trágyázott növények egyes részeiben az összes nitrogén, fehérje-nitrogén és oldható nitrogén %-os mennyiségeit, szárazanyagban kifejezve, a növény fejlődése folyamán.

A levél és a cimer nitrogéntartalma a vegetációs periódus alatt mindvégig

csökkent, a szárban és csőben azonban a második mintavétel után lényegileg nem változott. Az egyes mintavételi időpontokban nincs minden esetben szignifikáns nitrogénhatás, azonban a mintavételi időpontok átlagában nézve a trágyázás hatásaként szignifikáns gyarapodás mutatkozik minden egyes növényi részben. A fehérje és oldható nitrogén %-os értékei hasonló eredményt mutatnak.

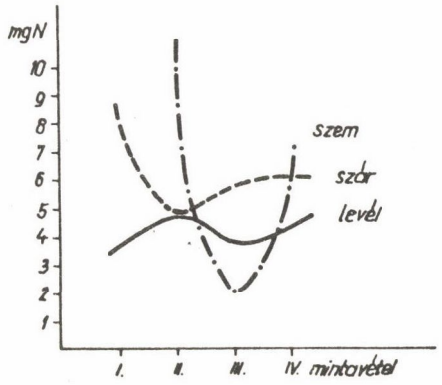
A trágyából felvett nitrogén mennyiségére vonatkozó adatokat - 1 db átlagnövény szárazanyagtömegére számítva - a 2. táblázatban foglaltuk össze. Összehasonlitás végett feltüntettük egymás mellett az izotóphigitás módszerével, valamint a különbség /N - Ø/ alapján számitott értékeket.

2. táblázat

Trágyából származó N.mg/1 növény

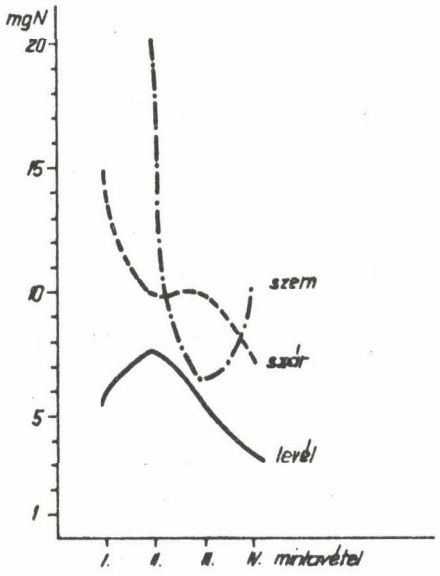
I. Izotópindikáció módszerével
II. Különbség alapján /N - Ø/ számitva

N-frakciók mintavétel ideje és növényi szervek	összes nitrogén		fehérje-nitrogén		oldható nitrogén	
	számitási módszer					
	I	II	I	II	I	II
levél:						
VII. 29.	367	334	301	290	53	52
VIII.16.	349	396	311	346	54	48
IX. 14.	142	106	115	103	25	26
X. 21.	97	55	83	45	26	21
$SzD_{5\%}$	99					
szár:						
VII. 29.	199	209	121	197	56	87
VIII.16.	167	164	103	118	21	29
IX. 14.	99	70	66	72	15	17
X. 21.	104	103	70	61	22	26
$SzD_{5\%}$	34					
mag:						
VIII.16.	227	221	122	138	88	99
IX. 14.	245	249	213	193	15	20
X. 21.	402	346	350	406	22	21
$SzD_{5\%}$	161					



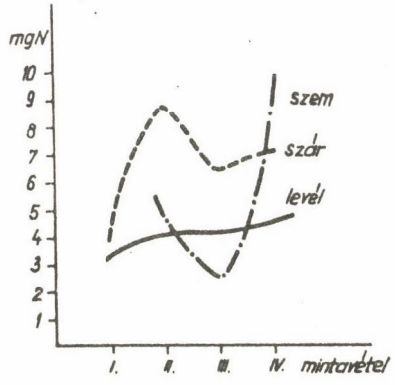
1. ábra

Ammónium - nitrogén a kontrollnövényben, mg/l növény.



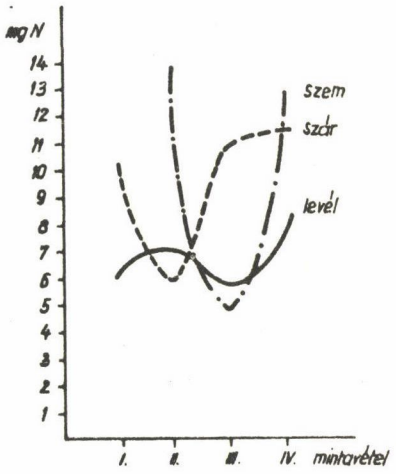
2. ábra

Ammónium - nitrogén a trágyázott növényben, mg/l növény.



3. ábra

Amid - nitrogén a kontrollnövényben, mg/l növény.



4. ábra

Amid - nitrogén a trágyázott növényben, mg/l növény.

4. táblázat

Fehérjenitrogén az összes nitrogén százalékában.

növényi szervek	kezelés	mintavétel ideje			
		VII.29.	VIII.16.	IX.14.	X.21.
levél	∅	82,8	73,9	77,0	77,0
	N	82,3	84,6	79,1	79,7
	trágya	82,0	89,0	81,0	85,5
szár	∅	68,7	61,8	77,4	52,9
	N	68,5	71,4	74,3	65,0
	trágya	65,0	61,7	66,0	67,0
mag	∅	-	57,0	79,3	83,7
	N	-	55,8	76,0	95,3
	trágya	-	56,0	86,9	86,0

A trágyahatásként mutatkozó erőteljes fehérjeszintézist az oldható nitrogénvegyületek csökkenése követi. Az oldható szerves nitrogénvegyületek közül az elsődleges aminosav-szintézisben betöltött szerepük folytán, az ammónia- és amid-nitrogénnek van jelentősége a fehérjeképzésben. Ezek mennyiségi változásait regisztráltuk grafikusan a kontroll és a kezelt növények fejlődése folyamán.

Az amidok nitrogéntároló képessége - beleértve a fölös mennyiségü ammónia megkötését is - határozottabban mutatkozik a nitrogénnel bővebben ellátott növényeknél /4. ábra/. A tenyészidő első szakaszában bekövetkező nagymértékü amidfelhalmozódás után, később - a fokozódó fehérjeszintézis idején - ezen vegyületek csökkenése következik be. A maximumok, illetve minimumok az egyes növényi szervekben, a fejlődés különböző fázisaira esnek, jellemzően az illető szerv nitrogénanyagcserében betöltött szerepére.

A kisérleti eredmények alapján a következőket állapithatjuk meg:

A számadatok szerint a vizsgált növény nitrogénmérlege a vegetációs periódus alatt a normális képet mutatta. A nitrogénmaximum az első két mintavétel idejére esik, amelyet az erőteljes szárazanyag-gyarapodás és a virágzási periódus fokozott nitrogénigénye jellemez. A továbbiakban a nitrogénszint csökken vagy stagnál.

A növény által felvett összes nitrogén mennyiségét a trágyázás megbizhatóan fokozta. A többlet szignifikánsan növelte a fehérjeértékeket is.

A trágyából származó nitrogén különböző százalékban oszlik meg az egyes növényi részekben és nitrogénfrakciókban.

Az összes nitrogén százalékában kifejezett adatok feltüntetik külön a trágyából származó nitrogénnek a fehérjeképzésre forditott hányadát. Ezek szerint a kezdeti fejlődési stádiumban ugyanolyan százalékban használja fel a növény a trágyából származó nitrogént a fehérjeszintézisre, mint a talaj nitrogénjét. A továbbiakban az arányszám növekedik a trágyanitrogén javára.

A felvett nitrogénmütrágyából származó részét az izotóphigitás módszerével, valamint a kezelt és kontrollnövényekben mért különbség alapján is kiszámitottuk. Az izotóphigitással kapott adatok megbizhatósága jobb.

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 10. szám

A felületi dóziseloszlás meghatározása és annak jelentősége az integráldózis kiszámitásában

BOJTOR I., VÁRTERÉSZ V., ILLÉS Á., KOCZKÁS GY., LUZSA GY.*

Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézet, Budapest

*Városi Kórház, Mosonmagyaróvár

Röntgendiagnosztikai vizsgálatok közben a testfelület egyenlőtlen dóziseloszlásu besugárzást kap, és ezt az integráldózis kiszámitásánál célszerü figyelembe venni.

Определение распределения поверхностной дозы и его значение при вычислении интегральных доз
Бойтор И., Вартерес В., Иллеш А., Коцкаш Д., Лужа Д.
При рентгено-диагностических исследованиях распределение дозы на поверхности тела неравномерно, которое целесообразно учесть при расчете интегральной дозы.

Determination of the superficial dose distribution and its significance for the integral dose calculations
Bojtor I., Várterész V., Illés Á., Koczkás Gy., Luzsa Gy.
During X-ray diagnostics the body surface is exposed to non-uniformly distributed X-rays. This should be taken into account when calculating integral dose.

A diagnosztikai röntgenvizsgálatok jelentős szerepet játszanak a medicinális sugárterhelésben. A kiváltott biológiai hatás értékeléséhez szükséges a kritikus szervekben elnyelt dózis ismerete. Ez a legjobb esetben is fantommérésekkel és az ezeket követő számitással közelithető[11,13].

Biológiailag hasznos információt nyujt az integráldózis ismerete. Diagnosztikai röntgenexpozició esetén az integráldózis meghatározása különösen fontos lehet, mivel általában a test jelentős felületét éri a nyaláb, amely által a leirt felület folytonosan változik[2]. Ebből következik, hogy egyenlőtlen dóziseloszlásu besugárzás esetén egy V térfogatban a ΔV_1, ΔV_2, ... ΔV_n térfogatokra vonatkozó integráldózis nem egyenlő. Ennélfogva a kritikus szervekben létrejövő biológiai hatás értékeléséhez célszerübb lenne, ha a közepes térfogatdózis helyett a szervet magában foglaló térfogatra vonatkozó integráldózist vennénk figyelembe.

A felületi dózis kiszámitása egyenlő és egyenlőtlen eloszlás esetén

Valamely S felületü, d vastagságu V térfogatban elnyelt dózis a következő egyenlet alapján számitható ki:

$$D.V = \frac{\mu}{\varrho} R_u.S \qquad /1/$$

A kifejezésben D az átlagos elnyelt dózis /térfogategységre vonatkozóan/, $\frac{\mu}{\varrho}$ a tömeggyengitési együttható, R_u a felületegységre eső expozició. Az egyenlet általában akkor ad reális megoldást, ha az egész S felület egyenletesen besugárzott, továbbá az anyag homogén /pl. testszövet/ és a sugárnyaláb beesési iránya a felületre merőleges. A szórtsugárzás korrekciós tényezővel figyelembe vehető[9,15].

Tekintsük a továbbiakban a $D_S = R_u.S$ szorzatot. Ez nem más, mint a felületi beeső dózis /$R.cm^2$/, amelyből az integráldózis kiszámitható /1/. A felületi beeső dózis könnyen meghatározható, ha a felületre egyenlő dóziseloszlásu sugárzás esik, mert ekkor bármely $\Delta s = \Delta x.\Delta y$ felületelemen, ionizációs kamrával mért R expozició esetén érvényes:

$$R_u.\Delta s_i = R_u.\Delta s_k$$

és igy:

$$R_u.S = R_u \sum_1^n \sum_1^m \Delta x_i.\Delta y_k \qquad /2/$$

ha az x-y-tengellyel párhuzamosan, egyenlően osztva fel a felületet, négyszögelemeket választunk. Ez esetben tehát a felületi beeső dózis kiszámitásakor elegendő lenne az R_u expoziciót mérni.

Gyakorlatilag azonban a dozimetriai problémák megoldásakor a beeső dózis már a felületen sem egyenlő eloszlásu, vagyis:

$$R_i.\Delta s_i \neq R_k.\Delta s_k \qquad /3/$$

ami abból adódik, hogy $R_i \neq R_k$.

Tegyük fel, hogy a sugárzás kvalitása adott, akkor a felületen a dózis pontról pontra változva, a hely folytonos függvényeként az R/x,y/ függvénnyel irható le. Ez azt jelenti, hogy D_S előbbi kifejezése igy módosul:

$$D_S = \int_S R/x,y/\, dS \qquad /4/$$

Ez a körülmény két problémát vet fel. Egyrészt, a dóziseloszlás megállapitása a felület minden pontján való mérést jelentene, ami ebben a formában kivihetetlen. Másrészt, az R/x,y/ függvény egyszerü analitikai függvénnyel általában nem irható le, s igy a kettős integrál kiszámitása bonyolult feladat. Az egyenlőtlen eloszlásu felületi dózis meghatározására két mód kinálkozik:

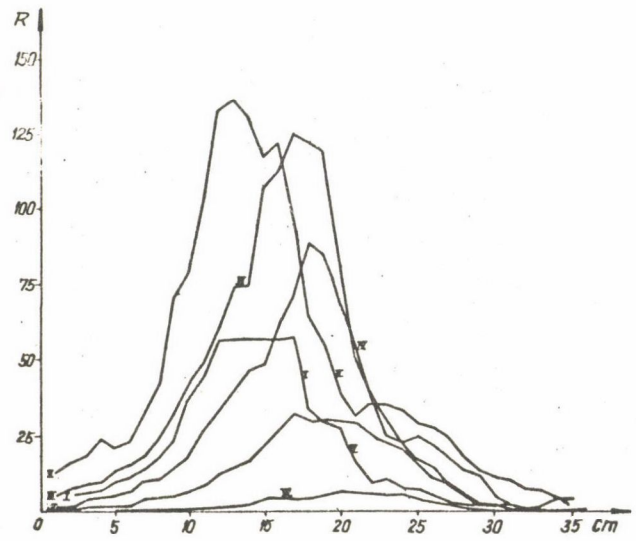
1. nagy felületü ionizációs kamrával való mérés, amely a felületi integrálást elvégzi[12,15],
2. nagy felületü filmmel felvenni a dóziseloszlást, és igy az R/x,y/ függvény közelitő módszerrel integrálható[5].

A felületi dózis kiszámitása és a dóziseloszlás meghatározása nagy felületü filmmel

Az ismert, nagy felületü ionizációs kamrával rendelkező diagnosztikai dozimeter mellett a filmes módszer is alkalmas a diagnosztikai sugárexpozició meghatározására[3,4,8,10,14].

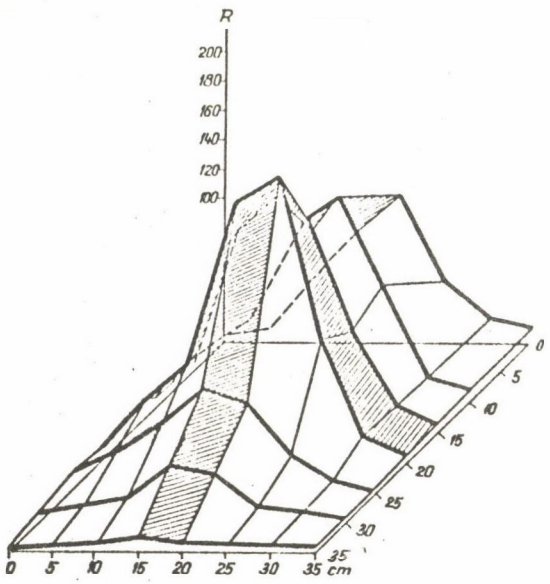
Intézetünkben nagy felületü filmes módszert dolgoztunk ki, amelynek lényege a következő[6,7]. A 35 x 35 cm-es filmet a vizsgált személynek a testére erősitve kell viselni, a sugárforrás felől nézve a belépő oldalon, a röntgendiagnosztikai vizsgálat alatt. A film kiértékelésére Algol nyelvü számitógépprogramot dolgoztunk ki, amely során a grafikusan ábrázolt R/x,y/ függvényt közelitő módszerrel integrálva kiszámitottuk a felületi beeső dózist R.cm^2-ben. A felületi dóziseloszlást leiró R/x,y/ függvény grafikus ábrázolása az 1. ábrán látható. A dóziseloszlást egy nagy felületi film 25 gyomorvizsgálat közbeni exponálása alapján adtuk meg. Az x- és y-tengelyen a film mérete látható cm-ben, az R-tengely az x- és y-koordinátákhoz tartozó expoziciót tünteti fel. A dóziseloszlást leiró függvény ily módon egy felülettel jellemezhető.

A felületi dózis grafikus integrálással való kiszámitásához ad közelitést az R/x,y/ függvénynek egyváltozós függvénnyé való alakitása[6]. Ez egyszerüen ugy történhet, hogy az exponált filmet olyan sávokra osztjuk, amelyeken belül a függvény csak az egyik koordinátával változik, igy az egész filmre vonatkozó felületi dózist ezen integrálok összege adja. A megfelelő sávok kiválasztására nézve egy ε-homogenitási határérték definiálható, amelynek előirt értékén belül a sávra vonatkozó eloszlási függvény egyváltozós függvénnyel ábrázolható. A 2. ábra az előbbiek értelmében 6 eloszlási görbét mutat, a film 6 sávjára vonatkozóan. Az egyváltozós függvények grafikusan integrálhatók.



1. ábra

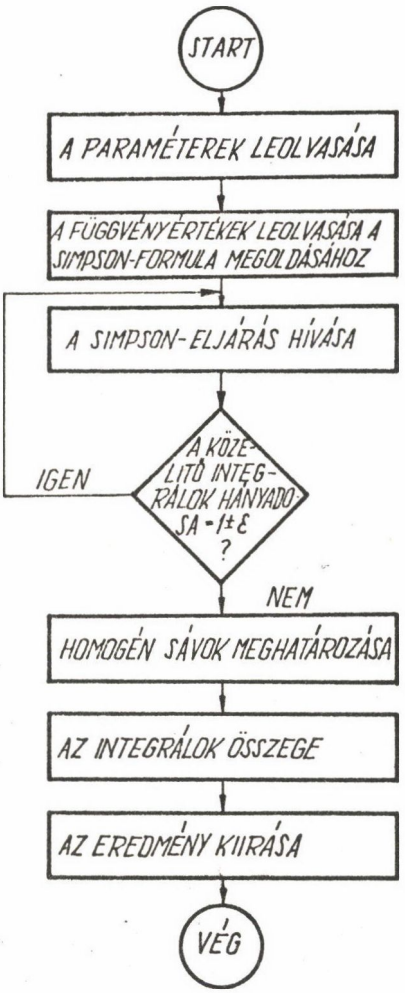
A felületi dóziseloszlás R/x,y/ függvénye.



2. ábra

Eloszlási görbék.

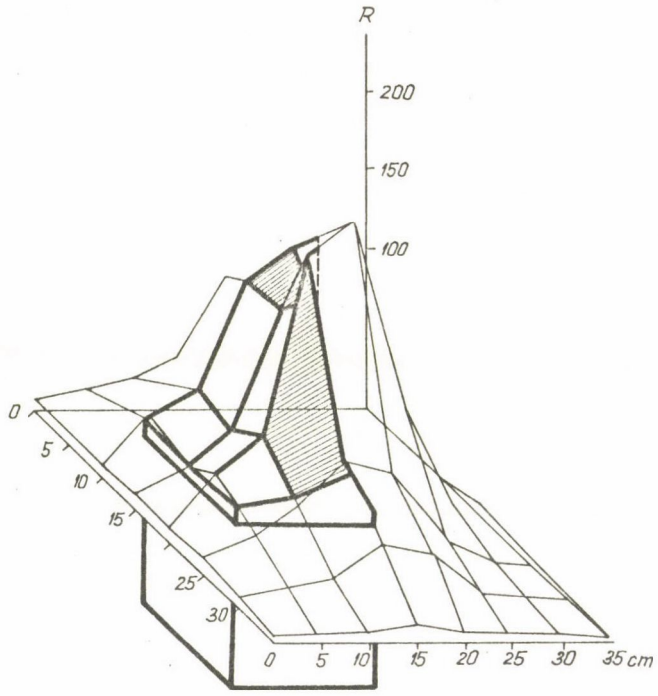
A 3. ábra a számitógépi program főbb lépéseit tartalmazza, amely az emlitett fázisok figyelembevételével a felületi dózis kiszámitására alkalmas.



3. ábra

A felületi dózis kiszámitására szolgáló számitógépi program főbb lépései.

Nyilvánvaló, hogy egyenlőtlen dóziseloszlás esetén valamely kritikus szervet magában foglaló térfogatrész integráldózisának kiszámitásakor az azt boritó felületen a dózist külön kellene meghatározni. Ennek illusztrálására a 4. ábrán a kétváltozós függvénnyel ábrázolt felületi dóziseloszlásnak egy felületrészre eső képét mutatjuk be, amely - egyenlőtlen eloszlás esetén - az ábrán kimetszett dV térfogatra vonatkozó integráldózis kiszámitásának alapja lehet. Látható, hogy az egész felülethez tartozó V térfogat integráldózisának kiszámitása pontosabban történhet, ha az egyes felületrészekre eső eloszlás ismeretében az integráldózist - az /1/ kifejezés jelölésével - a $dD_1 + dD_2 + \ldots + dD_n$ összegből állitjuk elő.

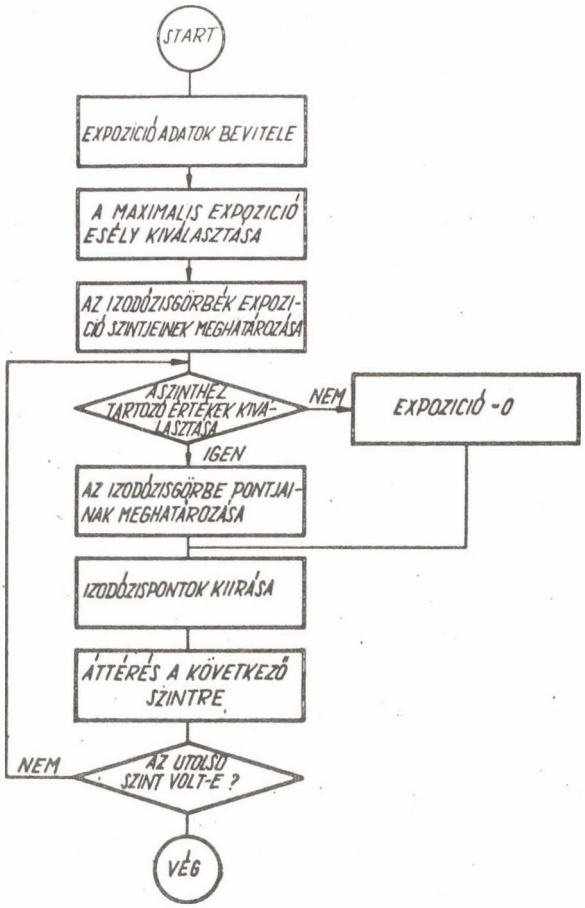


4. ábra

Felületi dóziseloszlás egy felületrészre eső képe.

A következőkben a felületi dóziseloszlást izodózis görbékkel mutatjuk be, mellkas; gyomor-és irrigoskopia-diagnosztikai vizsgálatok esetén. A kisérletet ugy végeztük, hogy a rutin vizsgálatok közben a vizsgált személyek egy-egy filmet mellkasvizsgálatnál 400, gyomor és irrigoskopia esetén 25 esetben viseltek a "belépő" oldalon. Ilyen módon az egyes vizsgálattipusokra - azonos metodika esetén - megkapható a rá jellemző felületi dóziseloszlás. Ennek alakja az egyedi vizsgálatokat tekintve némiképp eltérhet egymástól, részint a testalkatnak, részint a diagnózisnak megfelelően. Ugy véljük azonban, hogy mivel a diagnosztikai vizsgálatok a személyek nagy számát érintik, igy a vizsgálatok közben kapott sugárterhelés szempontjából a felületi dóziseloszlás a "standard man" és a sok expozició átlagolása alapján elemezhető. Azonos vizsgálati módszer esetén ugyanis - mint emlitettük - az eloszlási görbék alakjában az eltérő diagnózis jelenthet különbséget. Sok személy összegezett expoziciója alapján felvett izodózis görbéknél azonban e különbségek mintegy kiegyenlitődnek, ezért a sugárexpozició jellege és nagysága szempontjából a görbék értékelhetők. Igy, mivel egy vizsgálattipuson belül a metodika lényegében azonos, feltehető, hogy a felületi dózis "felület"-faktora az egyes esetekben gyakorlatilag alig változik, ellentétben a "dózis"-faktorral, amelyet több körülmény is befolyásolhat. Ennek alapján egy vizsgálattipusnál az adott felületre vonatkozó dóziseloszlás sok eset alapján való meghatározása jogosnak látszik. Másfelől viszont, ha például a diagnózis befolyását vizsgáljuk a görbék alakjára, akkor egy-egy eset expozicióját tartalmazó film eloszlási görbéit célszerü felvenni; e módszer éppen az eltérésekre érzékeny /pl. blendenagyság, tumor helyzete stb/.

A filmeken 900 ponton mért feketedés alapján, Algol nyelvü számitógépi programmal vettük fel az izodózis görbéket. Az 5. ábra a program vázlatát mutatja. Az egyes izodózis görbéket különböző szinteken vettük fel. A görbék 10 - 30% eltérésen belül ábrázolják az adott expoziciószintnek megfelelő régiókat. Vagyis például az 500 és a 600 R-es görbe által körülzárt területen mindenütt 500 ± 50 R pontok találhatók.



5. ábra

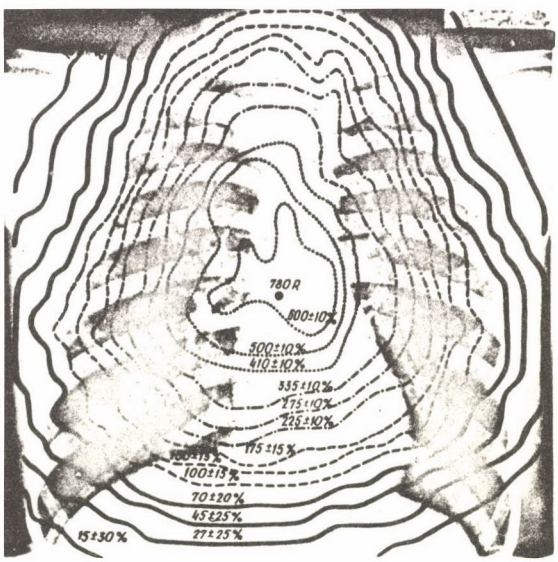
Izodózis görbék felvételére szolgáló számitógépi program főbb lépései.

Mellkasvizsgálat /6. ábra/: a legnagyobb dózisterhelés a középárnyékban alakul ki. Ez részben nehezen kerülhető el, de a vizsgálati módszer tökéletesitésével valószinüleg csökkenthető. Jelentőségét az adja, hogy a háti csigolyák beleesnek a magas szintü régiókba, ez a körülmény a csontvelő terhelés szempontjából érdemel figyelmet. Elég jelentős terhelés éri természetesen a sternumot és a bordákat is. Érdekes, hogy a pajzsmirigy felső pólusa is megkapja a maximális terhelés 1/8-ad 1/6-od részét.

A felületi izodózis görbéket a megfelelő testtájékról készitett röntgenfelvételen ábrázolva, a 6., 7. és 8. ábra szemlélteti. Ily módon alkalom nyilik arra, hogy az eloszlásokat, illetve a görbék által kifejezett sugárexpozició-szinteket a testrészekkel összefüggésben értékeljük. A görbéknek ilyen módon való ábrázolása azonban korántsem jelenti azt, hogy a felületi eloszlások lineárisan átvihetők a test belsejében elhelyezkedő szervekre, hiszen a görbék alakját és a kvantitativ értékeket ez esetben számos hatás módositja, amelyeket éppen az integráldózis kiszámitásakor kell figyelembe venni.

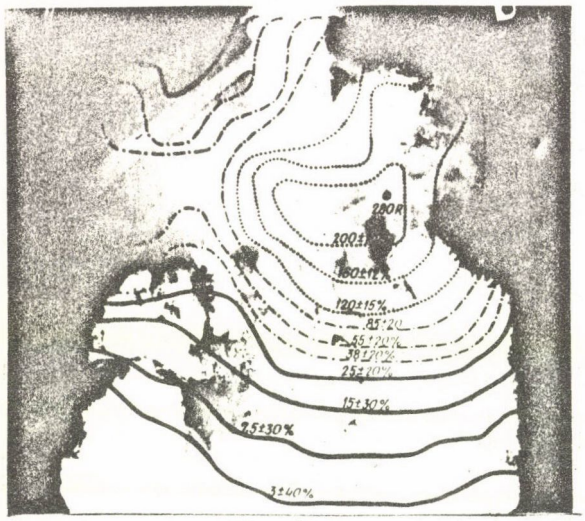
Az eloszlási görbék értékelése

A különböző diagnosztikai vizsgálatok során felvett izodózis görbék főleg a következő megállapitásokra adnak lehetőséget.



6. ábra

Felületi izodózisgörbék mellkasvizsgálatnál.

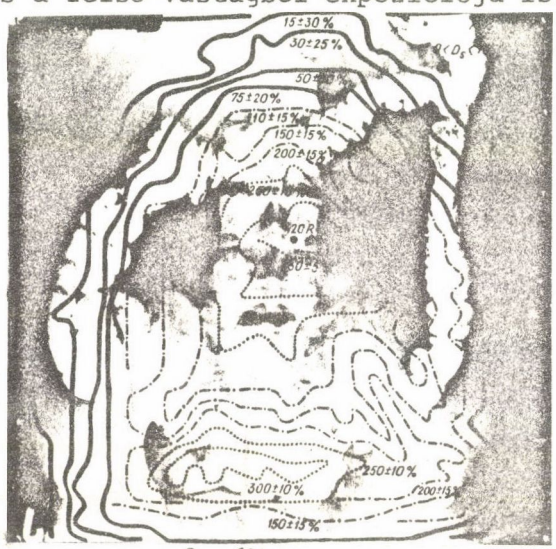


7. ábra

Felületi izodózisgörbék gyomorvizsgálatnál

Irrigoskopia /8. ábra/: érdekesen alakultak az izodózis görbék; két maximummal. Szintén jelentős csontvelőterhelés figyelhető meg, de előtérbe kerülnek a gonádok. Nőknél nagy ovarium direkt terhelés alakul ki, de férfiaknál is kaphatnak a gonádok - különösen nem jó technika mellett - direkt dózist.

Gyomorvizsgálat /7. ábra/: a legnagyobb dózisterhelés ugyancsak a test középvonala közelébe, tehát a csigolyákra esik. Jelentős terhelést kapnak az alsó bordák is, vagyis a csontvelő terhelés kerül előtérbe. Ehhez járulhat a csipőcsontok viszonylag kisebb terhelése. Jó technika esetén nőknél is aránylag kis direkt terhelés éri a gonádokat. Férfiaknál a gonádok tulnyomóan szórtsugárzásból eredő dózist kapnak. Szembetünő a máj és a felső vastagbél expoziciója is.



8. ábra

Felületi izodózisgörbék irrigoskópiánál

A különböző röntgenvizsgálati módszereknél felvett felületi dóziseloszlások eltérő jellege különösen felhivja a figyelmet arra, hogy az egyes vizsgálatok során kapott sugárexpozició a test melyik részére koncentrálódik. A kapott eredményekkel is hangsulyozni kivánjuk a felületi dózis mérésének jelentőségét a vizsgált személy dózismeghatározásának módszerei között.

A felületi dóziseloszlás ábrázolása ugy is interpretálható, mint a besugárzási dózis /diagnosztikai értelemben vett/ "képe" a felületen. Ebből a szempontból a felületi izodózis görbék alapján az exponált testfelület különböző zónákra osztható. A nem egyenletesen besugárzott felület dóziseloszlásának ismerete több szempontból is fontos lehet:

1. módot nyujt a térfogati dózis pontosabb kiszámitására; az izodózis görbék szerint ugyanis a /3/ egyenlőtlenségben - adott hibahatáron belül - $R_i = R_k$, vagyis a felületi dózis kiszámitása a különböző görbék által határolt területek kiszámitására korlátozódik.

2. A dóziseloszlás ismerete elősegiti a jobb sugárvédelem kialakitását, mivel világosan megrajzolja az esetleg feleslegesen besugárzott felületet, amit például a szükségesnél nagyobb blendehasználat következtében ért sugárzás.

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 10. szám

Nagy γ-intenzitások mérési módszereinek összehasonlitása II.

PAVLICSEK I., STENGER V., CSÜRÖS M., LAKOSI L., VERES Á.

MTA Izotóp Intézete, Budapest

A fotoaktivációs és szilicium félvezetős mérések ismertetése után ezeket összehasonlitják az I. részben ismertetett ionizáció kamrás, kalorimetrikus és kémiai dozimetriai módszerrel.

Сравнение методов измерения высоких интенсивностей γ-излучения. II.
Павличек И., Штенгер В., Чюреш М., Лакоши Л., Вереш А.
После изложения измерений, сделанных методом фотоактивации и кремниевыми детекторами дается сравнение этих методов с публикованными в первой части статья методами ионизационных камер, калориметрии и химической дозиметрии.

A Comparison of Methods for Determining High Gamma-Intensities. II.
Pavlicsek I., Stenger V., Lakosi L., Veres Á.
After giving an account on photoactivation and silicon semiconductor measurements a comparison of these methods with those of ionization chamber, calorimetry and chemical dosimetry, published in the first part of the paper, is made.

A közlemény I. részében ismertettük az ionizációs kamrákkal, kalorimetrikus és kémiai dozimetriai mérési módszerekkel elért eredményeinket. A cikk további részében a fotoaktivációs és Si-félvezetős mérések ismertetése után összehasonlitást végzünk a két közleményben emlitett mérési eredmények és a számitott értékek alapján.

4. Mérések fotoaktivációs detektorokkal

A radioaktiv források által kibocsátott és Compton-szóródott γ-kvantumok egy csekély hányada nukleáris effektusokat is létrehoz. Az alkalmas targetmag bizonyos, un. aktivációs nivóin a nivóenergiával megegyező energiáju szórt γ-kvantumok ugyanis rugalmatlan rezonanciaszórást szenvedhetnek. Ennek révén a targetmag viszonylag hosszabb felezési idejü, metastabil állapotba juthat, és a keltett izoméraktivitás révén jóval a besugárzás után kimutatható lesz [15-17]

A ^{60}Co γ-sugaraival előállitható, 1 s-nál hosszabb felezési idejü izomérmagok közül a viszonylag nagy hatáskeresztmetszet, elég hosszu fele-

zési idő és az előfordulási izotóparány alapján különösen az $^{115}In^{m}$ és $^{111}Cd^{m}$ használható nagy γ-intenzitások mérésére[18].

Az izomér aktiválási hatáskeresztmetszetek ismeretében a primér sugárzás fluxusa az alábbi összefüggés alapján számitható:

$$\Phi = \frac{IA/\alpha+1/}{Na\eta\sigma} \qquad /6/$$

σ - az aktivációs hatáskeresztmetszet,
I - a telitésig aktivált target 1 g-jára vonatkoztatott és közvetlenül a besugárzás után mérhető időegységre eső beütésszám,
A - a minta atomsulya,
N - az Avoqadro-szám,
a - az izotóparány,
α - a belső konverziós együttható,
η - a mért γ-sugárzás detektálási hatásfoka.

A mérendő dózisteljesitmény és a γ-fluxus közötti összefüggést a következő alakban irhatjuk fel:

$$\Phi = \frac{3,7.10^{7}k}{4\pi\ K_{\gamma}}\ P \qquad /7/$$

k - az egy bomlásra eső primér fotonok száma,
K_{γ} - a dózisállandó $\left[\frac{Rcm^2}{hmCi}\right]$,
P - a dózisteljesitmény [R/h],

Ezek alapján a dózisteljesitmény a

$$P = \frac{4\pi\ K_{\gamma}}{3,7.10^{7}k} \cdot \frac{IA}{Na}\ \frac{\alpha+1}{\eta\sigma} \qquad /8/$$

összefüggés alapján meghatározható.

A sorozatmérésekhez azonban - elvi és gyakorlati okokból is - a fenti eljárás helyett relativ módszert inkább érdemes alkalmazni. Ugyanis az izomér aktiválási hatáskeresztmetszet - amit a primér γ-sugárzásra vonatkoztatunk - a besugárzási geometria, továbbá a forrás- és targetvastagságok függvénye[19]. Miután igy a különböző mérési elrendezésekre méréssel vagy számitással a σ-t amugy is meg kellene határozni, célszerübb ehelyett egy adott sugárforrásra és mérési elrendezésre közvetlenül a mért beütésszámokra kalibrációt végezni. Eközben feltesszük, hogy a mérendő sugárzási térben a különböző helyeken a sugárzás spektruma azonos. A fenti megszoritással a fotoaktivációs detektor szolgáltatta beütésszám aktivitásmérésre vagy megfelelő referencia választásával dózisteljesitmény megha-

tározásra alkalmas abszolut módszer.

A relativ mérési módszer folytán, továbbá ha a mérés folyamán mindvégig azonos tömegü és méretü In,- illetve Cd-detektorokat használunk, a targetbeli abszorpciót nem szükséges figyelembe venni. A kalibráció által ennek hatása ugyanis kiesik.

Előnyei a fotoaktivációs módszert nagy sugárintenzitások mérésére különösen alkalmassá teszik. Ezek közül a legfontosabbak:

a/ A detektálási kölcsönhatás nukleáris jellege következtében hőmérsékleti effektus nincs, szemben például a félvezető detektorral vagy kémiai doziméterrel.

b/ Sugárkárosodás vagy egyéb minőségromlás, maradó aktivitás a többszöri felhasználás folyamán sincs, ami korlátlan ujra felhasználhatóságot jelent, szemben például a félvezető detektorokkal, vagy kémiai doziméterrel.

c/ A fotoaktivációs detektorok kis méretekben és tetszőleges alakban készithetők, ami lehetővé teszi a dózisterek lehető legfinomabb letapogatását.

d/ A levegő ionizációs kamrák 10^5 R/h, a legtöbb kémiai doziméter 10^9 R/h felett már nem használható. Ilyen extrém nagy sugárzási terek mérésére - elsősorban a nagyteljesitményü gyorsitóknál - csak egy-két speciális módszer, közöttük éppen a fotoaktivációs, alkalmazható.

A fotoaktivációs detektorok alkalmazásának hátránya a viszonylag kis érzékenység, az információ hosszabb időre való tárolhatatlansága /a felezési időhöz képest nem nagy késéssel ki kell értékelni/, a besugárzás és a mérés viszonylag hosszabb időtartama. Ez utóbbiak rövid felezési idejü izomérek használatával kiküszöbölhetők ugyan, ebben az esetben viszont csőposta alkalmazása válik szükségessé. Dózisteljesitmény-mérésnél hátránya továbbá a már emlitett nagyon szük érzékenységi energiasáv.

Ha egy adott mérési pontban kalibráljuk a rendszert, az arra a pontra jellemző spektrális összetételü sugárzásra nézve a rendszer helyesen mér. A távolság vagy a geometria változtatásával azonban a sugárzás spektrális összetétele változhat, ami hibát vihet a mérési eredménybe. A Cd- és In-fotoaktivációs detektorok választása ilyen szempontból is szerencsésnek mondható, mert a spektrális összetétel változása a Cd- és In-beütésszámarányok megváltozását is maga után vonja, minthogy az aktivációs nivók egy-

mástól viszonylag távol fekszenek /1300 és 1078 keV/. Ugyanakkor viszont ez a körülmény lehetőséget ad nagy sugárintenzitások spektrális összetételének vizsgálatára oly módon, hogy sok különböző fotoaktivációs detektorral a spektrumot az egyes aktivációs nivóknak megfelelő energiáju pontokban "mintavételezzük". Igy az egyes detektorok izoméraktivitásainak mérése alapján a spektrumot különböző pontokban tapogathatjuk le[20,21]. Például ^{115}In, ^{77}Se és ^{111}Cd detektorok használatával a sugárforrásból kilépő széles γ-spektrumból az 1,078, 1,190 és 1,300 MeV-es energiákhoz tartozó differenciális γ-fluxusok az egyes nivószélességek ismeretében meghatározhatók.

Méréseinket a Gamma-Besugárzó Laboratórium négy geometriájában a maximális sugárintenzitásu sikban négy-négy távolságon végeztük. A /1-16 órás/ besugárzásokhoz In és Cd 10 mm ∅ henger detektorokat használtunk. Az In-targetek 5, a Cd-targetek 10 mm vastagok voltak, átlagosan 3, illetve 6,8 g sulyuak. A targeteket 7F8 tipusu Nucl. Enterprises gyártmányu 1 3/4" x 2" x x 3/4" x 1 1/2" méretü lyukkristályban, KFKI 512 csatornás analizátorhoz csatlakoztatva, 1000 s-ig mértük. A fotoaktivációs módszerrel mért pontok közül kaloriméteres méréseknél a 0, 25 és 50 cm-es, az ionizációs kamrás méréseknél az 50 cm-es, kémiai módszernél pedig 25 és 50 cm-es távolságokban kapott besugárzási dózisteljesitmény-értéket alapul véve határoztuk meg az egységre vonatkozó izoméraktivitást. Az In telitési érzékenysége 0,083 $\frac{MR/h}{cps/g}$, a cd-é 0,75 $\frac{MR/h}{cps/g}$-nak adódott mérőberendezésünkre. A normális hibája ±20%. Ilyen kalibráció után mérési eredményeinket az 5. táblázatban foglaltuk össze.

A feltüntetett hibaértékek a beütésszámmérés statisztikus hibájából adódnak. Látható, hogy az In- és Cd-mal mért értékek egymás közötti szórása ennél a statisztikus hibánál általában nagyobb. A tapasztalt szórást tehát nem a rossz statisztika okozza, hanem elsősorban geometriai bizonytalanságok.

Méréseink alapján a fotoaktivációs sugárintenzitás-mérési módszer alkalmazhatóságának alsó határát 10^4R/h körül állapithatjuk meg.

5. Si-félvezető detektorok

A félvezető detektorok hasonlóképpen müködnek, mint a gáztöltésü detektorok. Az elektromos térerősség hatására az anyagban az ionizáló sugárzás hatására keletkezett töltéshordozók összegyülnek, és mérhető áramot hoznak létre. A félvezető vagy a "szilárd test kamra" jelentős előnyökkel rendelkezik a gáztöltésüekkel szemben. Ezért már régebben is történtek próbálkozások félvezetők alkalmazására, γ-sugárzások detektálására. Igy különböző anyagokat, mint pl.: gyémánt szeléncella, gallium-arzenit, kadmium-szulfid, stb. próbáltak sugárdetektorként alkalmazni. Ezekkel a probléma

5. táblázat

Geometria	Távolság cm	In		Cd		Mr/h	
		Beütés /cps/g	Hiba %	Beütés /cps/g	Hiba %	In	Cd
I.	0	90,4	2	10,87	1,5	7,40	8,10
	12	26,7	2	3,13	1	2,19	2,33
	25	10,4	2	1,14	2,5	0,852	0,850
	50	2,80	4	0,307	5	0,229	0,229
II.	0	38,1	8	4,35	7	3,12	3,24
	10,7	42,4	5	4,47	4	3,47	3,33
	25	10,47	2	1,048	4	0,858	0,781
	50	2,745	4	0,276	7	0,225	0,206
III.	0	24,2	2	2,62	2	1,98	1,95
	12	38	1,5	3,54	2	3,11	2,64
	25	12,47	4	1,387	3	1,022	1,034
	50	2,76	3	0,337	6	0,226	0,251
IV.	1	14,05	2	1,598	2	1,15	1,19
	12	19,43	2	2,30	2	1,59	1,715
	25	16,06	1,5	1,914	2	1,316	1,426
	50	2,84	2,5	0,332	4	0,233	0,247

főleg a rekombinációval, illetve az átvezetési árammal volt, kivéve a kadmium-szulfidot, ahol a belső sokszorozással ezeket a hibákat bizonyos fokig ki lehetett kompenzálni. Azonban labilis üzemmód és rövid élettartama miatt nem igen terjedt el[22-24].

Döntő változás ezen a területen a nagytisztaságu szilicium-egykristályban létrehozott p-n átmenetek alkalmazásával jött létre:

a/ Impulzus üzemmódban kis sugárintenzitások esetén; spektroszkópiai mérésekre, valamint sugárerősség mérésére.

b/ Folyamatos üzemmódban: nagy sugárintenzitások mérésére. Miután csak az utóbbit használjuk, jelen munkánkban csak annak rövid ismertetésével foglalkozunk.

Folyamatos üzemmódban a félvezető detektor nagy β- vagy γ-intenzitá-

sok mérésére alkalmas. Ezt az üzemmódot választottuk, mert az elektronikája csak egy árammérő eszköz vagy egy érzékenyebb tipusu galvanométer.

A Si rendszáma közelebb esik a levegő átlagrendszámához, mint a germánium, ez előnyös, mert általában a gyakorlatban R/h egységekben mérjük a használt dózisterek erősségét, ami azt jelenti, hogy az energiafüggés a levegőre vonatkoztatott elnyelőképességnek kell, hogy megfeleljen. Igy a szilicium-detektor megfelelő applikálás esetén /például grafitfalu tok alkalmazásával/ lényegében kis hibával kalibrálható, hitelesithető R/h egységekre, folyamatos üzemmódban[5].

Természetesen folyamatos üzemmódban is lehetne feszültséget kapcsolni a detektorra az érzékeny térfogat növelése céljából. Ez azonban nagy aktivitások mérésénél nem szükséges, mert nem növeli a detektor érzékenységét. Ez azért van igy, mert a töltéshordozók élettartama következtében a diffuziós uthossz szobahőmérsékleten néhány mm, és igy a töltéshordozók eljutnak a feszültség nélküli esetben is a vékony p-n átmenet érzékeny térfogatába. Feszültséget rákapcsolva a visszáram statisztikus ingadozása is zavarná a mérést, az itt fellépő igen kis mérendő áramváltozások miatt. A kis áramok mérése sokkal egyszerübb és jobban kézben tartható feladat önmagában, mint nagyobb áram kis változásainak mérése. Ezért a méréseink folyamán nem alkalmaztunk detektorokat előfeszitett üzemmódban.

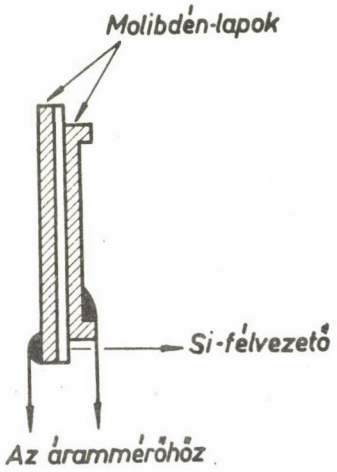
A folyamatos üzemmódban kétféle külső terhelő ellenállással üzemeltethető a félvezető detektor:

a/ árammméréssel, rövidrezárt üzemmódban
b/ feszültségméréssel, nyitott kapocsfeszültséggel.

A mérések nyitott áramkörrel, mint ismeretes, közelitőleg logaritmikus lefutást adnak, a detektor feszültség-dózis karakterisztikára nézve. Ezért külön hitelesitést kiván a használathoz. Célszerübb az áramdózis függvényt árammérő kapcsolásban, lényegében kis terhelő ellenállással megmérni, tekintve, hogy lineáris összefüggés van közöttük ebben az esetben. Az Intézetünkben kifejlesztett szilicium-detektorok bemérését ezért rövidre zárt üzemmódban végeztük el. A rövidrezárás feltételét megvizsgáltuk, és 10 Ω-os nagyságu intervallumban a munkaellenállást változtatva a linearitás változatlan maradt. Ezért a méréseinket ebbe a tartományba eső kis belső ellenállásu érzékeny galvanométerrel végeztük[24,25].

Megvizsgáltuk a hazai piacon kapható p-n átmenettel rendelkező félvezetőket a nagy γ-dózisok mérésére való alkalmasság szempontjából. A nagy dózistér mérésére legalkalmasabbnak találtuk viszonylag nagy mérete és olcsósága miatt az Anód Egyenirányitó Vállalat által gyártott félveze-

tős áramegyenirányitó diódákat. A legnagyobb méretü dióda felülete 3 cm^2, vastagsága 0,25 mm volt. A névleges egyenirányitó árama 150 A. A p-n átmeneti réteget aluminium ötvözéssel hozták létre a p-alaptipusu egykristályban. A félvezetőről eltávolitottuk a hütőrendszert és egyéb nagyáramu hozzávezetéseket, csak a hátlapon 1 mm-es molibdén és az előlapján 1 mm vastag pohár alaku molibdént hagytuk meg a kristály jobb mechanikus kezelhetősége érdekében /8. ábra/. Ezekre a lapokra forrasztottuk rá az n- és a p-réteg kivezetéseit is. Kimértük a besugárzóberendezés szimmetriasikjában a dóziseloszlást, a távolság függvényében, majd a többi módszerrel a mérési eredményeket összehasonlitottuk.



8. ábra

Si-dióda keresztmetszeti rajza.

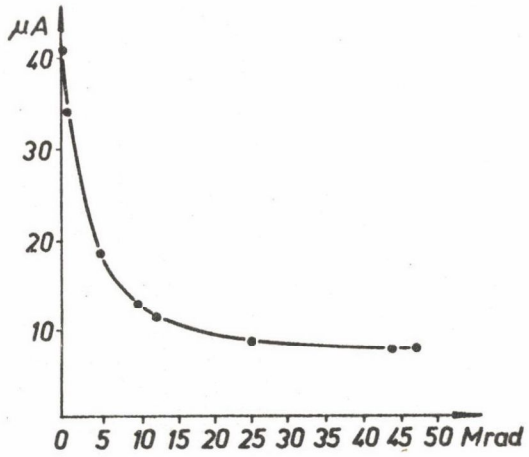
A besugárzóállomás ^{60}Co töltetü dózisterében a következő előméréseket végeztük:

a/ a detektor sugárkárosodásának mérése
b/ az érzékenység függése a sugárzás irányától
c/ a dózis-áramarány linearitása
d/ a hőmérsékletfüggés.

Nagy dózisintenzitások mérésénél felvetődik általában a detektorok maradandó sugárkárosodásának problémája.

A maradandó belső kristályszerkezeti változások következtében a detektor érzékenysége a mérések folyamán változhat, amiáltal megbizhatatlanná válik a detektor, és az ujrahitelesités állandóan szükségessé válik. Az érzékenységváltozás-vizsgálatokat konstans hőmérsékleten 0,5 MR/h erősségü sugárszinten végeztük, több napig egyfolytában a térben volt a félvezető a terhelő ellenállás /árammérő/ rákapcsolásával. Áram folyamatosan folyik ekkor a diódán keresztül. A dióda által elszenvedett sugárdózis függvényében felvettük az áramerősséget, illetve a dióda érzékenységi görbéjét /9. ábra/.

Lényeges, és igen jelentős tény, hogy a besugárzás folyamán az érzékenységcsökkenés erősen változott 10-15 Mrad-nyi dózisértékig, majd utána egy kevésbé változó szakasz következett, egy ugynevezett plátót kaptunk. Ezen a hőmérsékleten viszonylagos egyensuly állott be a deformációs folyamat és a hőmozgás következtében létrejövő regenerációs folyamatok között.

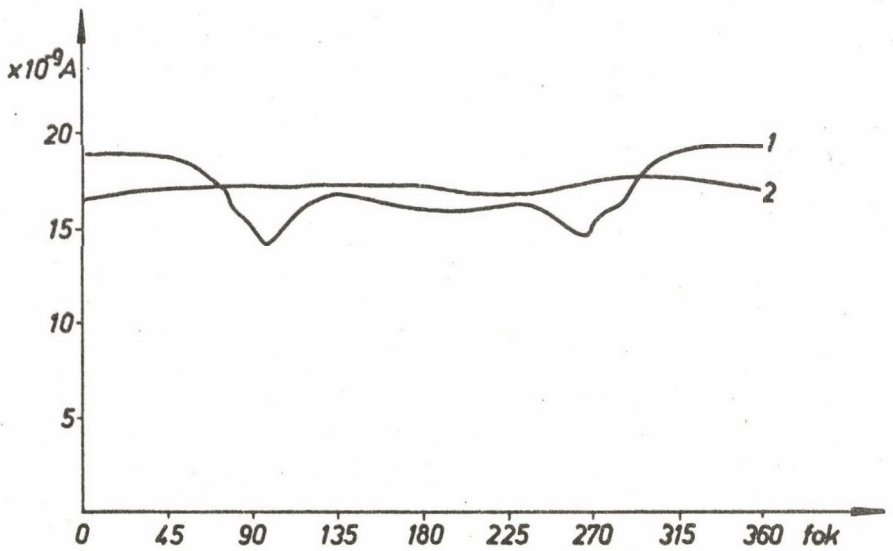


9. ábra

Si-dióda érzékenységének változása a besugárzási dózis függvényében.

A dióda ilyen mérvü besugárzása, illetve mesterséges "öregbedése" folytán az érzékenysége ugyan a negyedére csökkent, de a plató létrehozásával egy közel stabil, a sugárhatásokra kevésbé érzékeny detektort kaptunk. Az a kismérvü csökkenés, ami ezen besugárzás után jön létre mérés közbeni plusz dózisfelvételnél, lehetővé teszi a MR/h dózisszinten lévő terek relativ mérését.

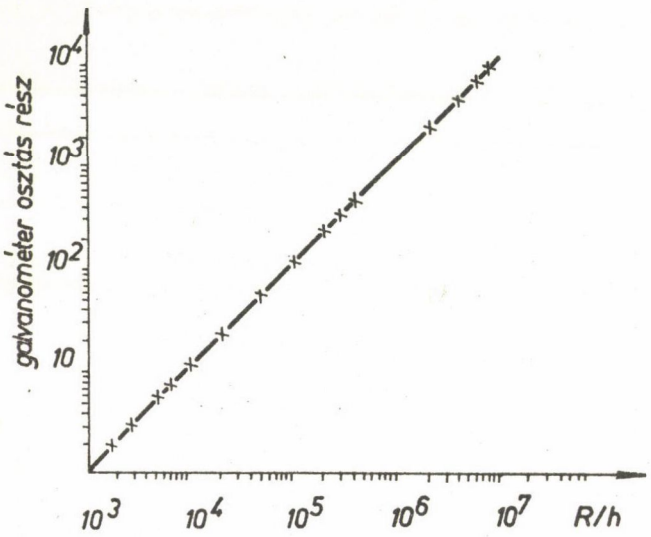
A sugárforrástól 150 cm távolságban, ahol lényegében párhuzamos sugárnyalábot kapunk, a diódát 360°-ban körülforgattuk, és felvettük az áramerősség változását. A 10. ábrából látható, hogy a dióda nagy irányfüggést mutat /1-es görbe/. Ezért 4 db egyforma visszáramu diódát egy tetraéder lapjaiba fektetve elektromosan párhuzamosan kötöttük, és ezt is megforgat-



10. ábra

Si-dióda érzékenységének irányfüggése.

tuk 360°-ban a párhuzamos sugárnyalábban. A kapott irányfüggési görbe /10. ábra 2. görbe/, már csak kisebb, mint ± 3%-os ingadozást mutatott. A tetraéder lapjainak irányában elhelyezett, félvezetőkből álló detektorrendszereinket még a fényzárás és a mechanikus védelem miatt egy gömb alaku műgyanta kiöntéssel láttuk el. A detektorrendszer linearitását 4 nagyságrend térváltozásban mértük. A mérés felső határa a Gamma-Besugárzó Laboratórium maximális térerőssége volt, az alsó határát pedig az árammérő galvanométer érzékenysége szabta meg /11. ábra/. A linearitás igen jónak mutatkozott. A ±5%-os ingadozás a detektorrendszert alkalmassá teszi ezen tartományon belül relativ dózisszintmérésre.

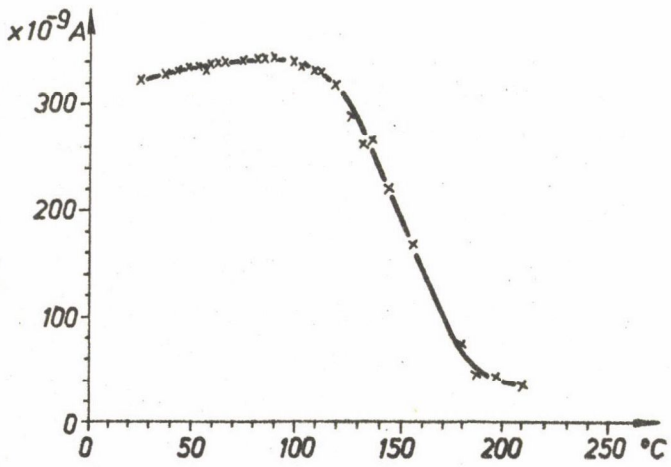


11. ábra

Si-félvezető dióda dózis teljesitmény-áram függvénye.

A detektorok fontos jellemzője még a hőmérséklet-ingadozás hatására létrejövő érzékenységváltozás. A hőmérsékletet változtattuk, lényegében szobahőmérséklettől, azaz 20 °C-tól 210 °C-ig, miközben egy állandó sugárszintre beállitott teljesitménnyel sugároztuk be a detektorrendszert.

A hőmérséklet változtatására kb. 100 °C-ig igen lassu, kb. 5% emelkedést tapasztaltunk, majd 100 °C után egy erős hőmérsékletfüggés következett be, és a 100-200 °C intervallumban a detektorrendszer érzékenysége 1/10 alá esett /12. ábra/.



12. ábra

Si-félvezető hőmérséklet-érzékenységi görbéje.

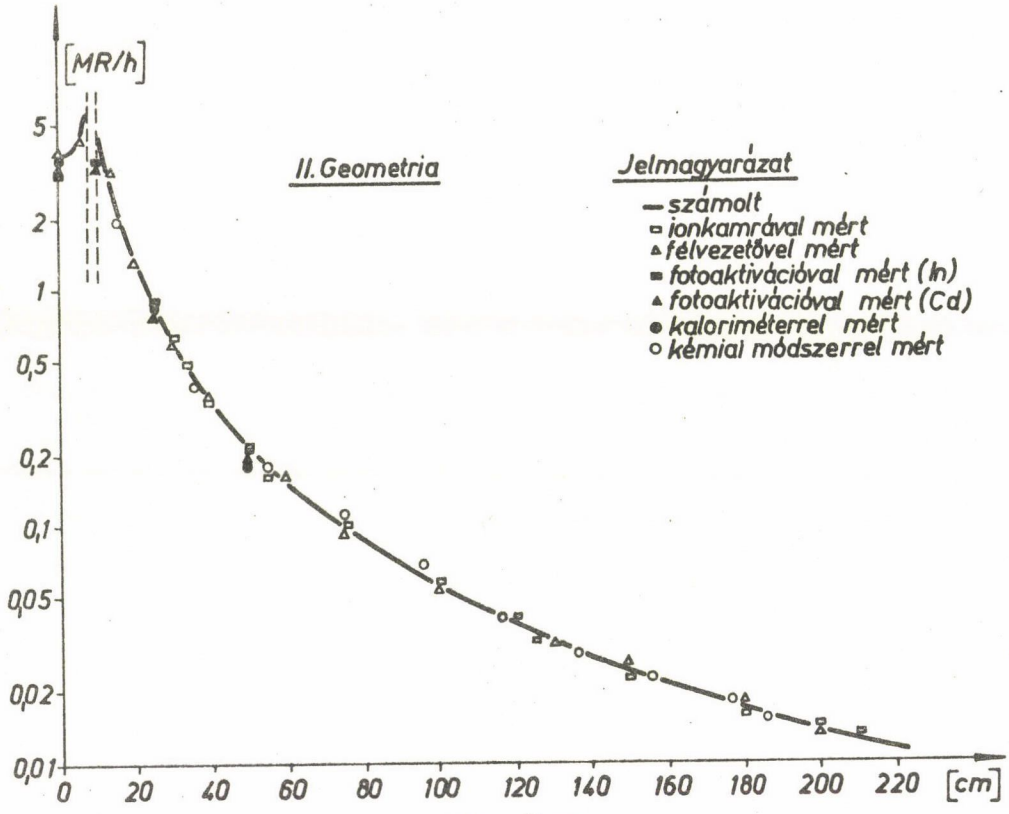
Lényegében a szobahőmérséklet 17 - 28 °C intervallumában a változás 1% körüli értéket ingadozik, ami a gyakorlati mérések szempontjából teljesen elhanyagolható.

A mérési eredményeket a 6. táblázat tartalmazza.

6. táblázat

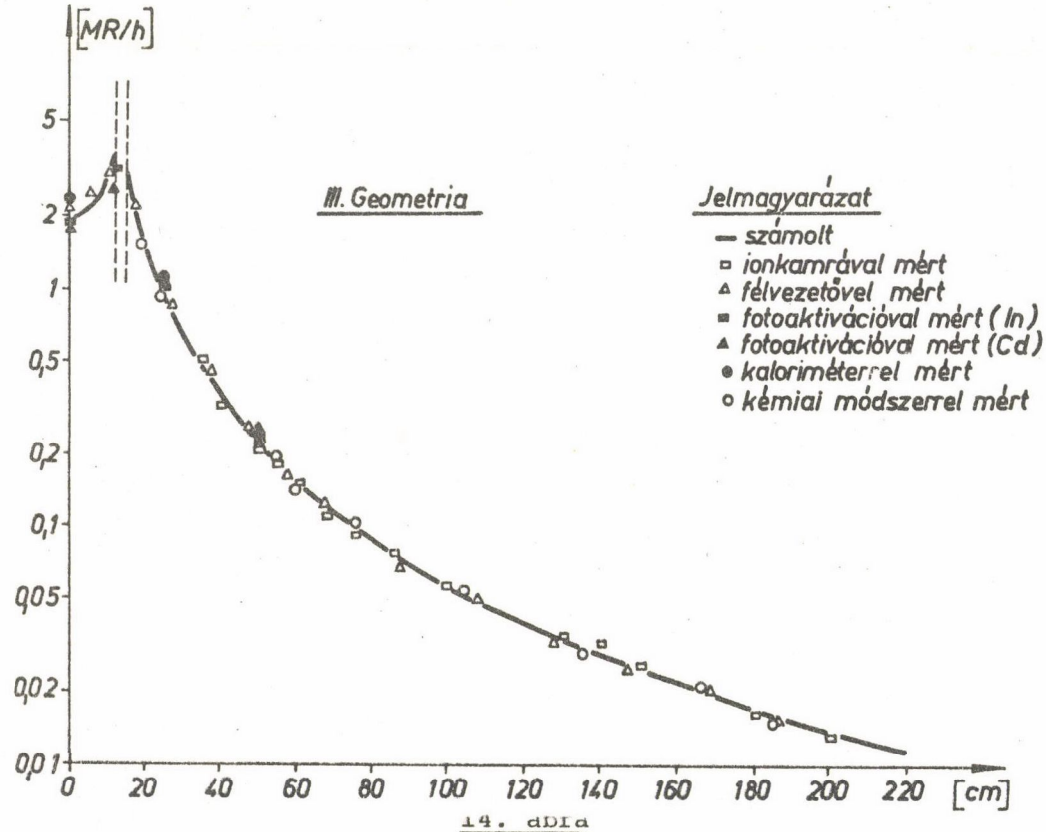
Távolság /cm/	II. geometria /MR/h/	III. geometria /MR/h/
0	3,64	2,32
6	4,30	2,54
10,5	-	3,11
14	3,05	-
17,5	-	2,24
20	1,30	0,860
27,5	-	-
30	0,580	-
37,5	-	0,450
40	0,350	
47,5	-	0,260
50	0,200	-
57,5	-	0,168
60	0,160	-
67,5	-	0,120
75	0,0920	-
87,5	-	0,0670
100	0,0540	-
107,5	-	0,0490
120	-	-
127,5	-	0,0336
130	0,0320	-
147,5	-	0,0254
150	0,0280	-
167,5	-	0,0206
180	0,0180	-
187,5	-	0,0156
200	0,0135	-

Az öt mérési módszer előnyei és hibái mellett alkalmas volt a Gamma-Besugárzó Laboratórium nagy dózisterének ellenőrző mérésére, és eléggé megbizható eredményeket szolgáltatott. A mérési eredményeket a számitottakkal is összehasonlitottuk. A forrásaktivitás-eloszlás ismeretében a dózisteljesitmény távolságfüggését számitógéppel meghatároztuk. Az igy nyert



13. ábra

Gamma-Besugárzó Laboratórium II. geometria sugárszint terének eloszlása különböző módszerekkel mérve.



14. ábra

Gamma-Besugárzó Laboratórium III. geometria sugárszint terének eloszlása különböző módszerekkel mérve.

relativ dózisteljesitmény függvényt a mérési pontokhoz a sulyozott legkisebb négyzetek módszerével illesztettük. A 7. táblázatban feltüntetjük az alkalmazott módszerek méréstartományait, és a mért eredmények eltérését a számitottaktól. Ennek illusztrálására szolgálnak a 13-14. ábrák, amelyek a II. és a III. geometriákban végzett mérésekkel meghatározott dózisintenzitások jó egyezését mutatják. Ez arra is utal, hogy különböző geometriákban végzett méréseknél a spektrumtorzulások mértékéből és a detektorok különböző energiaérzékenységéből adódó összhiba a mérések szórásán belül marad.

7. táblázat

Módszerek	Mérési tartományok az elvégzett méréseknél /R/h/	Átlagos eltérések a számitott görbétől %
Ionkamrás	$10^4 - 5.10^5$	$\pm$ 4
Kalorimetrikus	$2.10^5 - 3{,}5.10^6$	$\pm$ 5
Kémiai	$10^4 - 1{,}7.10^6$	$\pm$ 2
Metastabil	$2.10^5 - 7.10^6$	$\pm$ 6
Félvezetős	$10^4 - 4.10^6$	$\pm$ 3

Az öt mérési módszer, valamint a számitottak alapján nyert adatok segitségével, az alábbi megállapitásokat tehetjük.

A módszer mindegyike ugyan nem fogja át a teljes, közel három nagyságrendü térváltozást, de a térről szerzett információkhoz igen jól hozzájárulnak azáltal, hogy az egyik módszer méréstartományát kiegésziti egy másiké. Igy például az ionkamrás mérési módszer 0,5 MR/h tartományok felett nem igen használható, viszont ezen mérés folytatásaként a nagyobb dózisintenzitások felé kiegészitik a fotoaktivációs és a kalorimetrikus mérési módszerek. A kémiai összetett módszer és a félvezetős módszerek e mérési tartomány átfogására szintén alkalmasak.

Az emlitett módszerekkel végzett mérések fő célja az összehasonlitás, egyes módszerek pontositása, illetve a félvezetős módszer hitelesitése volt. Ez utóbbi ugyanis egy igen kevéssé ismert, és hazánkban először alkalmazott módszer nagy dózisintenzitások mérésére.

IRODALOM

15. Harbottle, G., Nucleonics 12 /1954/ 64
16. Veres, A., Appl. Rad. and Isotopes 14 /1963/ 123
17. Veres, A., Pavlicsek, I., Ozsgyáni, L., Proc. Standardization of Radionuclides, 453 /IAEA, Vienna, 1967/
18. Абрамс, И.А., Атомная энергия 20/1966/434
19. Veres, Á., Magy.Fiz.F., 16 /1966/ 143
20. Мазитов, Б.С., Хусаинов, Ю.А., Прогр. и тезисы докл. XVIII. ежегодного совещания по ядерной спектр., Наука, Л., 1968.
21. Абрамс, И.А., Пелекис, Л.Л., Изв.АН Латв.ССР Сер.физ.техн. 1968 №4, 3
22. Stenger, V., Pavlicsek, I., Diódák alkalmazása nagy gamma-sugárintenzitások gyors mérésére, Atomtechnikai Tájékoztató 5 /1970/ 339-340
23. Deme, S., Félvezető detektorok magsugárzás mérésére, Müszaki Könyvkiadó Budapest, 1968
24. Parker, R.P., Solid State and Chemical Radiation Dosimetry in Medicine and Biology, IAEA, Vienna, /1967/ 437
25. Parker, R.P., Morley, B.I., Solid State and Chemical Radiation Dosimetry in Medicine and Biology IAEA, Vienna, /1967/ 167
26. Blanc, D., Casanovas, I., Peyre-Lavigne, A., Anne-Marie Chapui, Soudain G., Solid State and Chemical Radiation Dosimetry in Medicine and Biology IAEA, Vienna, /1967/ 185

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 10. szám

Elektronikai termékek parazita /káros/ röntgensugárzása

BIRÓ TAMÁS *

Kossuth Lajos Tudományegyetem Kisérleti Fizikai Intézete, Debrecen

Az elektronikai termékek, amelyekben 5 kV-ot meghaladó feszültséggel elektronokat gyorsitanak, az egészségre káros, parazita röntgensugárzás forrásai lehetnek. A sugárzás ellenőrzésére alkalmas mérőműszerrel szemben különleges követelményeket támasztanak, a sugárzás kis energiája és a keskeny sugárnyaláb miatt.

Паразитическое /вредное/ рентгеновское излучение электронических изделий
Биро Т.
Электронические приборы, ускоряющие электроны с напряжением выше 5 кВ-ов могут быть источниками вредных на здоровье рентгеновсих излучений. Из-за низкой энергии и узкой пучки излучения специальные требования предъявляются к приборам, контролирующим излучение.

Parasitic X-rays from electronic devices
Biró T.
Electronic devices in which electrons are accelerated with higher than 5 kV can be sources of parasitic X-rays. Special requirements are to be met by the instrument for their control because of the low energy and narrow beams of the radiation.

1928. körül figyeltek fel arra, hogy nemcsak a röntgencsövek, hanem más katódsugárcsövek is veszélyes röntgensugárzás forrásai lehetnek. Ilyen készülék azonban viszonylag kevés volt, a probléma csak szük körben vált ismeretessé. 1945. óta a televizió rohamos terjedése, továbbá az alkalmazott képcsőfeszültség fokozatos növelése folytán az elektronikai termékekből kilépő parazita /káros, nem kivánatos/ röntgensugárzás nagyon sok embert érint.

Annak ellenére, hogy több országban már az 50-es évek elejétől végeztek ellenőrző méréseket, 1958-ban pedig nemzetközi előirások is születtek a tv-készülékekre, a közvélemény 1967-ben arról értesült, hogy a General Electric /USA/ által forgalomba hozott szines tv-készülékek nagyrésze a nézők egészségét kárositó röntgensugárzást bocsát ki, a megengedhetőt jelentősen meghaladó mértékben. Ez az esemény világszerte megmozgatta a szakmai köröket is, és az utóbbi években egyre növekvő számu közlemény jelenik meg nemcsak a tv-készülékekre, hanem számos olyan termékre, berendezésre vonatkozóan is, amelyekben nagyfeszültséggel felgyorsitott elektronok a készülék anyagába ütközve /lefékeződve/ röntgensugarakat gerjesztenek, és amelyek a környezetbe juthatnak. Az ICRP /a Radiologiai Védelem Nemzetközi Bi-

*Aspiranturán a MTA Izotóp Intézetéből

zottsága/ 1960-as állásfoglalása szerint ilyennek tekintendő minden olyan berendezés, amelyben az elektronokat gyorsitó feszültség az 5 kV-t meghaladja./1/

1970-ben elsőizben találkoztak Toulouse-ban a radiológiai szakemberek és a gyártó vállalatok képviselői /160 résztvevő 17 országból/ az EURATOM által szervezett nemzetközi konferencián, hogy felmérjék az érintett termékek körét és a normális, illetve a hibás üzemelés során adódó veszélyeket, megvitassák a mérési módszereket, előirásokat. A konferencián elhangzott előadások nyomtatásban is meg fognak jelenni./2/

A jövőben egyre több olyan berendezéssel kerülhetünk kapcsolatba a háztartásban és a munkahelyen egyaránt, amelyek, ha kismértékben is, de hozzájárulnak a népesség sugárterheléséhez, és igy az ember és környezetének kapcsolata egy ujabb, nem elhanyagolható tényezővel bővül.

A parazita sugárzás keletkezése és természete

Mozgó, elektromosan töltött részecskék az anyagban lefékeződve kinetikus energiájuk egy részét elektromágneses sugárzás formájában veszitik el. Ezt a jelenséget használják ki a röntgencsövek, amelyekben a nagyfeszültséggel vákuumban felgyorsitott elektronokat az antikatódba ütköztetve sokirányban hasznositható röntgensugárzás nyerhető. Ugyanez a jelenség játszódik le mindazon berendezésekben, amelyeknél a töltött részecskék felgyorsitásának más volt a célja, de a szerkezeti anyagokban végül is elnyelődő részecskék nem kivánatos, parazita röntgensugárzást keltenek.

Az esetek tulnyomó többségében elektronok gyorsitásáról és lefékezéséről van szó - az iongyorsitók száma ehhez viszonyitva kicsi. A parazita röntgensugárzás kérdése ily módon elsősorban elektronikai termékekre korlátozható, számitásba véve még mindazokat a berendezéseket, amelyekben a gyorsitófeszültség és a létrehozott vákuum hatására az elektronok elegendően nagy energiára tehetnek szert ahhoz, hogy a készülék falán keresztül észlelhető röntgensugárzás léphessen ki.

A fékezési röntgensugárzás intenzitása közelitőleg a gyorsitófeszültség négyzetével arányos:

$$R = k.I.U^2$$

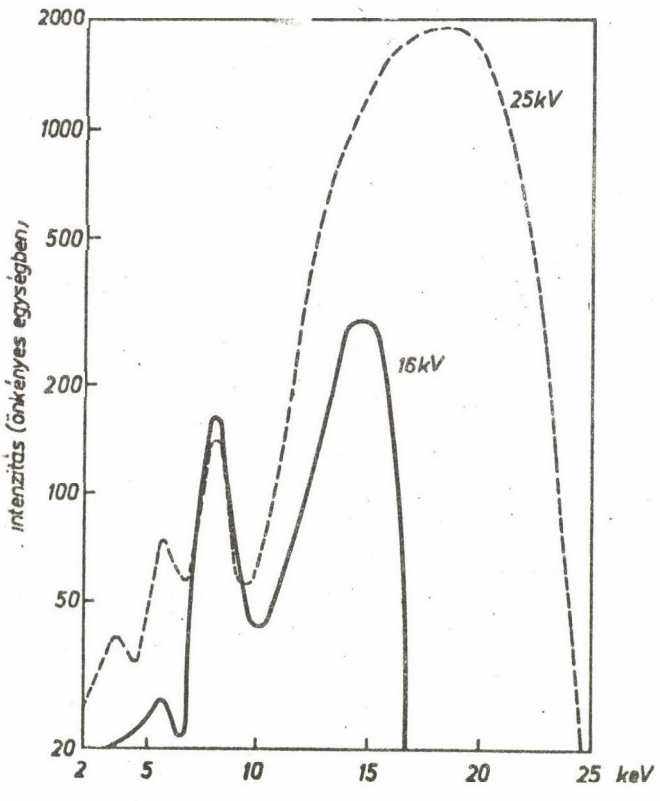
I - az elektronáram intenzitása,
U - a gyorsitófeszültség.

A röntgensugárzás egy része elnyelődik a készülék szerkezeti anyagá-

ban, az áthatoló hányad nagysága szintén függ az áramintenzitástól és a gyorsitófeszültségtől. Ez utóbbitól függ ugyanis a sugárzás "keménysége", a minimális hullámhossz:

$$\lambda_{min} = \frac{12,4}{U\ [kV]}\ \text{Å}$$

Látható, hogy adott készülékből kilépő röntgensugárzás intenzitásának szempontjából a gyorsitófeszültségnek kritikus szerepe van. A sugárzás spektruma folytonos, zérustól a λ_{min} által meghatározott energiamaximumig terjed. Ha az elektronok energiája meghaladja a belső elektronhéjak kötési energiáit, akkor a spektrumban az adott anyagra jellemző karakterisztikus energiák is megjelennek. Az 1. ábra egy elektronsugaras hegesztő tömitésén át kilépő röntgensugárzás spektrumát mutatja. A 16., illetve 25 kV-tal gyorsitott elektronokat a volfrámtömb fékezte le, a munkakamra fala nikkelezett KOR-5 acél. /11/

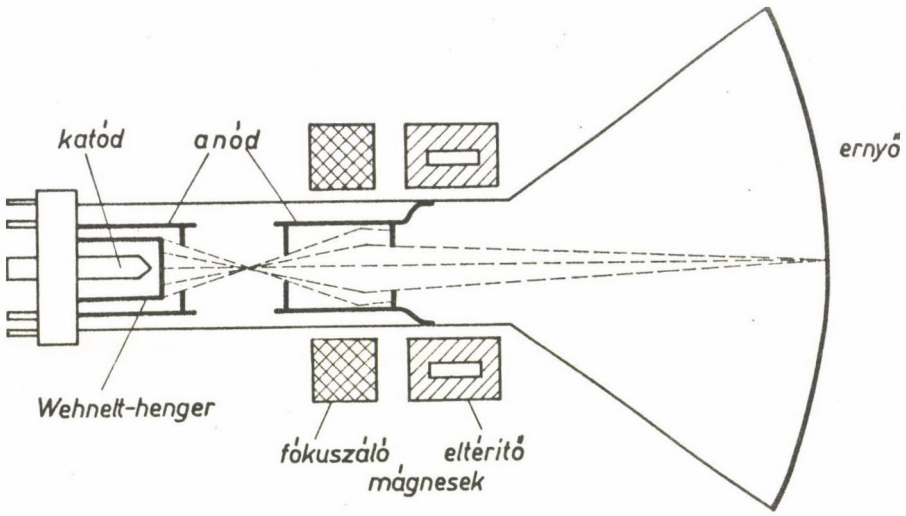


1. ábra

Elektronsugaras hegesztőből kilépő röntgensugárzás spektruma.

Elektronikai alkatrészek

A számtalan elektronikai alkatrésztipus között még ma is jelentős szerepük van a vákuumcsöveknek, mivel ezekben a kisebb-nagyobb feszültséggel létrehozott elektronáram könnyen vezérelhető. A felgyorsitott elektronok kinetikus energiájuk jelentős részét az anódban és más szerkezeti elemekben /rácsok, diafragmák stb./ lefékeződve hő formájában adják le, a fennmaradó rész pedig röntgensugarak keltésére forditódik. Elsősorban a nagy - néhány kV-t meghaladó - feszültséggel üzemelő vákuumcsövek azok, amelyek tervezésénél, illetve beépitésénél a sugárveszélyre is tekintettel kell lenni. Ilyenek a nagyszámban alkalmazott katódsugárcsövek és az ezeket kiszolgáló nagyfeszültségü egyenirányitó, stabilizáló és egyéb csövek. A katódsugárcső egyik tipusának leegyszerüsitett szerkezetét mutatja a 2. ábra, megjelölve a röntgensugárzás forrásainak helyeit. /12, 15/



2. ábra

Az elektronnyaláb utja a katódsugárcsőben.

Példaképpen egy 25 kV-tal müködő, diapozitiv kép vetitéséhez használt katódsugárcső adatai: az elektronágyunál /fej/ 6-8 mR/h, a nyaknál 10 mR/h, a fluoreszkáló ernyő előtt 1-1,5 mR/h. A tipustól függően nagy eltérések lehetnek a dózisintenzitásban is, például az ernyő előtt több száz mR/h is fellép egyes tipusoknál. /12/

Elektronikus készülékek

Az előzőkben emlitett elektronikai alkatrészek készülékekbe épitve müködnek, igy a felhasználót a készülék doboza és más szerkezeti anyagok is védhetik a sugárzástól.

A legelterjedtebb a televizó-vevőkészülék, amelyben a röntgensugárzás fő forrásai a képcső, a nagyfeszültségü egyenirányitó és "szines" készülékeknél a ballaszt-trióda /shunt regulator/. A néző irányában a védelmet a képcső anyaga képezi, a többi cső külön fémházban van. A röntgensugárzás dózisintezitásának megengedhető értéke 0,5 mR/h 5 cm-rel a képernyő előtt.

A "fekete-fehér" készülékek esetén, /az alkalmazott nagyfeszültség 14-18 kV/ a képernyőből kilépő sugárzás általában nem észlelhető a szokásos müszerekkel, amig a "szines" vevőkészülékek /25 kV/ esetén már többnyire mérhető a dózisintenzitás, de a megengedhető értéket rendszerint meg sem közeliti. Az Európában gyártott készülékek esetén a jellemző értékek 0,01-0,02 mR/h közt vannak. Igy a nézők genetikai dózis /2-3 m távolságot és évi 1000 órát tekintve/ jelentéktelen, 0,01-0,1 mrem/30 év-nek becsülhető. A nagyfeszültség kritikus szerepére utal az a körülmény is, hogy ha valamennyi készülék a maximális 27,5 kV-tal és a megengedhető 0,5 mR/h határértéken müködne, akkor a lakosság genetikai dózisa négy nagyságrenddel vol-

Mindkét számitási módszerrel nyert eredmény szerint szignifikáns nitrogéntöbblet mutatható ki a trágyázás hatására. A kiszámitott szignifikancia-értékek nagysága viszont azt mutatja, hogy az izotóphigitással kapott adatok megbizhatósága lényegesen jobb. A mütrágyahasznosulás %-a - a töréskor vett minták adatai szerint - 31,7%, illetve az izotóphigitással számitva 40,8% volt. Az adatok mutatják, hogy a talaj-nitrogén; illetve a mütrágya-nitrogén aránya a tenyészidő folyamán csak kismértékben változik.

Az izotóphigitas modszerevel szamitott trágyából származó nitrogén arányát a 3. táblázat szemlélteti. Egy-egy adat a vonatkozó növényrész négy időpontban vett vizsgálati eredményeinek átlagát jelenti. A számok rávilágitanak az egyes szervek nitrogénigényére, azaz a növénynek a nitrogénanyagcserében betöltött szerepére.

3. táblázat

A trágyából származó nitrogén százalékos megoszlása az egyes nitrogénfrakciókban és növényi részekben.

növényi szervek	összes nitrogén	fehérje-nitrogén	oldható nitrogén
levél	52,5	48,4	43,2
szár	49,8	38,3	36,3
mag	51,0	42,0	34,5
átlag	51,1	42,9	38,0

A fehérjeszintézis intenzitását a fehérje-nitrogénnek az össznitrogén százalékában kifejezett értékei mutatják meg. Ezeket az adatokat közli a 4. táblázat a kontroll- és a trágyázott növényre, valamint külön a trágyából felvett nitrogénmennyiségekre számitva.

Az első mintavétel idején a kontroll- és trágyázott növényekre vonatkoztatva, azonos arányszámot kaptunk. A fehérjeszintézis elsődleges helyét - a levelet - magasabb számadatok képviselik. A trágyának fehérjeszintézist fokozó hatását mutatják a második mintavétel növekvő értékei, a kezelt növények levél- és szárrészében egyaránt. Ugyanakkor a kontrollban csökkenés következik be a lassubb nitrogénutánpótlás miatt.

A tejesérés időszakában a százalékarányok csaknem azonosak az összes növényi részben. Az izotóphigitásos módszer lehetővé tette, hogy külön kimutassuk, a trágyából származó fehérjenitrogén-arányt is. A kontrollnövény és a trágya adatait összehasonlitva, az mutatkozik, hogy a kezdeti fejlődési stádiumban a növény azonos %-ban használja fel a fehérjeszintézisre a trágyából származó nitrogént, mint a talaj nitrogénjét. A későbbiekben az az arányszám kissé növekszik a trágya nitrogénjének javára.

na nagyobb, mint a jelenleg becsült érték /angol felmérés alapján/.[3]

Az USA-ban 1966-67-ben több mint 100 000 szines tv-készüléket kellett megvizsgálni konstrukciós és beállitási hibák miatt. A röntgensugárzás számos esetben meghaladta a 0,5 mR/h-t, a maximális érték 600 mR/h volt![13] Az ok részben a nagyfeszültség helytelen beállitása /gyakran több mint 30 kV/, részben egy nem megfelelő stabilizálócső tipus alkalmazása volt, amely körül egy esetben 170 R/h-t mértek![14]

A rádió- és televizóadókban is üzemelnek nagyteljesitményü adócsövek, egyenirányitók, amelyek környezetében röntgensugárzás léphet fel, különösen figyelmet érdemel azonban a studiókban használatos némely berendezés, amely közelében több száz mR/h is felléphet, ha például a kontroll-képcsövet takaró fedőlemezt eltávolitják.[5, 12]

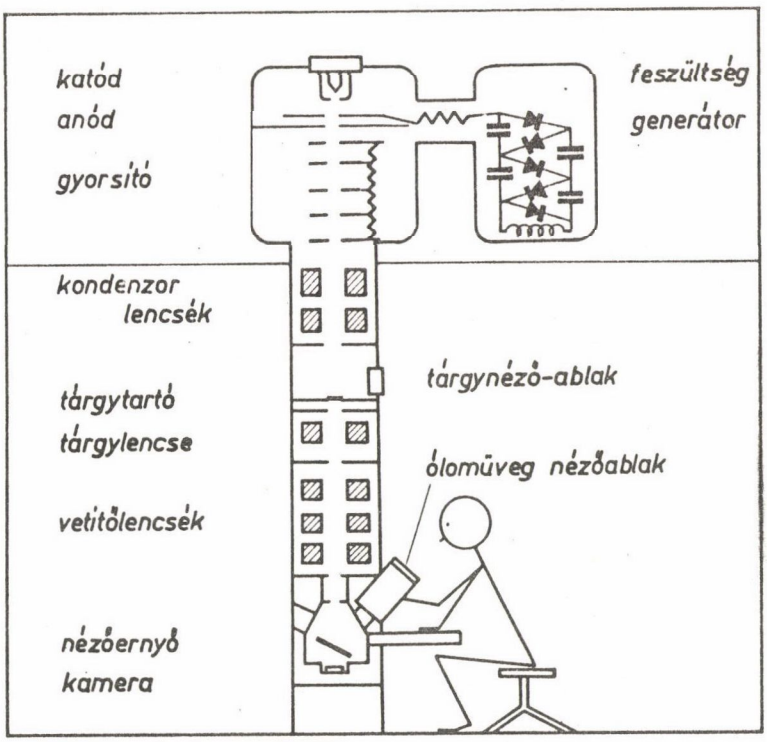
A radar-készülékekben alkalmazott képcsövekre ugyanaz vonatkozik, mint a katódsugárcsövekre általában.

A nagyobb teljesitményü radarokhoz használt tiratronok és magnetronok jelentős sugárforrások, különösen az előbbiek, amelyek környezetében több száz mR/h-t is mértek. Bár ezeket az egységeket zárt burkolat veszi körül, a helytelen konstrukció gyakran vezet meg nem engedhető dózisintenzitáshoz. Például egy svédországi repülőtéri radar árnyékolásán kivül 10 mR/h-t, sőt egy plexi-ablak előtt 300 mR/h-t is mértek. Mindössze 0,5 mm vastag ólomlemez-burkolat és ólomüvegablak kiegészitéssel a kilépő sugárzás maximális értéke 0,1 mR/h volt.[6]

Kutatási eszközök

Az elektronmikroszkópokban a nagyfeszültséggenerátor, a gyorsitó- és az elektronoptikai oszlop egyaránt sugárforrások lehetnek /3. ábra/. Az elektronáram nem jelentős, rendszerint néhány, maximálisan 500 μA, azonban az 50-150 kV, sőt ujabban a 700-1000 kV gyorsitófeszültség jelentős kinetikai energiát biztosit az elektronoknak. A gyorsitó környezete a leginkább exponált hely, ez azonban többnyire a kezelőtértől tavoli, zart tér. Fontos a helyes beállitás, például a Harwellben épült 1 MeV-os készülék gyorsitója mellett a kezdeti maximális 400 mR/h dózisintenzitást 24 mR/h-ra sikerült csökkenteni. A kezelőtérben a nézőablak a leggyengébb pont, ennek helyes méretezésére ügyelni kell.[7]

Az elektronsugaras mikroszondák jóval kisebb teljesitményüek, mint az elektronmikroszkópok, a sugárveszély figyelmen kivül hagyása azonban itt is sulyos következményekkel járhat. Egy 25 kV-tal és 50 μA-rel üzemelő készülék 1 mm vastag plexi-ablaka előtt 7 R/h-t mértek.



3. ábra

Elektronmikroszkóp egyszerüsitett szerkezete.

Számos eddig csak a kutatásban használt részecskegyorsitó /lineáris gyorsitó, izokrón, ciklotron-betatron stb./ ma már az iparban, gyógyászatban is alkalmazásra került, elhelyezésük azonban többnyire egyedi tervezést igényel, amelynél a rendkivül intenziv röntgensugárzás elleni védelmet is számitásba kell venni. A gyorsitóknál alkalmazott nagyteljesitményü klisztronok körül is komoly védelemre van szükség, mert anélkül több száz R/h is felléphet 1 m távolságban is. /8, 14/

Ipari berendezések

A már emlitett nagyteljesitményü elektrongyorsitók mellett a nagy intenzitásu elektronnyalábok koncentrált hőhatását hasznositó elektronsugaras hegesztő- és gőzölőberendezések a legelterjedtebbek. A 10-150 kV gyorsitófeszültséggel létrehozott 100-500 mA erősségü elektronnyalábok elsősorban a munkadarabban keltenek röntgensugarakat, de igen jelentős mértékü a szórt elektronok által a munkakamra falában keltett sugárzás is. A konstrukció "gyenge" pontjai a vákuumtömitések és a megfigyelő ablakok, különösen, ha az utóbbiak nem ólomüveggel boritottak, mert kedvezőtlen esetben több száz R/h léphet fel a környezetben. Helytelen kialakitás esetén nehezen detektálható, de intenziv /100 mR/h-s/ szük sugárnyalábok léphetnek ki. /9, 11/

Méréstechnika

A tapasztalatok szerint nem mindig sikerült és nem is mindig lehetséges a parazita röntgensugárzás elnyeletése a készülék szerkezeti anyagaiban. A méretezésnél nem egyszer 10 nagyságrendnyi intenzitáscsökkenést kell elérni, igy tervezési vagy anyaghibák miatt számottevő helyi dózisintenzitás léphet fel. Feltétlenül indokolt tehát a számitásba vehető készülékek egyedi ellenőrzése megfelelően érzékeny mérőeszközzel. A mérőeszköz detektora lehet ionizációs kamra, proporcionális és GM-számláló, film, szcintillátor, félvezető vagy egyéb; három követelményt azonban ki kell elégitenie:

5 keV-től detektálja lehetőleg energiafüggetlen kijelzéssel a röntgensugárzást,

a háttérsugárzás nagyságrendjébe eső intenzitásokat is észleljen,

minél kisebb térfogata legyen /keskeny sugárnyalábok mérése/.

Nem alapvető szempont, de jó, ha a kijelzés azonnali, igy a filmek kevésbé praktikusak. Gyakran felmerülő követelmény az is, hogy a mérőmüszer ne legyen érzékeny a rádió- és nagyfrekvenciás zavaró terekre. Leginkább a proporcionális gázerősitéssel müködő ionizációs-kamrás müszer közeliti meg a kivánalmakat. Külön óvatosságot /kalibrációt/ igényel a GM-csöves és szcintillációs müszerek használata.

A minden szempontból megfelelő müszer kiválasztásának fontosságát hangsulyozza az a méréssorozat, amelyet 6-6 különböző tipusu ionizációs-kamrás, GM-csöves és szcintillációs müszerrel végeztek a londoni repülőtéri radar nagyfrekvenciás sugárzási terében és egy un. visszhangmentes kamrában, 1 $\mu W/cm^2$ - 10 mW/cm^2 teljesitménytartományban, 600 MHz, illetve 0,4-34,5 GHz frekvenciákon. Mindössze egy ionizációs kamrás müszer - a speciális Victoreen 440 RF - müködött hibátlanul minden esetben! Ezenkivül egy speciális GM-csöves müszer volt megfelelő kisebb intenzitásu zavaró terekben. /10/

Összefoglalás

A parazita röntgensugárzás részaránya a lakosság genetikai dózisában ma még nem látszik tulzott mértékünek. Ez a megállapitás elsősorban a televizió vevőkészülékeken végzett mérések és a tv-nézési szokások alapján végzett becslésekből származik, kiterjedt szisztematikus felmérés eddig nem történt. Az előzőekben a parazita röntgensugárzásra közölt adatok zömmel egyedi mérések eredményei, általában nem az adott termékfajta helyes és szokásos kivitelezésére, hanem az előforduló hibákra jellemzőek. Az emlitetteken kivül még számos termék szerepelhet a potenciális röntgensugárforrások listáján, pl. televiziós vetitő, vákuumkapcsolók, vákuumkondenzátorok és a legujabban gyors elterjedést mutató lázerek, mikrohullámu berendezések.

Fontos kérdés, hogy a tényleges genetikai dózisban az elektronikus termékek részaránya pontosan mekkora és indokolható-e, továbbá, hogy csökkenő vagy növekvő tendenciáju.

A veszély csökkenése irányában hat a tranzisztorizálás, különösen az egyenirányitók és ballaszt triódák kicserélése félvezetőelemekre. A lakosság sugárexpoziciójának növekedése várható viszont a lázer és különösen a mikrohullámu készülékek elterjedésétől.

Kivánatosnak látszik hazánkban is átfogó ellenőrzési program bevezetése, részletes és egyértelmü előirások megfogalmazása, a méréstechnika korszerüsitése és egységesitése, a kisenergiáju és kisintenzitásu sugárzások biológiai hatásának jobb megértésére irányuló vizsgálatok kiszélesitése.

IRODALOM

1. ICRP Publ. 3, 27 o. Pergamon Press
2. Proc. Radiological Protection Problems Associated with Parasitic X-Ray Emission from Electronic Products Toulouse 3-6 XI. 1970. CID Luxembourg, mars 1971 EUR 4640 d-f-e
3. ugyanott 297. o. O'Riordan, M.C., Casbolt, P.N.
4. ugyanott 287. o. Becker, S.
5. ugyanott 593. o. Faloci, C., Susanna, A.
6. ugyanott 311. o. Lorentzon, L.
7. ugyanott 127. o. Jones, I.S., Clayton, R.F.
8. ugyanott 55. o. Metivier, R., Palluel, P.
9. ugyanott 69. o. Biró T. és munkatársai
10. ugyanott 477. o. Casbolt, P.N., O'Riordan, M.C.
11. Biró T., Uchrin Gy., Vágó Gy., Szücs T.: Sugárzásmérések elektronsugaras hegesztő és gőzölő berendezéseken. "HIKI" Közleményei XI. /1971/ 2 21. o.
12. Biró T. nem publikált mérések.
13. Premier Congrès Européen d l'AIRP /IRPA/ Menton, 1968. SCPR Le Vésinet 1971. 175. o. Berthaud, M., Penotet, M.H.
14. Lehman, R.L., X-ray Measurements near High-Power Klystrons; Science 169, 52. o. 1970
15. Макарева, Л.А., Гигиения труда и профессионального заболевания 13 /1969/ февр. 53.

HÍREK

NUKLEÁRIS ENERGETIKA

Az amerikai atomenergia-bizottság ugy határozott, hogy 1974-ben megkezdi mintegy 50 000 tonna uránfeleslegének eladását. Az USA azonban jelentős uránmennyiséget vissza is tart, amelynek nagyságát nemzetbiztonsági okokból nem hozták nyilvánosságra.
Dolgozók Lapja /Komárom/ 1971. október 15.

Az NSzK - japán müszaki - tudományos együttmüködés keretében a nyugatnémet Gesellschaft für Kernforschung és a japán Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation ötéves együttmüködési szerződést kötött a reaktorfizika, a nátriumtechnológia stb. területén.
Kerntechnik 1971. szeptember.

Az Európai Közös Piac államai, valamint Anglia, Kanada, Japán és Ausztrália együttmüködési szerződést kötöttek az Egyesült Államokkal urándusitásra.
Kerntechnik 1971. szeptember

IPARI IZOTÓPALKALMAZÁS

A Dunaujvárosban alkalmazott neutrongenerátor segitségével az acélgyártási technológiát lépésről lépésre nyomon tudják követni, és az összetétel megváltoztatására közbe tudnak avatkozni.
Népszava 1971. szeptember 23.

Svéd kutatók radioaktiv TiT_2 /titán-tritid/ vékonyréteg-sugárforrást használnak a nukleáris medicinában, implantált energiaforrásként. A β-sugárzás maximális energiája 18 keV, igy árnyékolásra nincs szükség. A felezési idő 12,3 év.
Kerntechnik 1971. szeptember.

HELYESBITÉS

Mult számunkban Bojtor Iványt Bojtor Istvánnak neveztük. Elnézést kérünk.

MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA

309.024

IZOTÓPTECHNIKA

14. ÉVFOLYAM 11. SZÁM

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA IZOTÓP INTÉZETE

IZOTÓPTECHNIKA

14. ÉVFOLYAM 11. SZÁM

BUDAPEST 1971. NOVEMBER

Szerkeszti és kiadja a Magyar Tudományos Akadémia Izotóp Intézete

A szerkesztő bizottság:

Bába Miklós
Fehér László
Földiák Gábor, a kémiai tudományok doktora /felelős főszerkesztő/
Gróz Péter
Gyimesi Zoltan
Illy József /titkár/
Kocsár László, az orvostudományok kandidátusa
Koncz József
Kovács Lóránté /munkatárs/
Máté Ferenc, a mezőgazdasági tudományok kandidátusa
Medveczky László, a fizikai tudományok kandidátusa

A szerkesztőség cime: MTA Izotóp Intézete, Bp. 114. Pf. 77. Telefon: 166-547/154

Számunk irói:

Bogáncs János, Csőke Antal, Nagy Árpád, Simonits András,
Szabó Elek, a kémiai tudományok doktora
MTA Központi Fizikai Kutató Intézet, Budapest, XII.
Konkoly-Thege ut

Deme Sándor, a fizikai tudományok kandidátusa,
Jazvickij J.Sz., Nazarov, V.M.
Egyesitett Atomkutató Intézet, Dubna, Szovjetunió

Rózsa Sándor, Tóth Endre
MTA Izotóp Intézet, Budapest, XII. Konkoly-Thege ut

Magyar Miklós, a kémiai tudományok kandidátusa,
Mózes Gyula
Magyar Ásványolaj- és Földgázkisérleti Intézet,
Veszprém, Wartha V.u. 1.

Fehér László
Fővárosi Közegészségügyi és Járványügyi Állomás,
Budapest, XIII. Váci ut 174.

Krasznai István
Semmelweis Orvostudományi Egyetem I. sz. Belklinika,
Budapest, VIII. Korányi S. u. 2/a

Ecsédi Károly
Belügyminisztérium, Budapest, VIII. Mosonyi u. 9.

Lengyel Tamás, a kémiai tudományok doktora,
MTA Izotóp Intézet, Budapest, XII. Konkoly-Thege ut

Felelős kiadó: Földiák Gábor, az MTA Izotóp Intézetének igazgatója

Készült a MTA Központi Fizikai Kutató Intézetének házi sokszorositójában F.v.: Gyenes Imre

Eng. sz.: III/4oo/s/215/71. Budapest
1971. 11. szám

Index-szám: 25.399
Törzsszám: KFKI 72-6278

Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető bármely postahivatalnál, a kézbesitőknél, a Posta hirlap-üzleteiben és a Posta Központi Hirlap Irodánál /KHI Budapest V. József nádor tér 1./ 215-96162 pénzforgalmi jelzőszámára.

Évi előfizetési dija: 24o.- Ft

Egyes szám ára: 2o.- Ft

MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA

T A R T A L O M

Az IBR-2 impulzusreaktor aktivációs analitikai alkalmazásának lehetőségei..... 493
Bogáncs J., Csőke A., Nagy Á., Simonits A., Szabó E., Deme S., Jazvickij J.Sz., Nazarov V.M.

Возможности применения импульсного реактора ИБР-2 в области активационного анализа
Neutron Activation Analysis with a Periodically Pulsed Reactor

Korszerü neutronmoderációs technológiai nedvességmérő berendezés és alkalmazásának tapasztalatai..... 512
Rózsa S., Tóth E.

Современный технологический влагомер, работающий по принципу замедления нейтронов и некоторые опыты его применения
An Up-To-Date Technological Neutron Moderation Moisture Gauge and Some Experiences of Its Application

Radioaktiv hulladékok bitumenbe történő beépitésének helyzete és jövője Magyarországon..... 519
Magyar M., Mózes Gy., Fehér L.

Положение и будущее метода включения радиоактивных отходов в битум в Венгрии
The Present State and Future of Incorporation of Radioactive Wastes into Bitumen in Hungary

Háttérkivonási módszerek jelentősége a szcintigráfiában..... 529
Krasznai I.

Значение методов вычитания фона в сцинтиграфии
The Importance of Methods of Background Extraction in Scintigraphy

Radioaktiv anyagok rendészeti ellenőrzésének tapasztalatai..... 542
Ecsédi K.

Опыты по наблюдению органами Министерства внутренних дел за радиоактивными веществами
Experiences of Police Control of Radioactive Materials

KIADVÁNYOK..... 548

HIREK..... 549

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 11. szám

Az IBR-2 impulzusreaktor aktivációs analitikai alkalmazásának lehetőségei

BOGÁNCS J.[x], CSŐKE A.[x], NAGY Á.[x], SIMONITS A.[x], SZABÓ E.[x]
DEME S.[xx], JAZVICKIJ, J.Sz.[xx], NAZAROV, V.M.[xx]
[x]MTA Központi Fizikai Kutató Intézet, Budapest
[xx]Egyesitett Atomkutató Intézet, Dubna

Az impulzusreaktorral végezhető aktivációs analitikai munkák főbb jellemzői. A neutronszelektiv besugárzás, a prompt γ-sugárzás és rövid felezési idejű izotópok aktivációs analitikai alkalmazásának előnyei.

Возможности применения импульсного реактора ИБР-2 в области активационного анализа

Боганч, Я., Чеке А., Надь А., Шимонич ., Сабо Э., Деме Ш., Язвицкий, Ю.С., Назаров, В.М.

Основные характеристики активационно-аналитических работ, выполняемых при помощи импульсного реактора. Выгоды применения нейтронно-селективного облучения, захватного γ-излучения, а также короткоживущих изотопов.

Neutron Activation Analysis with a Periodically Pulsed Reactor
Bogáncs J., Csőke A., Nagy Á., Simonits ., Szabó E., Deme S., Yazvitskiy, Y.S., Nazarov, V.M.

The main characteristics of the analytical methods using a periodically pulsed reactor. Advantages of neutron-selective irradiation, neutron capture and short lived species for activation analysis.

1967-ben a dubnai Egyesitett Atomkutató Intézet egy rövid ismertető anyagot tett közzé, amelyben bejelentették, hogy egy 4 MW-os impulzusreaktor megépitését tervezik 1973-75-ös határidővel, és felkérték a tagországokat, hogy az uj reaktor felhasználására tegyenek javaslatot. A KFKI Kémiai Főosztályán előzetes számitásokat végeztünk és tanulmányt állitottunk össze az impulzusreaktor aktivációs analitikai felhasználásának lehetőségeiről. 1970. áprilisában Dubnában a tervezett impulzusreaktor felhasználásával foglalkozó szakértői értekezleten ismertetett előzetes tanulmányterv [1] jelentős érdeklődést keltett, ami további ösztönzést adott a témával való intenziv foglalkozásra. Ezek után az előzmények után a mult év szeptemberétől a Kémiai Főosztály munkatársai 3 hónapot töltöttek Dubnában, hogy a helyszinen szerzett adatok és a dubnai szakértőkkel való konzultációk alapján átfogó tanulmánytervet dolgozzanak ki az IBR-2 elnevezésü impulzusreaktor aktivációs analitikai felhasználásának elvi lehetőségeiről és a létesitendő aktivációs analitikai laboratórium besugárzó- és mérőrendszereinek kialakitásáról. E munka keretében kidolgozott javaslatokról és eredményekről számolunk be röviden a továbbiakban.

Fontosabb fejlődési irányok

Ismeretes, hogy az aktivációs analizis az elmult évtizedben a nyomanalitika

egyik legnagyobb teljesitőképességü módszerévé fejlődött. Érzékenysége sok elemnél meghaladja az ismert analitikai eljárásokét /több mint 65 elemből 0,05 μ még kimutatható/, egyes esetekben az érzékenység eléri a 10^{-12} μ-ot. A nagyfluxusu reaktorok mellett világszerte aktivációs analitikai laboratóriumok települtek, a módszer széles körben és rohamosan elterjedt, amit már önmagában is jól jellemez az a tény, hogy napjainkig a tárgykörben közel 10 000 publikáció jelent meg. /Ebből 1970-ben 800/.[2]

Az utóbbi néhány évben azonban kiéleződött a verseny a nyomanalitikában. Néhány analitikai módszer, mint például a szikragerjesztésü tömegspektrometria, az elektronmikroszondás vizsgálat, az atomabszorpciós spektrometria is nagymértékben fejlődött, és bebizonyosodott, hogy egyes esetekben előnyösebben alkalmazható az aktivációs analizisnél. A fokozódó versengés arra késztette az aktivációs analitikával foglalkozó kutatókat, hogy a módszert szigoru kritikai vizsgálat alá vegyék, és fokozzák erőfeszitéseiket a hiányosságok kiküszöbölésére és a módszer továbbfejlesztésére.

Azért, hogy az aktivációs analizis megőrizze és megerősitse vezető szerepét a nagyérzékenységü vizsgálatok körében, az alábbi területek fejlesztése látszik szükségesnek:

1. Mindenek előtt növelni kell az aktivációs analizis pontosságát és reprodukálhatóságát. Az aktivációs analizis közismerten mérsékelt pontosságu eljárás, rutinméréseknél a hiba $\pm$10% körül van. Ezért az utóbbi években jelentős erőfeszitések történtek a pontosság növelésére. Előtérbe került az egy vagy több komparátor, fluxusmonitor használata, a gamma-spektrométer nagymértékü fejlesztése, pulzeres kalibrálása és fokozott számitógépes spektrumkiértékelés.

2. Másrészt tovább kell növelni a módszer érzékenységét. Az érzékenység egyrészt növelhető a jelenlegi általánosan használt 10^{13} n/cm^2.s-os neutronfluxus növelésével. Az érzékenységet általában korlátozza az a tény, hogy a besugárzott minta spektrumában megjelenő γ-vonalak egymás kiértékelését zavarják, és igy a meghatározás érzékenységét csökkentik. Ezen a módszer szelektivitásának növelésével segithetünk. A szelektivitás növelhető magfizikai mérési módszerek, mint koincidencia kapcsolások, anti-Compton-spektrométerek stb. alkalmazásával, valamint a zavaró aktivitás kémiai elválasztásával. További lehetőség, hogy a mintát nem a termikus reaktorok heterogén eloszlásu neutronjaival sugározzuk be, hanem a magreakciók gerjesztésének energiafüggését kihasználva a mintákra csak bizonyos energiatartományba eső neutronokat bocsátunk, azaz már a besugárzást is szelektiven végezzük, igy a kivánt elemek érzékenysége növelhető.

3. Harmadsorban ki kell terjeszteni a vizsgálandó elemek körét további elemekre. Ismeretes, hogy az aktivációs analizis egyes elemekre egyáltalán nem, vagy csak nagyon körülményes módon alkalmazható. A stabil izotópok egy részét például az /n,γ/ reakció egy másik stabil izotóppá transzformálja, igy nem keletkezik mérhető aktivitás. Tipikus példája ennek a könnyü elemek közül a H, O, B. Más elemek, mint például S és a P tiszta β-sugárzók, igy értékelésük

körülményes. Nem alkalmazható az aktivációs analizis olyan esetekben sem, ahol a termékmag felezési ideje tul rövid, /rendszerint $T_{1/2} < 10$ s/ vagy tul hosszu /$T_{1/2} >$ néhány év/, mert mig az előbbi lebomlik, mire mérésre kerül, az utóbbi esetében nem keletkezik elegendő aktivitás. Mindezek szükségessé tették, hogy az ismert /n,γ/ reakciók mellett például a gyorsneutronos /n,p/,/n,α/,/n,2n/ reakciókat is felhasználják az analitikai vizsgálatokban, valamint az ultragyors besugárzórendszerek fejlesztését a rövid /ms/ felezési idejü izotópok vizsgálatára. További lehetőség a magreakciók során keletkezett promptsugárzások mérésén alapuló aktivációs analizis. Ez utóbbi felhasználásának nagy előnye, hogy a promptsugárzás nem függ a termékmag nukleáris tulajdonságaitól, és rendszerint jól mérhető nagyenergiáju 5 - 10 MeV tartományba esik. Legnagyobb hátránya, hogy a méréseket a besugárzással egyidőben kell végezni, igy a méréstechnikai problémák jelentősek.

Összefoglalva megállapithatjuk, hogy az aktivációs analitika előrelépését és továbbfejlődését a gyors kémiai elválasztások, a neutronszelektiv besugárzási és gyors mintaszállitási rendszerek fejlesztésével segithetjük elő, valamint olyan rendszerek kifejlesztésével, amelyek prompt- és rövid felezési idejü sugárzások mérésére alkalmasak. A kutatások a felsorolt területeken a KFKI-ban beindultak, és jelenleg is folynak. Az előzetes számitások azt mutatják, hogy a felsorolt területek nagy részében az impulzusaktiválás jelentős előnyöket nyujt, és egyes esetekben unikális lehetőséget biztosit.

Kisérleti lehetőségek

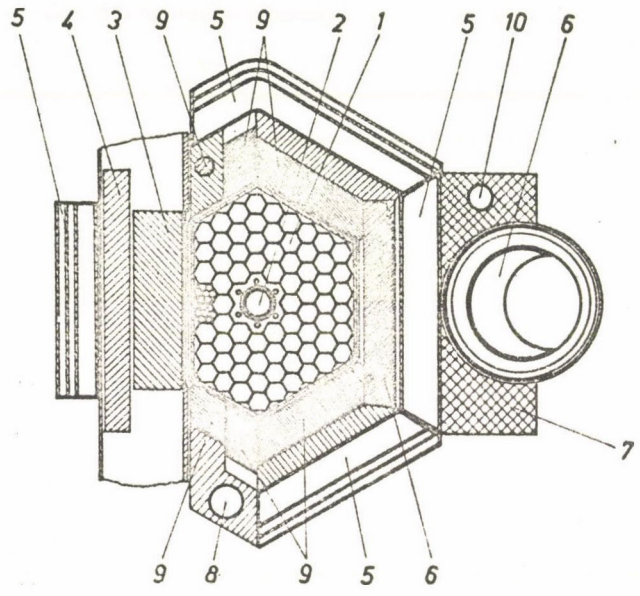
A különböző országokban épült, müködő kisérleti reaktorok száma mintegy százra tehető jelenleg. Ezek döntő többsége az un. termikus reaktorok kategóriájába tartozik, ahol a fütőelemek közé elhelyezett moderátoranyagok /rendszerint viz vagy grafit/ a hasadáskor keletkezett gyorsneutronokat lelassitják, tehát a láncreakciót lényegében termikus neutronok tartják fenn. A fütőelemek közé elhelyezett bór- vagy kadmiumrudakkal a reaktor teljesitménye szabályozható. A termikus reaktorok neutronspektruma lényegében három csoportra osztható:

- a hasadáskor keletkező gyorsneutronokra, amelyek 100 keV-től 20 MeV-ig terjedő, un. hasadási spektrumot alkotják;
- az 1/E lefutásu epitermikus vagy rezonancianeutronokra;
- a moderátor atomjainak termikus rezgését átvevő, Maxwell-eloszlásu termikus neutronokra, amelynek energiatartománya 0,001 eV-től 0,5 eV-ig terjed.

Látható, hogy a neutronspektrum mintegy 10 nagyságrendet fog át, és az egyes csoportok elkülönitésére termikus reaktoroknál, a reaktor konstrukciójának következtében, kevés lehetőség kinálkozik.

Az IBR-2 reaktor egyik jelentős eltérő tulajdonsága, hogy a zóna hagyományos értelemben vett moderátort nem tartalmaz, tehát ugynevezett gyorsreaktor, ahol a gyors jelző a neutronspektrumra vonatkozik. A reaktor alaphelyzetben szubkritikus állapotban van. A zóna leghosszabb oldalán két, különböző fordu-

latszámmal, egymással ellentétesen forgó reflektort helyeztek el. A periódusidőnek megfelelően másodpercenként 5 vagy 50 alkalommal a két reflektor fedésbe kerül, egy pillanatra mintegy lezárja a zónát, a reaktor szuperkritikus lesz, a neutronsokszorozás megnő. A fütőelemek felmelegednek, amelynek következtében a zóna kitágul, közben a reflektorok már elfordultak, és igy önmagát lefojtva a teljesitmény csökken, az impulzus megszünik. A zónában a neutronimpulzus csucsban 10^{18} n/cm^2.s-os értéket is elérheti, ami a kitöltési tényezőt figyelembe véve 3,5 x 10^{14} stacionár fluxusnak felel meg.



1. ábra

IBR-2 impulzusreaktor zónaelrendezése.

1. fütőanyag
2. középponti besugárzócsatorna
3., 4. mozgó reflektorok
5. könnyüviz moderátorrétegek
6. hideg moderátor
7. hideg moderátor reflektora
8. besugárzócsatorna a reflektorban
9. szabályzórudak
10. besugárzócsatorna a reflektorban

Az 1. ábrán, a [3]-munka alapján, közöljük az IBR-2 reaktor zónájának a felépitését. A reaktor fontosabb jellemző adatait pedig az 1. táblázatban foglaltuk össze. Az összehasonlithatóság és áttekinthetőség céljából a táblázatban feltüntettük néhány ismertebb stacioner üzemü neutronforrás adatait is. Feltüntettük még két impulzusüzemü neutrongenerátor és három, IBR-től eltérő tipusu impulzusreaktor adatait. Ez utóbbiak közül legjellemzőbbnek az 1958. óta elterjedten használt TRIGA reaktorokat, az 1964-ben megépitett SUPER KUKLA nagyteljesitményü impulzusreaktort /ez azonban max. 8 óránként 1 impulzus leadására képes/, valamint a tervezés alatt álló SORA impulzusreaktort tekintettük.

1. táblázat

Nagyintenzitásu neutronforrások besugárzóhelyen vett adatainak összehasonlitása

jellemző neutronforrások	jellemző átlagenergia MeV	stac. üzemben átlaghozam n/s v.teljesitmény	átlagfluxus $n/cm^2.s$	impulzus üzemben csucsfluxus vagy csucshozam	impulzushossz /us	ism.frekv. imp/s	év	hely	hiv.
izotópforrások									
^{238}Pu-Be	4,0	5.10^{10}	$\sim 10^8$	-	-	-	1978 x	-	/4/
^{252}Cf	2,3	5.10^{10}	$\sim 5.10^8$	-	-	-	1978 x	-	/4/
stac. reaktorok									
VVRSZM	termalizált	5 MW	3.10^{13}	-	-	-	1967	KFKI,Bp.	/5/
	gyors		$2,9.10^{12}$	-	-	-			
HFIR	termalizált	100 MW	4.10^{15}	-	-	-	1964	Oak-Ridge	/6/
generátorok									
NA-2	14,0	10^{10}	10^9	-	-	-	1966	KFKI,Bp.	/7/
NGI-1	14,0	-	-	3.10^8 n/s	0,7	max. 10	1968	NYIIRT	/8/
A-801	14,0	-	-	2.10^{13} n/s	3,5	max. 10	1969	KAMAN NUCL.	/9/
imp. reaktorok									
TRIGA MARK I.	termalizált	250 kW	$4,3.10^{12}$	$2,8.10^{16}$	15000	max. 1/5 min	1958	Calif.San Diego	/10/
	gyors		$3,5.10^{12}$						
SUPER KUKLA	gyors	-	-	9.10^{17}	700	max. 1/8 h	1964	USA	/11/
SORA	gyors	1 MW	$8,7.10^{13}$	$3,6.10^{16}$	54	50	- x	ISPRA	/11/
IBR-30	gyors	30 kW	$2,5.10^{12}$	3.10^{15}	50	5	1960	DUBNA	/3/
IBR-2	gyors	4 MW	$3,5.10^{14}$	4.10^{16}	90	50	1975 x	DUBNA	/3/

x Tervezett értékek

Neutronszelektiv besugárzás

A IBR-2 zónakonfigurációjának a következménye, hogy a zóna belsejében gyakorlatilag tiszta gyorsneutronos spektrum van, 3,5 x 10^{14} átlagos fluxussal. Ez egyedülálló lehetőséget biztosit a gyorsneutronos reakciók tanulmányozására és aktivációs analitikai vizsgálatára. A várható érzékenységnövekedés szemléltetésére néhány viszonyszámot közlünk.

Ismeretes, hogy gyorsneutronos aktiválásra jelenleg csaknem kizárólagosan 14 MeV-es neutrongenerátort alkalmaznak. A reakció-hatáskeresztmetszetek néhány, analitikai szempontból fontos és csak gyorsneutronokkal meghatározható elem esetén:

reakció	σ_{14}/mb/	σ_{fiss}/mb/	$\sigma_{14}/\sigma_{fiss}$
$^{16}O/n,p/^{16}N$	39	0,019	2050
$^{28}Si/n,p/^{28}Al$	220	4,0	55
$^{34}S/n,p/^{34}P$	85	0,6	140
$^{56}Fe/n,p/^{56}Mn$	110	0,87	130
$^{19}F/n,\alpha/^{16}N$	50	6	9
$^{31}P/n,\alpha/^{28}Si$	150	1,2	125

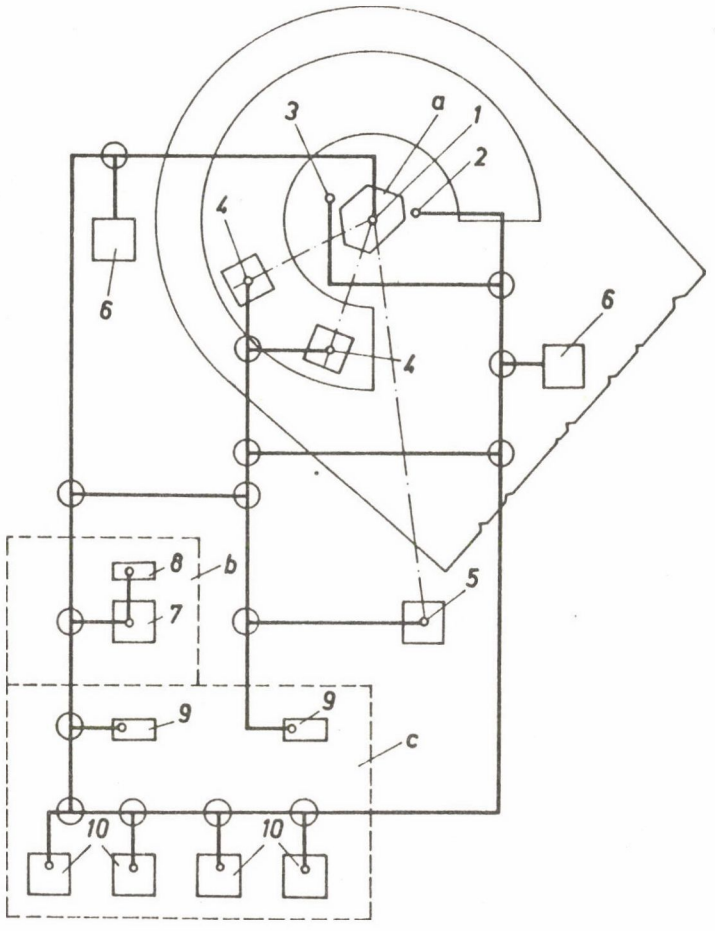
Tehát hatáskeresztmetszetben a 14 MeV-es neutronok javára 1 - 3 nagyságrend különbség adódik. Figyelembe véve azt a tényt, hogy a neutrongenerátorokkal megvalósitható 10^8 - 10^9 neutronfluxus 5 - 6 nagyságrenddel alatta marad a tervezett reaktor gyorsfluxusának, a várható érzékenységjavulás 3 - 4 nagyságrend, ami nagyon jelentős mértékü.

A tervezett reaktor kialakitásának további előnye, hogy a gyorsneutronok moderálását differenciáltan valósithatjuk meg a különböző tipusu és hőmérsékletü moderátorok elhelyezésével /1. ábra/, igy különböző neutroncsoportokat nyerhetünk. Az ábrán a 300 ^{o}K-os, szobahőmérsékletü moderátor a szokásos termikus neutronfluxust állitja elő. A középső, 22 ^{o}K-ra lehütött moderátorban az un. hideg neutronokat állithatjuk elő. Hideg neutronokkal aktivációs analitikai vizsgálatok még nem folytak, azonban ismerve, hogy a reakció-hatáskeresztmetszetek nagy része a termikus tartományban az 1/v törvényt követi, igy az érzékenység nagymértékü növekedése várható. Figyelembe véve az igen kis energiáju / < 0,001 eV/ neutronok növekvő önabszorpcióját, a hideg neutronokkal várhatóan a minták felületi szennyezésének extrém érzékenységü meghatározását remélhetjük.

A harmadik moderátor egy 2000 ^{o}K-ra felfütött moderátor, amelyben a neutronspektrum a megnövekedett hőmérséklet miatt a néhány eV-os rezonanciatartományba tolódik el. Ebben a moderátorban, vagy közelében elhelyezett besugárzó helyen a nagy rezonancia-hatáskeresztmetszetü nyomszennyezők aktiválhatók szelektiven.

Az eddig elmondottakból látható, hogy az impulzusreaktornál mindazok a vizsgálatok elvégezhetők, mint az ismert termikus reaktoroknál 1 - 2 nagyságrenddel nagyobb átlagfluxussal, ugyanakkor a neutronszelektiv besugárzás

lehetősége például egy VVRSZ-tipusu reaktorhoz képest számottevően megnő. Mindezek a tények arra a következtetésre vezettek, hogy az IBR-2 reaktorhoz, kezdeti lépésként, egy lassu /a minta futási ideje ~5 s lesz/ csőpostarendszer megépitését javasoljuk. A tervezés alatt álló pneumatikus csőpostarend-



2. ábra

IBR-2 impulzusreaktorhoz tervezett pneumatikus csőpóstahálózat vázlatos elrendezése.

a/ IBR-2 zónaelrendezés /lásd 1. ábra/.
   1., 2., 3. függőleges besugárzócsatornák
   4., 5. besugárzóhely vizszintes csatornánál
   6. vivőgáz-elválasztó zsiliprendszer
b/ aktivitásszint-ellenőrző és -tároló
   7. mérőhely
   8. tároló
c/ mérőszoba
   9. mintaadagolók
  10. alacsonyhátterü mérőhelyek

szer vázlatos felépitése a 2. ábrán látható. A három besugárzóhelyes /egy a zóna centrumában, kettő a moderátorokban/ mintaszállitórendszer alkalmas a minták különböző detektorokhoz történő közvetlen szállitására, a minták átcsomagolására és tárolására. A 10 - 20 m/s mintaszállitási sebesség mindenekelőtt a néhányszor 10 s feletti felezési idejü izotópok vizsgálatát teszi lehetővé. Következésképpen ilyen berendezések esetén az IBR-reaktor impulzus jellege nem használható ki, illetve az impulzusüzemben való müködés nem jelent külön előnyt. A reaktor egy átlag teljesitményen müködő stacioner reaktornak tekinthető. Az impulzusüzem jelentősége a rövid felezési idejü és promptsugárzások mérésénél jelentkezik.

Promptsugárzások mérése impulzusüzemben

A promptsugárzás a neutronbefogást 10^{-12} - 10^{-15} s mulva követi, az un. összetett mag elbomlása során, igy a minta mérésének a besugárzással egyidőben kell történnie. Nyalábban végzett promptsugárzásmérések termikus reaktorok mellett is végezhetők. Termikus stacioner reaktoroknál azonban az állandó üzemmód mellett a neutronnyalábban nemcsak a termikus neutronok jelennek meg, hanem az epi- és gyorsneutronok, a reaktor szerkezeti anyagainak és a reaktor magjának jelentős γ-háttere, a vizmoderátorból származó kemény prompt- γ -sugárzás stb. Azt mondhatjuk, hogy egy reaktor általában azonos intenzitásu neutron- és γ -forrásnak vehető, igy nyalábméréseknél a minta spektrumába belemérjük a reaktor γ-spektrumát is, ami a kiértékelést ebben az esetben csak nagy veszteséget jelentő csopperek közbeiktatásával teszi lehetővé. Itt jelentkezik az impulzusüzem előnye. Tekintsük át röviden két impulzus közti időben lezajló folyamatokat. A reaktorimpulzussal, szemléletesen szólva, elindulnak a különböző sebességü neutronok a néhány méterre elhelyezett minta felé. Először a villanással egyidőben keletkező γ-sugárzás éri a mintát, majd időben a gyors- és epitermikus neutronok következnek, mig végül a termikus neutronok érik a mintát. Például 8 m-es zóna - minta-távolságnál a termikus neutronok 2 - 3 ms mulva érik el a mintát, igy ha a mérődetektort a reaktorvillanás után néhány ms mulva kapcsoljuk be, csak a termikus neutronok által keltett prompt- és rövid félidejü aktivitásokat mérjük. Mivel a reaktor periódikus, a mérés automatikusan ismétlődik. A mintát érő neutronspektrum kedvezően, kis veszteséggel formálható a reaktorimpulzussal szinkron forgó neutronszelektorok alkalmazásával. A megfelelően elhelyezett és konstruált neutronszelektor csak akkor nyit, amikor a kivánt energiáju neutron érkezik, például termikus neutronok, a többi neutronokra és - sugárzásra gyakorlatilag zár, tehát mint egy szinkron "zár/nyilás"-berendezés képzelhető el, amelynek müködése a stacioner termikus reaktoroknál szokásosan alkalmazott csoppereknez képest lassu. Az igy felépitett rendszerrel a zavaró sugárzások több nagyságrenddel csökkenthetők.

A rendelkezésünkre álló irodalmi adatok alapján felmérést végeztünk 1970-es évet megelőző aktivációs analitikai munkákról, amelyekben reaktorral történő besugárzással prompt- γ-mérést használtak fel analitikai célra.

MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA

2. táblázat

Áttekintés a prompt- γ-sugárzás mérésével végzett aktivációs analitikai munkákról

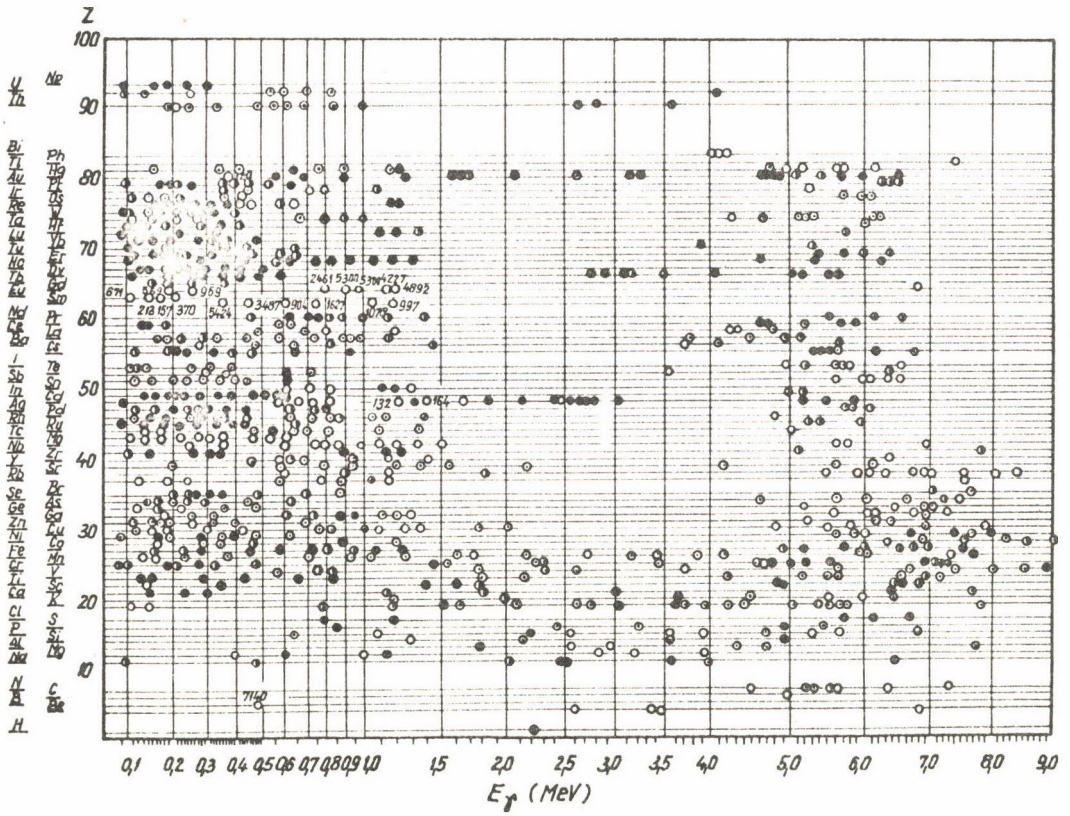
a publikálás éve	szerző	reaktortípus teljesítmény, fluxus a zónában	fluxusparaméterek a mérőhelyen Φ_{th} n/cm^2.s	R_{Cd} Au	Φ_{gy} n/cm^2.s	Φ n/cm^2.s	D	fluxusviszony formálása	vizsgált matrix	analizált elem /érz/	detektor	megjegyzés
1964	Lobanov		10^8						5 g nagytisztaságu Si	B /0,1 ppm/	1,5" NaI	
1965	Greenwood	IITRI 75 kW $1x10^{12}$	$3,6x10^6$		$\Phi_{\gamma}=2x10^5$	$3,3x10^{6x}$		kollimátor, zónaátrendezés				*detektor háttérrel együtt
1966	Isenhour		$1,8x10^6$					Cd-csopper 1000 ford/min		B	3"x3" NaI	alapvető cikk
1967	Lombard	mod.ARGONAUT UWNR, 100 kW $1,2x10^{12}$	$1,2x10^7$	129	$7,2x10^5$	$7,8x10^6$	4 rem/h	20 cm kvarcszürő+ grafit+Pb-koll.+ Cd-csopper		B /100 ppm/ Cd/100 ppm/	NaI	
1967	Greenwood		$6x10^6$						30 g kőzet	Na,Al,Si,K, Ca,Tl,Mg,Fe /0,06-34 %/	1 cm^3 Ge/Li/	első félvezető detektoros cikk
1967	Rasmussen		$5x10^8$						30 g szén	H/5%/, S /1%/, Si /0,5%/, N /1%/, K /0,01%/Fe,Ti,Al	30 cm^3 Ge/Li/	
1968	Lombard	UWRN 100 kW 10^{12}	$1,1x10^7$				20 mR/h 1 m-re	szürő+Cd-csopper		Eu /0,5 ppm/ Gd /0,2 ppm/ B /0,9 ppm/ Sm /0,6 ppm/	20 cm^3 Ge/Li/	
1968	Lomar		$4,5x10^7$					35 m neutronvezető 2x5 cm-es téglákból, belül Ni R: 840 m	vér, haj, csont, biol. anyag	B /1 μg/ H /10^3 mg/	20 cm^3 Ge/Li/	

Az egyes mérések során használt kisérleti összeállitások főbb nukleáris paramétereit, valamint az analitikai szempontból fontos érzékenységi adatokat a 2. táblázatban foglaltuk össze. A táblázatból megállapitható, hogy az alkalmazás mindössze néhány éves multra tekinthet vissza, és összességében nézve szórványosnak mondható, ami részben a nehezen megoldható kisérleti feltételekkel magyarázható. A mintát érő fluxus /10^6 - 10^8 n/cm^2.s/ elég jelentős az epitermikus és γ-fluxus mellett /~10^5 - 10^6/, ami azt bizonyitja, hogy az alkalmazott összetett /Pb + B + grafit/ kollimátorokkal és kvarc szürőkkel nem érhető el tiszta termikus fluxus. Kivételt képez a Saclay-ban felállitott neutronvezetőcső alkalmazása, ahol a görbültség révén az epitermikus és reaktor-γ-fluxus elhanyagolható. A különböző energiáju neutronok és a γ-sugárzás detektorba való szóródását általában azzal igyekeznek csökkenteni, hogy a detektort erős árnyékolással veszik körül /10 cm Pb/, és a mintából beszóródó termikus neutronokra LiF szürőt alkalmaznak. A kollimátorok és szürők ellenére a hátéreffektus még mindig jelentős, amelynek egy része a mintában a felezési időtől függően felépülő késő- γ-sugárzás. A háttér korrekcióbavételére, jelenleg egyetlen megoldást, a Cd-szaggatót alkalmazzák/ Isehour 1966/. Az eljárás lényege, hogy egy forgó aluminium korongra egy vagy két Cd-szegmenst erősitenek, amely a stacioner reaktorfluxusból csak időnként ereszti át a termikus /kadmium alatti/ fluxust. A szaggató egy sokcsatornás analizátorral van szinkronizálva, amely abban az időintervallumban, amig a Cd-szegmens a csatornát lezárja, háttérkivonást végez. A Cd-szaggatót ugy tervezték, hogy fordulatszáma széles határok között változtatható legyen. Alacsony fordulatszámnál rövid felezési idejü izotópok vizsgálhatók, mig a nagy /1000 cps/ fordulatszámnál a prompt- γ-aktivitások mérhetők előnyösen, tekintettel arra, hogy a $T_{1/2}$>1 ms felezési idejü késő- γ-sugárzások, mint háttér effektusok is korrekcióba vehetők. A módszer ugyan nem javitja a háttér statikus szórásából adódó érzékenységi hatást, azonban lehetővé teszi, hogy viszonylag rossz felbontásu /NaI/ detektor esetén is egyáltalán értékelhető spektrumot nyerjünk.

A korábbi prompt- γ-aktivációs analitikai munkák során is várható érzékenységet a viszonylag kis neutronfluxus és a jelentős szórt sugárzásból eredő háttér korlátozta. Mivel promptsugárzások mérésénél a mérési időintervallumok szükségképpen egybeesnek a besugárzási időintervallumokkal, az aktivitások mérése szempontjából elvileg közömbös, hogy azonos átlagfluxus esetén impulzusüzemü vagy stacionárius reaktort alkalmazunk. Jelentős háttérviszony-javulást eredményez az impulzusüzemmód abban az esetben, ha a promptsugárzások vizsgálatára a neutronnyalábot kivezetjük egy vizszintes vagy ferde csatornán a detektorhoz közel elhelyezett mintához. A közvetlen előny a neutronrepülési idő méréstechnika alkalmazhatóságából adódik. 6 - 8 m zóna - minta-távolság esetén még elérhető a 10^9 - 10^8 n/cm^2.s átlagos fluxusérték, ugyanakkor időkapuzott analizálással könnyen megoldható, hogy csak a termikus neutronoktól származó prompt-γ-aktivitásokat mérjük. Igy a gyorsneutronoktól származó zavaró prompt-γ-aktivitásokat és a rugalmatlan szórás zavaró hatását könnyen kiküszöböl-

hetjük. További nagy előnye az impulzusüzemmódnak, hogy a tényleges mérés az impulzusok közti időben történik, amikor a reaktor szerkezeti anyagából adódó prompt-γ-háttér már nagyságrendekkel kisebb, hiszen a reaktor már lényegében "leállt". A reaktor u.n. késő hasadási γ-sugárzásából eredő háttér és egyáltalán a reaktorból a mérés időtartama során jövő összes γ-háttér csökkentésére is van lehetőség azzal, hogy egy egyszerű forgószelektort helyezünk el a zónához közel, amelyet ugy szinkronizálunk, hogy az impulzusból eredő reaktornyalábot átengedje, és ezután zárjon végig a következő impulzusig. Igy mire a termikus neutronok a mintához érnek, és a mérés megkezdődik, a szelektor már zárt állapotban van, és a reaktorból jövő γ-sugárzás nem zavarja a mérést.

A promptsugárzások mérésénél nehézséget jelent a rendkivül bonyolult γ-spektrum kiértékelése. 4 - 5 komponens esetén 20 - 30 γ-vonal jelentkezik a spektrumban, igy a méréskiértékelés csak számitógépek segitségével végezhető. Ugyanakkor előnyös, hogy a prompt-γ-spektrum vonalainak többsége nagyenergiáju /3 - 10 MeV/, igy a minta önabszorpciója az esetek többségében elhanyagolható.



3. ábra

A különböző rendszámu elemekhez /Z/ tartozó prompt-γ-sugárzás jellemző energiái /E_γ/. Az intenziv vonalakat fekete pontokkal, a legintenzivebb vonalakat a fekete pont mellé irt számmal tüntettük fel /15/

A 3. ábrán azokat a prompt-γ-energiákat tüntettük fel a rendszám függvényében, amelyek várhatóan nagyérzékenységü aktivációs analizisre felhasználhatók. A vonalak relativ intenzitását különböző körökkel jelöltük /15/

Rövid felezési idejü izotópok vizsgálata impulzusüzemben

Az impulzusreaktorok előnye rövid félidejü izotópok vizsgálatánál abban van, hogy alkalmas mérőberendezés segitségével kihasználhatjuk a reaktor megnövekedett csucsfluxusát. Az impulzusreaktorok müködése rendszerint olyan, hogy a növekedés mértéke az impulzusszélességgel /Θ/ forditottan arányos. Rövid impulzusokhoz nagy fluxusnövekedés, széles impulzusokhoz /a stacioner üzem átlagfluxusához /Φ_o/ képest/ kis növekedés tartozik. Vagyis jó közelitéssel irhatjuk, hogy

$$\phi_o T = \phi_p \Theta \qquad (1)$$

T- az impulzusok ismétlődésének effektiv periódusideje, s

Φ_p- az impulzus idejére megjelenő csucsfluxus $n/cm^2.s$.

Végezzünk el most egy olyan számitást az impulzusüzemü reaktorok kihasználható előnyének a szemléltetésére, amelyben két azonos stacioner teljesitményü reaktort hasonlitunk össze. Az egyik reaktor csak stacioner üzemben, a másik csak impulzusüzemben müködik. Sugározzunk be azonos összetételü és mennyiségü anyagot mindkét reaktorban. Akkor a keletkezett aktivitások arányára irhatjuk, hogy

$$G = \frac{\phi_o \frac{T}{\Theta} \beta_\Theta \; \alpha_{t_w'} \; \frac{1}{\lambda} \; \beta_{t_d'}}{\phi_o \; \beta_{t_a} \; \alpha_{t_w} \; \frac{1}{\lambda} \; \beta_{t_d}} \qquad (2)$$

Feltételezzük a számitás során, hogy az impulzusüzemü reaktorban a besugárzás egyetlen impulzussal történik, vagyis a besugárzási idő $t_a' = \Theta$, és igy a felaktiválási faktor $\beta_\Theta = 1 - e^{-\lambda\Theta}$, a bomlási faktor $\alpha_{t_w'} = e^{-\lambda t_w'}$, ahol t_w' /pl. a minta csőpóstával történő szállitásához szükséges idő/ változó paraméter, végül azt, hogy a detektálási faktor $\beta_{t_d'} = 1$ /minden impulzust megszámoltunk/. A Φ_o átlagfluxusu stacioner reaktorral való besugárzásnál azt tételeztük fel, hogy minden faktor maximális értéket vesz fel; $\beta_{t_a} = \alpha_{t_w} = \beta_{t_d} = 1$, vagyis a mintát telitésig aktiváltuk, és minden impulzust veszteség nélkül megszámoltunk.

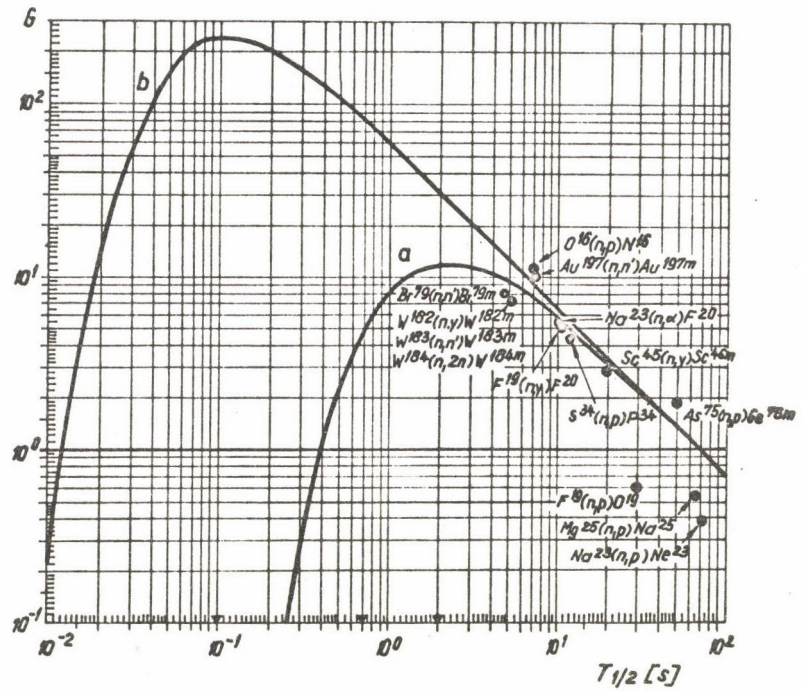
Ekkor a stacioner üzemhez képest az aktivitásnyereség /G/ a különböző felezési idejü izotópoknál /$T_{1/2} = \frac{\ell n 2}{\lambda}$ / eltérő értékeket vesz fel;

$$\text{Ha } T_{1/2} \to o \quad , \quad G = \left(\frac{T}{\Theta}\right)\beta_\Theta \, \alpha_{t'_w} \to \left(\frac{T}{\Theta}\right)$$

$$\text{Ha } \frac{dG}{d\lambda} = o \quad , \quad G = 0{,}368 \, \frac{T}{t'_w} \qquad (3)$$

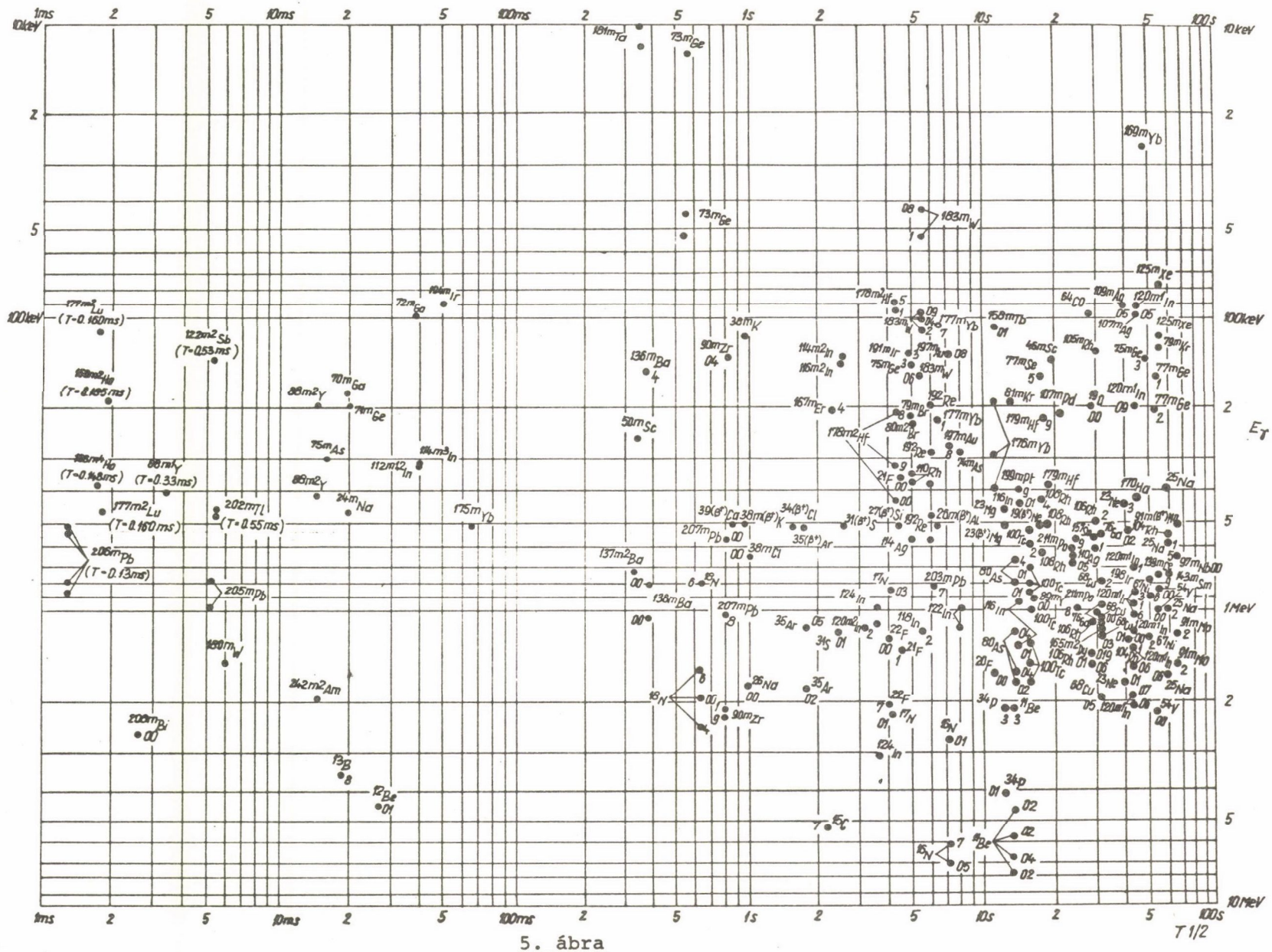
$$\text{Ha } \lambda \to o \quad , \quad G \to \left(T\ell n2\right)\frac{1}{T_{1/2}}$$

A számitott értékeket a 4. ábrán ábrázoltuk. T, Θ, t'_w paraméterek gyakorlati értékeit /12/ Guinn W.P. munkájából vettük, aki 250 kW stacioner teljesitményü TRIGA reaktoron végzett méréseket, mind stacioner, mind impulzusüzemben /1000 MW/, és a két üzem között méréseredményekkel tett összehasonlitást. Mint ahogy ez az ábrából jól látható, az általunk végzett számitások és a méréseredmények jó egyezést mutatnak. A Guinn által végzett méréseknél az 1000 MW impulzus adta lehetőségek akkor lettek volna jobban kihasználhatók, ha az alkalmazott



4. ábra

Impulzus- és stacioner reaktorban indukált aktivitások arányának /G/ változása a felezési idővel /$T_{1/2}$/. Az általunk számitott és Guinn W.P. által mért adatok jó egyezést mutatnak. A minta futási ideje t'_w = 3 s volt / a/ görbe /. Becsléseket végeztünk t'_w = 0,15 s esetre is / b/ görbe /, ami azt mutatja, hogy igy mintegy 100-szoros nyereséget lehetne elérni a stacioner üzemhez képest.



5. ábra

Rövid felezési idejü izotópok kétdimenziós /$T_{1/2}$, E_γ / térképe. Az alkalmazott számjelölések a vonal relativ intenzitását jelölik[114].

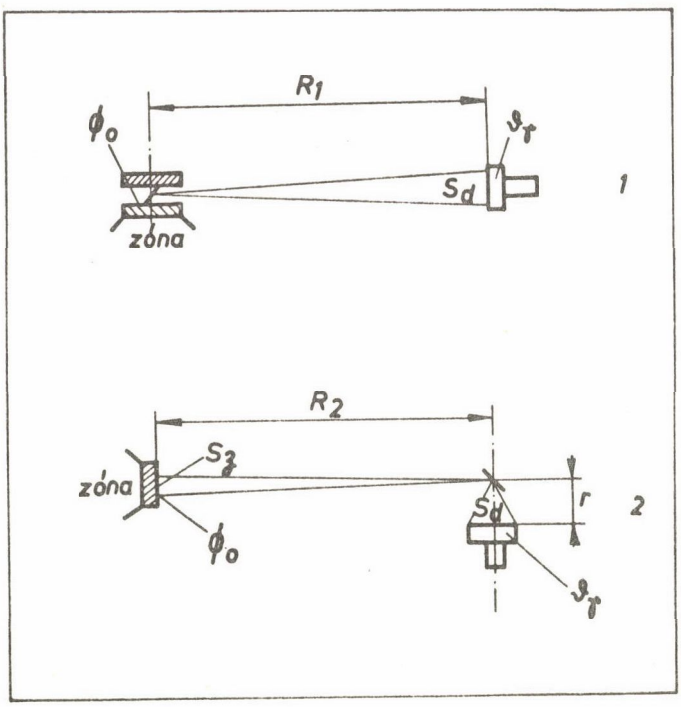
t'_w = 3 s futásidejü csőposta helyett /a) görbe/ egy, még technikailag jól megvalósitható t'_w = 0,15 s futásidejü csőpostát alkalmaz /b) görbe/. Ennél gyorsabb csőposták üzemeltetése és ezek impulzusüzemmel való szinkronizálása már jelentős technikai nehézségekkel jár. Megoldást az un. nyalábban történő mérések jelentenek, ahol besugárzás után a minta a nyalábban marad, és ugy mérjük a keletkezett aktivitást. Itt csupán megemlitjük, hogy ebben az üzemmódban lehetőségünk van a minták ciklikusan ismétlődő aktiválására is.

Az 5. ábrán azokat az E_γ -energiákat tüntettük fel a felezési idő függvényében, amelyekre 0,1 ms $< T_{1/2} <$ 60 s /14/.

A mérési elrendezés megválasztása promptsugárzás és rövid félidejü izotópok vizsgálatánál

Nyalábban végzett méréseknél a mintát elhelyezhetjük a zóna közvetlen közelében, de a detektort, háttér csökkentés céljából, a védelmi falakon kivül kell elhelyezni; vagy elhelyezhetjük mindkettőt a védelmi falakon kivül. Nem teljesen kézenfekvő, hogy ez utóbbi mérési elrendezést célszerü választani.

Számitásokat végeztünk a következő két esetben /6. ábra/.



6. ábra

A felaktiválandó minta két lehetséges elhelyezési módja, nyalábban végzett mérések esetén, 1. és 2. mérési elrendezés.

1. A minta a moderátor tangenciális csatornájában helyezkedik el. A tangenciális csatornában a várható termikus neutron átlagfluxus 10^{14} n/cm^2.s. A minta-detektor távolság 8 m, a detektor a reaktor biológiai védelmén kivül van.
2. A minta a $3{,}5.10^{12}$ n/cm^2.s.2π felületi intenzitásu moderátortól 8 m-re van, a csatorna átmérője a moderátornál 20 cm, a mintánál a nyaláb 2,5 x 2,5 cm-re van kollimálva.

Az 1. esetben a Φ_o átlagfluxusu zónafelület elé helyezett mintát kettős moderátorral vehetjük körül. Ez fluxusnövekedést eredményez, és igy a mintára eső Φ_1 fluxus többszörösen megnőhet, maximálisan

$$\phi_1 = 10^{14} \text{ n/cm}^2.\text{s} \tag{4}$$

értékre. A detektorra vonatkozó térszögfaktorra kapjuk, hogy

$$\Omega_1 = \frac{S_d}{4\pi R_1^2} ; \tag{5}$$

S_d - a detektor felülete.
A számlálási sebesség igy

$$n_1 = \phi_1 \Sigma_a \left(\frac{S_d}{4\pi R_1^2}\right) \vartheta_\gamma \tag{6}$$

Σ_a - a minta makroszkópikus aktivációs hatáskeresztmetszete, m_1 - mintatömegre vonatkoztatva,

ϑ_γ - a detektor térszögfaktor nélküli detektálási hatásfoka.

A 2. esetben hasonlóképpen járhatunk el. A mintát ért fluxus nagysága Φ_o átlagfluxusu zónafelületnél

$$\phi_2 = \frac{\phi_o S_\gamma}{2\pi R_2^2} \text{ n/cm}^2 \tag{7}$$

Továbbá a mintától r távolságra lévő detektor geometriai hatásfoka

$$\Omega_2 = \frac{S_d}{4\pi r^2} \tag{8}$$

A számlálási sebességre kapjuk, hogy

$$n_2 = \phi_o \left(\frac{S_\gamma}{2\pi R_2^2}\right) \Sigma_a \left(\frac{S_d}{4\pi r^2}\right) \vartheta_\gamma \tag{9}$$

Képezzük az n_1 és n_2 viszonyát, ahol $\Phi_1/\Phi_o = M$:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{(M\,\phi_o)\,\Sigma_a\left(\frac{S_d}{4\pi R_1^2}\right)\vartheta_\gamma}{\left(\frac{\phi_o\, S_\gamma}{2\pi R_2^2}\right)\Sigma_a\left(\frac{S_d}{4\pi r^2}\right)\vartheta_\gamma} = 2\pi\frac{M}{S_\gamma}\left(\frac{R_2}{R_1}\right)^2 r^2. \qquad (10)$$

Ha $R_1 = R_2$, akkor

$$\frac{n_1}{n_2} = 2\pi\left(\frac{M}{S_\gamma}\right) r^2 = 8\,\frac{M}{d^2}\,r^2\ ; \qquad (11)$$

d - a minta által látott, kör alakúnak vett moderátorfelület átmérője a 2. mérési elrendezésnél. Mivel a gyakorlatban d = 20 cm, r = 10 cm, M = 30 cm, ezekkel a feltételekkel:

$$\frac{n_1}{n_2} = 60\,,$$

vagyis az egységnyi tömegre vonatkoztatott számolási sebesség az 1. mérési elrendezésnél 60-szor nagyobb lehetne, mint a 2. esetben.

Tehát azonos mintát és azonos detektort, valamint a fenti adatokat feltételezve, az 1 -es mérési elrendezés általában kedvezőbbnek mondható. Azonban tekintetbe kell venni a következő tényezőket is:

A háttérviszonyok lényegesen kedvezőbbek a 2. esetben. A prompttermékek vizsgálatánál az 1. esetben a reaktorban keletkező γ-kvantumoknak több mint fele esik a mérési periódus idejére, addig a 2. esetben, csak mintegy 5%-a, /50 imp/s-es reaktor ismétlődési frekvenciát véve alapul/.

Aktivációs analitikai szempontból meg kell említeni, hogy ha a mintát a reaktor moderátorába helyezzük el, akkor igen nehéz kiküszöbölni a mintatartónak és környezetének zavaró hatását. Ez a probléma reaktormoderátortól távolesõ mintánál könnyebben megoldható /13/.

A rövid felezési idejü anyagok mérésénél a háttérviszonyok intenzitás tekintetében mindkét esetben közel azonosak, azonban 2. esetben mód van a késõneutronok hatására bekövetkező befogási γ-kvantumok kiküszöbölésére egy olyan forgózárral, amely a mérés ideje alatt a termikus neutronokat nem engedi a mintára. További háttércsökkentési lehetõséget jelent, ha a zóna és a minta közé egy γ-sugárzást is csökkentő forgózár kerül.

Ha a mátrix hosszabb felezési idejü, mint a mérendõ szennyeződés, akkor az elõbbi felhalmozódó aktivitása zavart okoz. Mintacserével ez a zavaró hatás jelentékenyen csökkenthetõ. Ez egyszerübben a 2. esetben oldható meg, pl. forgódobos mintaváltóval.

A promptsugárzás vizsgálatánál a két eset összehasonlitásánál figyelembe kell venni, hogy a sugárzás mérésére a moderátorban elhelyezett mintánál mintegy 100...200 μs idő áll rendelkezésre, addig a távol elhelyezett mintánál ez az idő kb. 2 ms reaktorimpulzusonként.

Magfizikai jellegü méréseknél a 2. módszer előnye, hogy mód van a mintához képest egyidejüleg különböző szögek alatti mérésre, s igy mind a koincidencia, mind a szögkorrelációs mérések elvégezhetők.

Az előbbiek alapján a nyalábban végzett aktivációs analitikai mérésekhez azt a geometriai elrendezést javasoljuk, amelynél a minta a reaktor biológiai védelmén kivül helyezkedik el, jól kollimált neutronnyalábban, mig a detektor, a nyalábon kivül, ahhoz képest változtatható szögben nyer elhelyezést.

Összefoglalva megállapithatjuk, hogy a tervezett IBR-2 impulzusreaktor a hagyományos aktivációs analitikai módszerek széles körü továbbfejlesztését és kiterjesztését teszi lehetővé a prompt- és rövid felezési idejü izotópok, valamint a gyorsneutronos reakciók vizsgálata terén.

Az emlitett vizsgálati módszerek nemcsak az aktivációs analizisban, hanem a magfizikai kutatásban is célszerüen alkalmazhatók, mert például jelenleg még számos magreakcióra vonatkozó adat nem áll rendelkezésre. Ezért szükség van a kémikusok, fizikusok, mérnökök széles körü együttmüködésére.

IRODALOM

1. Nagy, Á., Csőke, A., Szabó, E., A dubnai IBR-2 impulzusreaktor aktivációs analitikai felhasználásának lehetőségei. Dubna, /1970/ és KFKI Report /1970/ KFKI-70-25 NAC.
2. NBS Spec. Note 467 Part. 1 és 2. Activation Analysis: A Bibliography, /1971/.
3. Ananev V.D., et al., The Operational Experience and Development of Periodically Pulsed Reactors at Dubna. Proc. National Topic Meeting of Fast Burst Reactors, New Mexico, /1969/
4. Californium-252; Proc.Symp. ANS, New York, /1968/ CONF-681032, /TID-4500/
5. Варкони Л., Сабо Ф., Франкл Л., Опыт эксплуатации будапештского реактора ВВР-СМ. Препринт ЦИФИ № 5185 /1970/ Будапешт, ВНР
6. Lyon W.S., Guide to Activation Analysis, Van Nostrand Comp. London, /1964/
7. Pásztor E., The NA-2 Neutron Generator and Its Applications. Isotopenpraxis 3/1957/259
8. Проспект В/О "ИЗОТОП": Установка для определения кислорода К-I. Т-09517, Москва, /1970/

9. Kaman Nuclear A-800/A-801 Neutron Generator. Spec. edition of KAMAN NUCLEAR, Colorado Springs, Colorado 80907, /1969/

10. "Neutron Activation Analysis Sensitivities". Spec. edition of Gulf-General Atomic. San Diego California, /1970/

11. Proc. of National Topical Meeting on Fast Burst Reactors Held at the University of New Mexico Jan. 28-30, /1969/

12. Lukens H.R., Yule Jr. H.P., Ginn V.P., Reactor Pulsing in Activation Analysis. Nucl. Instr. Meth. 33 /1965/ 273-276

13. Senftle F.E., Evans A.G., Duffey D., Wiggins P.F., Construction Materials for Neutron Capture Gamma-Ray Measurement Assembly Using Californium-252. Nuclear Technology 10/1971/204

14. Nagy Á.Z., Csőke A., Szabó E., Two-Dimensional /$T_{1/2}$, E_γ/ Mapping of Short-Lived Nuclides. J. of Radioanal. Chem. 7/1971/365

15. Bogáncs J., Csőke A., Nagy Á., Simonits A., Prominent Energies of Thermal-Neutron-Capture Gamma Rays for the Purpose of Radioanalysis. KFKI Report /megjelenés alatt/.

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 11. szám

Korszerü neutronmoderációs technológiai nedvességmérő berendezés és alkalmazásának tapasztalatai [x]

RÓZSA S., TÓTH E.
MTA Izotóp Intézete, Budapest

A neutronmoderációs nedvességmérés egyes esetekben az egyedül lehetséges folyamatos nedvességmérő és szabályozó eljárás. Az MTA Izotóp Intézet által kidolgozott mérőrendszer sok ipari feladat megoldására alkalmas.

Современный технологический влагомер, работающий по принципу замедления нейтронов и некоторые опыты его применения

Рожа Ш., Тот Э.

В ряде случаев определение влажности по принципу замедления нейтронов оказывается единственным непрерывным методом измерения и контроля влажности в промышленности. Выработанный в Институте изотопов ВАН влагомер успешно используется для решения ряд задач технологического характера.

An Up-To-Date Technological Neutron Moderation Moisture Gauge and Some Experiences of Its Application

Rózsa, S., Tóth, E.

In some cases neutron moderation moisture determination proves to be the only method for continuous measurement and control of moisture in industry. The apparatus, developed by the Institute of Isotopes of the Hungarian Academy of Sciences can be used to work in various technological lines in industry.

A nedves vagy nedvesitett anyagokat feldolgozó iparágakban az automatizálás iránti igények és a minőség javitásával összefüggő kérdések szükségessé teszik, hogy a feldolgozandó masszák, alapanyagok és keverékek nedvességtartalmát szoros határok között ismerjék. E feladat csak folyamatos nedvességméréssel oldható meg. A méréssel szemben támasztott alapvető követelmények a következők: gyorsaság, folyamatosság és a szabályozórendszerekhez való csatlakoztathatóság.

A folyamatos nedvességmérés iránti igény többek között a kerámiaipar technológiai folyamatainál, a vegyiparban, az ércelőkészitésnél és az öntödei homokmüveknél jelentkezik. A felsorolt előfeltételek kielégitésére a hagyományos mérési eljárások /a vezetőképesség-mérés, a dielektromos állandó mérése, a száritás utáni sulymérés/ nem minden tekintetben alkalmasak. A mérőelektródok korróziója, elpiszkolódása vagy mechanikai sérülése, a mérési geometriával szemben támasztott magas követelmények és a mérés viszonylag kis behatolási mélysége, ezeket a módszereket nem teszik alkalmassá automatikus szabályozókörökben való alkalmazásra.

Az elmult években lefolytatott kisérletek bebizonyitották, hogy e célra a nukleáris mérési módszerek, különösen a neutronfékeződésen alapuló eljárások alkalmasak. A hagyományos mérési módszerek emlitett zavaró jellemzői

[x] Az IMEKO 1971. október 5-8 között Veszprémben tartott szimpoziumán elhangzott előadás

az "érintés nélkül" mérő nukleáris eljárásnál elesnek. Előnyös továbbá az is, hogy a nukleáris mérés 50-100 liter térfogatu anyag átlagos nedvességtartalmát adja meg, a mérés az anyag kémiai jellemzőitől, hőmérsékletétől, nyomástól vagy szerkezetétől sem függ. Helyi nedvességingadozások nem befolyásolják a mérési eredményt, és könnyen megvalósitható geometriafüggetlenséget biztositó elrendezés is.

Az irodalomból az 50-es évek óta ismert, hogy a nukleáris elven müködő folyamatos nedvességmérő berendezés gyorsneutronokat kibocsátó sugárforrásból, lassuneutronokra érzékeny detektorból és a detektor jeleit feldolgozó elektronikus egységből áll. A neutron tömege nagyjából azonos a hidrogén tömegével: minden egyéb, a nedvességmérésnél számbajöhető anyag atommagja 10-200-szor nehezebb. Ha a gyorsneutron egy ilyen nehéz atommaggal találkozik, az összeütközés energiaveszteség nélkül, rugalmasan játszódik le. Ezzel szemben az azonos tömegü hidrogénatommaggal való ütközésnél a neutron energiájának átlagosan a felét átadja. Nagyságrendileg 20-25 ütközés után egy-egy gyorsneutron már a termikusenergia-nivóra fékeződik le. A hidrogén, - azaz viztartalmu anyaggal körülvett gyorsneutronforrás környezetében ilymódon lassuneutronokból álló felhő alakul ki, amelynek sürüsége a hidrogéntartalommal, illetve viztartalommal egyenesen és a forrástól mérhető távolsággal forditottan arányos. A gyorsneutronforrás mellett elhelyezett lassuneutronokra érzékeny detektor által készlelt beütésszám ilymódon arányos a környező térfogat nedvesség- /viz-/ tartalmával.

Kristályviz vagy kémiailag kötött hidrogén jelenléte a mérést nem zavarja, ha a szárazanyag összetétele állandó. Zavaróan hat a bór, a litium és a kadmium jelenléte, amelyeknek lassuneutronokra nagy az abszorpciós hatáskeresztmetszete. A gyakrabban előforduló elemek közül a klórra kell ügyelni, mert pl. 1% NaCl jelenléte már 3%-kal csökkenti a detektor által mutatott értéket.

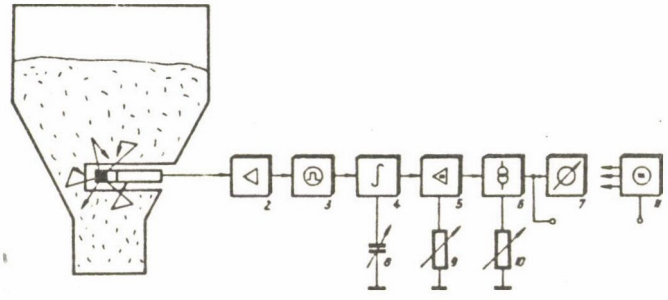
A neutronszonda térfogatra vonatkoztatott nedvességet mér. Amennyiben a nedvességtartalmat sulyszázalékban kivánjuk meghatározni, járulékosan sürüségmérést is kell alkalmazni Y -sugár-abszorpció vagy "reflex utján", s a két mért érték hányadosát kell képezni.

A neutronmoderációs nedvességmérés széles körü elterjedésének alapvető előfeltétele az érzékelők és mérőkészülékek ipari körülmények közötti megbizható müködése, amit csak a félvezetőbázisu elektronika gyors fejlődése, illetve alkalmazása biztositott. A mérőkészülékekkel szemben támasztott követelmények a kimeneti jellemzők tekintetében is magasak: a folyamatos mérés mellett ma már általános kivánság a regisztrálás, a határértékjelzés és az automatikai rendszerekhez való csatlakoztathatóság.

Az MTA Izotóp Intézetében 1965.óta rendszeresen foglalkozunk a neutronmoderációs nedvességmérés ipari alkalmazásával. Külföldi eredetü mérőkészülék segitségével üzemi körülmények között vizsgáltuk a módszer előnyeit, korlátait és hátrányait. Megállapitottuk, hogy az elérhető mérési pontosság /megközelitőleg $\pm$0,5 abszolut% a 3-20% közötti nedvességtartományban/ a legtöbb feladatnál elegendő, és ha a készülékek nem tul nagy beszerzési ár mellett megbizhatóan müködnek, jelentős igényekkel számolhatunk.

A nedvességmérő berendezés felépitése

Az Izotóp Intézetnél az ismertetett szempontok figyelembevételénél az 1. ábrán tömbvázlatban bemutatott univerzális ipari sugárzásmérőt fejlesztettük ki. A fejlesztő munka során arra törekedtünk, hogy az alapmüszer általában alkalmas legyen más nukleáris jellegü mérési feladatok megoldására is.



1. ábra

A TSM-1 tipusu univerzális ipari sugárzásmérő tömbvázlata

1. mérőszonda neutronforrással; 2. erősitő; 3. jelformáló; 4. integráló; 5. erősitő; 6. áramgenerátor; 7. mérőmüszer; 8. időállandó-állitás; 10. érzékenység-állitás; 11. tápegység

A kidolgozott neutronmoderációs nedvessegmérő berendezés központi jelfeldolgozó egysége a TSM-1 tipusu univerzális ipari ratemeter. A nedvességmérő berendezés 0-5 mA jelkészletü URS analóg kimenettel rendelkezik amely a mérés és regisztrálás mellett lehetőséget biztosit, szabályozó berendezésekhez való csatlakozásra is. A jelfeldolgozás időzitéssel változtatható sebessége a detektorhoz illeszkedően lassu vagy közepes. A teljes mérőrendszer kidolgozásánál a továbbfejlesztés, digitális kimenetre való áttérés lehetőségeit is figyelembe vettük.

Az ipari ratemeter impulzusüzemü egységei szilicium tranzisztorokkal, egyenáramu analóg egységei és tápegység-stabilizátorai pedig integrált müveleti erősitőkkel /SN 72709/ müködnek.

Az analóg számitógépek müveleti áramköri megoldásainak alapulvétele biztositotta az egyes funkciók teljes elválasztását; ezek a következők:

- lineáris integrálás,
- független nullpont- /névérték-/ állitás,
- független érzékenységállitás,
- több jel együttes értékelésének /pl. hőmérsékletkorrekció, sürüségkompenzált nedvességmérés stb./ lehetősége,
- áramgenerátor-kimenet.

A TSM-1 tipusu ipari ratemeter müszaki alapadatai a következők:

A névleges impulzusszám-tartomány	400 c/s - 2000 c/s
Végkitérés legérzékenyebb állásban	A beállitott névérték 10%-a
Időállandó	5-15-25-50 s.
Az integrálás linearitása	Jobb, mint 0,5%
A megvalósitható mérési pontosság	$\pm$1%
Detektorfeszültség	400-600 V; 1300-1500 V
Kimenet	URS szabvány 0-5 mA
Környezeti hőmérséklet	0...+50 ^{o}C
Bemelegedési idő	15 min
Hálózati feszültség	200 V 50 Hz - 20%...+10%
Tejesitményfelvétel	20 VA

A TSM-1 tipusu univerzális ipari rateméterhez csatlakozó nedvességmérő szonda ^{241}Am - Be gyorsneutronforrást tartalmaz. A szükséges aktivitás az adott mérési feladat és mérési geometria függvényében általában 100-300 mCi között választható meg. A nedvességtartalommal korrelációban lévő lassuneutronok detektálására litiumüveg szcintillátor és fotoelektron-sokszorozó szolgál. A mérőfejben szilicium-tranzisztoros előerősitőt helyeztünk el.

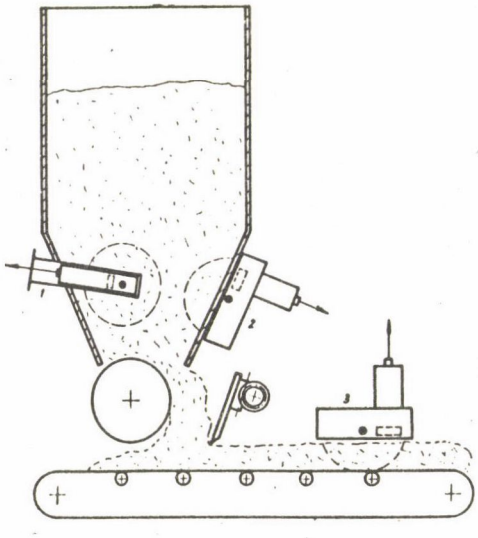
A nedvességmérő berendezés ipari alkalmazása

A kidolgozott nedvességmérő berendezés alkalmazásánál tapasztalataink igazolták, hogy a mérőhely kialakitása döntő tényező az elérhető pontosság tekintetében. A neutronszóródásos nedvességmérést a legtöbb esetben már kialakult technológiai folyamatba kell beiktatni. Ilyen esetekben legegyszerübb az, ha a vizsgálandó anyagból kivett mintán történik a mérés, csak a mintavételi lehetőséget kell biztositani. A mérőhely kialakitása is egyszerü, az

adott esetben a neutronokra érvényes a hatósugárnak megfelelő geometriai méretek megválasztásával optimális mérési érzékenység érhető el.

A neutronszórásos nedvességmérés legfontosabb előnye azonban éppen a folyamatos mérés lehetősége. A szokásos technológiai folyamatok ellenőrzésénél és vezérlésénél ez egyuttal alapvető követelmény. Ilyen esetekben a mérőhelyet a folyamatosan áramló anyag utjába kell beiktatni, lehetőleg ugy, hogy a mért érték kialakitásában a folyamatban résztvevő teljes anyagmennyiség részt vegyen. Követelmény továbbá, hogy az emlitett hatósugárnak megfelelő méretü térfogatban történhessen a mérés. Három lehetséges, gyakran alkalmazott megoldás a 2. ábrán látható. A gyakorlatban a szükséges követelmények utólag csak a szállitórendszer megfelelő módositásával elégithetők ki. Az 1. pozicióban elhelyezett mérőszonda a mérendő anyagot tároló bunkerbe nyulik bele, a mérésben résztvevő hatászóna gömb alaku. A 2. és 3. pozicióban félgömb alaku hatászónával rendelkező lapszonda alkalmazási lehetőségét tüntettük fel.

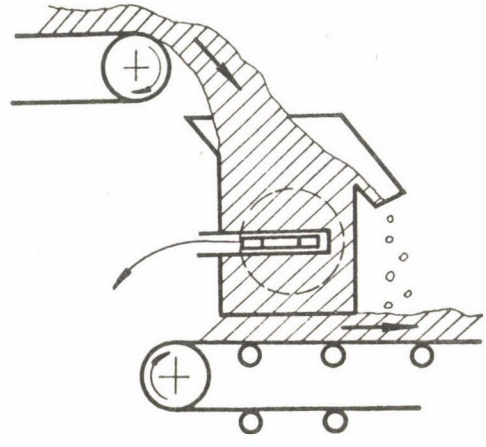
Sok esetben a anyagáram haladási sebességének csökkentésével történő torlasztása teszi lehetővé a megfelelő geometria kialakitását. Ilyen megoldás a 3. ábrán látható, ahol a két szalag között kialakitott mérőhelyet formázóhomok folyamatos nedvességméréséhez terveztük meg, ugy, hogy a homok a mérőszondát állandóan körülvegye.



2. ábra

Neutronmoderációs mérőhelyek kialakitásának példái

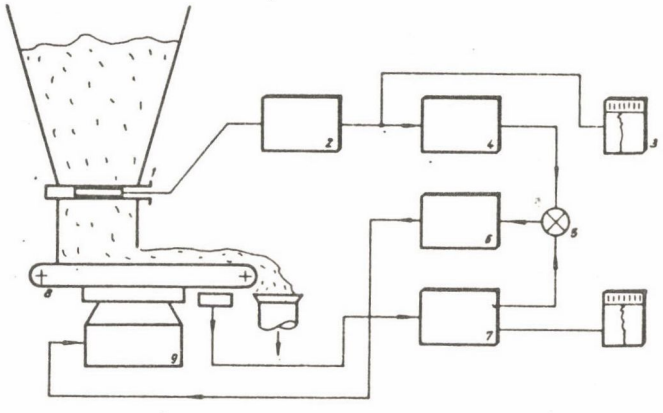
1. lyukszonda; 2-3. lapszonda alkalmazása



3. ábra

Mérőhely szállitószalagok közé beépitve

A 4. ábra szerinti megoldás a gyakorlatban egyszerübb, ha a mérőhely kialakitását valamely meglévő tárolóbunker lehetővé teszi. Ilyen mérőhelyet szénnedvesség-mérésnél alakitottunk ki, amikoris csak a szondát védő csövet kellett elhelyezni. Az ábrán egyidejüleg bemutattuk a mérőkészülékhez csatlakozó automatika tömbvázlatát is.



4. ábra

Mérőhely kialakitása szénbunkerben, száritókemencék maximális hatásfokának biztositására szolgáló automatikával
1. mérőszonda neutronforrással; 2. TSM-1 müszeregység; 3. nedvességtartalom-regisztráló; 4. H_2O% - t/óra konverter; 5. különbségképzés; 6. szabályzó egység; 7. mennyiségmérő regisztrálóval; 8. szalagmérleg; 9. adagolásállitás

Hitelesités, mérési hibák

A neutronszóródásos mérőrendszer hitelesitése általában a szokásos laboratóriumi /pl. termogravimetriás/ nedvességmérési módszerekkel történik. A feladatot a mérési módszerek fizikai alapjai közti különbségből adódó eltérések és a vizsgált minták volumene közti arányok nehezitik meg. A neutronszóródás a hidrogénatommagokban történik elsősorban, és igy a nedvességtartalom és a szervesanyag-tartalom változása nem különithető el. A szén nedvességének mérésénél tehát pl. az éghetőtartalom változását is tekintetbe kell venni. A laboratóriumi hitelesités kis, néhány cm^3-es mintákból indul ki, a neutronszóródásos mérés pedig rendszerint a teljes feldolgozott anyagmennyiségre kiterjed. Gyakran nehéz megállapitani, hogy a laboratórium részére kivett minta melyik pillanatban tartózkodott a mérőhelyen. Ezek a nehézségek természetesen áthidalhatók, de a neutronszóródásos nedvességmérés ipari bevezetésénél megkövetelik a gondos munkát és a technológiai folyamat részleteire is kiterjedő figyelmet.

Intézetünk a módszer hazai bevezetésénél az ismertetett problémákat elsősorban az öntödékben és vasmüvekben vizsgálta meg. A feladatot a nehéz üzemi körülmények ellenére minden esetben eredményesen lehetett megoldani. Az elért mérési pontosság 5% nedvességtartalomnál kisebb mint $\pm$ 0,5 abszolut százalék.

IRODALOM

1. International Atomic Energy Agency, Radioisotope Instruments in Industry and Geophysics, Bibliographical Series No. 20. IAEA, Vienna /1966/
2. International Atomic Energy Agency, Neutron Moisture Gauges, Technical Reports Series No. 112., IAEA, Vienna, 1970.
3. Hartmann, W., Messverfahren unter Anwendung ionisierender Strahlung, Ak. Verlagsgesellschaft, Leipzig, 1969.
4. Rózsa, S., Izotópos mérőkészülékek az automatizálásban. Müszaki Könyvkiadó, Budapest, megjelenés alatt.

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 11. szám

Radioaktiv hulladékok bitumenbe történő beépitésének helyzete és jövője Magyarországon

MAGYAR M.[x], MÓZES GY.[x], FEHÉR L.[xx]
[x]Magyar Ásványolaj- és Földgázkisérleti Intézet, Veszprém
[xx] Fővárosi Közegészségügyi és Járványügyi Állomás

Nagy sótartartalmu radioaktiv szennyvizek feldolgozására szolgáló, folyamatos üzemi kisérleti berendezés. Kis sótartalmu szennyvizek feldolgozására vonatkozó kisérletek.

Положение и будущее метода включения радиоактивных отходов в битум в Венгрии

Мадяр, М., Мозеш, Дь., Фехер, Л.

Информация об опытной установке непрерывного режима для обработки радиоактивных отходов высокой солености. Опыты по обработке отходов низкой солености.

The Present State and Future of Incorporation of Radioactive Wastes into Bitumen in Hungary

Magyar, M., Mózes, Gy., Fehér, L.

On a continuous pilot plant for handling high salinity radioactive wastes and experiments on handling low salinity ones.

Mindössze néhány évvel ezelőtt kezdődtek meg világviszonylatban a kisérletek radioaktiv hulladékoknak bitumenbe való beágyazására, és máris nagy fejlődésen ment keresztül a hulladékkezelésnek ez a módja. Mivel kis és közepes fajlagos aktivitásu hulladékok esetében sugárvédelmi szempontból biztonságot nyujt, ugyanakkor a feldolgozás legolcsóbb megoldását is jelenti, ez a módszer ma az érdeklődés középpontjában áll.[1]

Összehasonlitva ezt a technológiát a korábban bevezetett és jelenleg is alkalmazott cementbe és üvegbe történő beágyazással, a következők állapithatók meg:

1. A cementbe történő ágyazás technológiája egyszerü, azonban már a 10^{-1} - 10^{-2} Ci/m^3-nél nagyobb fajlagos aktivitásu hulladékok kezelésére nem tekinthető biztonságos megoldásnak. A cement blokkok ugyanis a környezet agressziv hatására idővel kisebb-nagyobb károsodást szenvednek, és ekkor megindulhat az aktiv anyag nagyobb mérvü kilugozódása.

2. Az üvegbe történő beágyazás biztositja a legnagyobb biztonságot, mert a kioldódásra legkisebb az esély. Nagyaktivitásu hulladékok kezelésére is alkalmas, de a szükséges kb. 1000 °C hőmérséklet és a költséges berendezések nagy beruházást igényelnek.

3. A bitumenes technológia mentes a fenti nehézségektől. Az alkalmazott hőmérséklet alacsony /150 - 250 °C/, a berendezések viszonylag egyszerüek, a hulladékok szóbajöhető fajlagos aktivitástartománya meglehetősen nagy /10^3 Ci/m^3 felett is lehet/, a bitumennek a kioldással szembeni állóképessége nagy, az alapanyag és az egész technológia olcsó.

Mindezek következtében egyre több ország tér át a bitumenes technológiára, noha az első kisérleti üzem csak 1965-ben Belgiumban[2], az első nagyüzemi berendezés pedig 1967-ben a franciaországi Marcoule-ban[3] létesült. Még ebben az évben az angliai Harwellben [4] is müködésbe lép egy ilyen üzem.

A fenti országokon kivül számos más államban is intenziv kutatásokat kezdtek a bitumenes hulladékkezelés területén, mégpedig a Német Szövetségi Köztársaságban[5], Indiában[6], Japánban[7], Pakisztánban[8], Lengyelországban[9], az Egyesült Arab Köztársaságban [10], a Szovjetunióban [11 - 12] és az Észak-Amerikai Egyesült Államokban[13].

E kutatások aktualitását jelzi az is, hogy az atomenergia békés célu felhasználásával foglalkozó KGST bizottság illetékes munkacsoportja a bitumenes kezelésre vonatkozó, KGST-országokban folyó kutatásokra koordinációs munkatervet dolgozott ki. E terv keretében, a következő években sorra kerülő tudományos tanácskozások, kölcsönös beszámolók nyilvánvalóan e területen is jelentős mértékben gyorsitani fogják a fejlődést.

A kutatások egyik fontos célkitüzése, hogy a bitumenbe beágyazható sótartalom fajlagos mennyiségét növeljék, mivel a fajlagos mennyiség nagymértékben befolyásolja az eljárás gazdaságosságát. Adott hulladék és adott technológiai körülmények mellett a beágyazható mennyiség határértéket mutat, amelyen tul a beágyazott anyagmennyiséget tovább növelve a kioldási készség már rohamosan fokozódik. E határértékkel kapcsolatban ma még meglehetősen eltérőek a vélemények, az azonban bizonyos, hogy e szempontból jelentős szerepet játszik a beágyazott anyagok eloszlásának homogenitása. Adott hulladék esetében ez viszont szorosan összefügg a beágyazási technológia körülményeivel.

A bitumenes hulladékkezelés technológiájával foglalkozó kutatások és az azt megvalósitó berendezések kialakitásának vizsgálata eredményeként Belgiumban, Franciaországban, NSZK-ban, Angliában, Indiában, Szovjetunióban, USA-ban és Japánban kétféle technológia honosult meg:

a/ A radioaktiv oldatot vagy szilárd hulladékot bitumenemulzióval keverik normál hőmérsékleten.

b/ A szilárd vagy oldatban lévő hulladékot olvadt bitumennel keverik 150 - 250 °C hőmérsékleten.

Mindkét technológiával kapcsolatban lényegében azonos nehézségek merülnek fel, amelyeket két pontban foglalhatunk össze:

1. A bitumen rossz hővezetőképessége miatt nagyfelületü, tulfütött, belső fütőelemekre és mechanikus keverőkre van szükség. Ennek következtében nem alakitható ki zárt rendszer, amely egyrészt a sugárveszély szempontjából előnytelen, de gyakoriak a begyulladások, sőt robbanások is. Ezért nem tudták megoldani pl. a kiégett fütőelemek kezelése során keletkező nagy nitrit- és nitráttartalmu folyékony hulladékok veszélymentes feldolgozását ezekben a készülékekben.
2. Az oldószeres hulladékok bepárlása, az emulzió kialakitása és megbontása során több kiegészitő müveletet kell végezni. Igy ezek a technológiák minimálisan három, de sok esetben még több művelet sorozatából állanak. Ez viszont bonyolitja és megdrágitja a technológiát, valamint növeli a sugárveszélyt.

A Magyar Ásványolaj- és Földgázkisérleti Intézet /MÁFKI/ fennállása óta foglalkozik a bitumenek tulajdonságaival, szerkezetével, gyártástechnológiával és felhasználásával. E kétévtizedes kutatómunka során szerzett tapasztalatok birtokában, a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség /IAEA/ és a Nehézipari Minisztérium /NIM/ megbizása alapján 1967-ben vállalta, hogy a nehézségek kiküszöbölésére, de elsősorban nagy nitrántartalmu radioaktiv anyagok vizes oldatainak dekontaminálására, megfelelő technológiát dolgoz ki.

A MÁFKI már 1968-ban Dubnában ismertette egy uj rendszerü technológia szakaszos müködésü kisérleti üzemének tapasztalatait /14/. A hároméves kutatási szerződés keretében adott választ a felmerült kérdésekre, és ma már egy folytonos müködésü nagyüzemi berendezés első tipusát is előállitotta /15/.

A MÁFKI-technológia rövid ismertetése

A MÁFKI Olajtechnológiai Osztálya uj technológiát és ezt megvalósitó berendezést alakitott ki, elsősorban nagy, 30 s% körüli nitráttartalmu vizes radioaktiv oldatok bitumenes dekontaminálására.

A szennyezett oldatok viztartalmának eltávolitása, a szárazanyag bitumenben valo finomeloszlatása és a beágyazás a berendezés reaktorában 200 - 250 °C hőmérsékleten, egyetlen technológiai lépésben történik.

A berendezés kialakitása olyan, hogy a beágyazás során fellépő kondukciós és átadási komponens, és a hőáram sebessége meglehetősen nagy. A keverést inert nitrogéngázzal végezzük, ami nemcsak a fenti sebességeket növeli meg, hanem teljesen kiküszöböli a robbanás- és gyulladásveszélyt is.

A technológia szakaszos és folyamatos üzemi kivitelben is megvalósult /15/ Mindkettő esetében a lényeg az, hogy a hulladék természetének megfelelő hőmérsékletre melegitett és nitrogénnel kevert bitumen felületére tápláljuk be a radioaktiv szennyvizet.

Ez utóbbi a forró bitumennel érintkezve viztartalmát elveszti, a szárazanyag pedig rendkivül finom és egyenletes eloszlásban kerül a bitumenbe; az alkalmazott hőmérsékleten beépül annak micellás szerkezetébe. A viz hatására meglehetősen nagy térfogatu habos fázis képződik a bitumenoszlop felett. Ez minden cseppfogónál jobban visszatartja a gázárammal elragadott szennyeződéseket. A sókat tartalmazó bitumen a reaktor alján közvetlenül tárolóedénybe eresztve, a radioaktivhulladék-tárolóba szállitható. A folyamatos müködésü reaktor rendelkezik bitumenbetápláló és -elvezető berendezésekkel, valamint itt már zárt recirkulációs kör biztositja a nitrogén visszavezetését és ezzel teljesen zárt a rendszer.

A reaktor tervezésének és méretnövelésének elvi alapjait biztositó transzportegyenleteket is meghatároztuk.

A reaktor főbb méretei a komponensáram alapján számithatók:

$$\frac{X}{X_o} = \frac{\operatorname{ch} b/1 - \frac{Z}{L}/}{\operatorname{ch} b} \qquad /1/$$

$$b = \sqrt{\frac{k \cdot L^2}{D}}$$

X - a báziskomponens csoport tömegtörtje és =
$= X_{\text{aszfaltszéntartalom}} + X_{\text{sótartalom}}$
X_o - a fenti érték a reaktor alján
Z - a reaktor hossztengelyén átmenő koordináta
L - a hasznos reaktorhossz
k - bomlási reakció esetén a sebességi állandó
D - a keverési tényező

A számitáshoz szükséges konstansok értékeit, az általunk legjobb minőségünek talált bitumenek esetében kimértük. Ezeket az 1. táblázatban foglaltuk össze.

1. táblázat

bitumen jele	bitumen eredete	lágyuláspont, °C	b	$k\ h^{-1}$	$D\ m^2.\ h^{-1}$
1. NM-30	Nagylengyeli vákuumbitumen	70	0,95	0,0241	0,0267
2. UB-45	Nagylengyeli vákuumbitumen	40	1,15	0,0513	0,0388
3. R-III	Romaskioni /Szovjetunió/ propános bitumen	58	1,50	0,0888	0,0395
4. M-60	Mexikói /Amerika/ 60-as bitumen	54	1,00	0,1254	0,1254

A kisérleti eredmények és a termékek részletes elemzése alapján megállapitást nyert, hogy a technológiában a táblázat sorrendjében csökken az alkalmazhatóság.

A bitumenfajták minősitésénél azt is figyelembe vettük, hogy a technológiánál az alacsony olvadáspontu eutektikumot képző sókeverékek esetén 25 - 30 s% az optimálisan beágyazható mennyiség, mivel ezen érték felett - a vizes kioldási vizsgálatok szerint - rohamosan nő a kioldható sók mennyisége. Magas olvadáspontu sók esetében célszerü ezt a mennyiséget is csökkenteni, mert ezek kikristályosodnak a bitumenben, és a felületen sok kristály van, megnő a kioldható sók mennyisége.

A reaktor hőigényének megállapitása a hőáram számitásán alapszik. Ilyen bonyolult rendszerekben ez a konvencionális módszerekkel nem határozható meg. Számitására közelitő képletet javasolunk:

$$\frac{\Delta/X.\ \varphi_{átl.}\ \bar{C}p.T/}{\Delta\ t} = \text{hőigény kcal/l.h} \qquad /2/$$

$\varphi_{átl.}$ - a bitumen - só-rendszer átlagos sürüsége, kg/l
$\bar{C}p$ - a bitumen - só-rendszer átlagos fajhője, kcal/kg fok
T - az abszolut hőmérséklet, °K
t - az idő, h .

Az igy számolt hőigény max. 4 - 5%-kal tért el az elektromos fütőteljesitmény és a hőveszteség mérése alapján számitott értéktől.

Izotópos nyomjelző-vizsgálatok szerint a berendezés nagy biztonsággal nyujtja a 10^3 nagyságrendü dekontaminálásifaktor-értéket. Azonban ennek további javitására is megvan a lehetőség.

A kialakitott egylépcsős technológia, illetve nagyüzemi berendezés, amely 7 - 8 l/h iszap és 1 - 15 l/h bitumenbetáplálási sebesség mellett müködik, teljességgel kielégiti azokat a követelményeket, amelyek a nagy nitrit- és nitráttartalmu folyékony hulladékok biztonságos dekontaminálásával szemben támaszthatók, igy közvetlenül felhasználható atomerőművek ilyen jellegü hulladékainak bitumenes technológiával történő mentesitésére.

A MÁFKI-technológia előnyei

A már megvalósitott technológiák ismeretében e technológia előnyei:

a/ Az aránylag kis keresztmetszetü csőreaktorokban javulnak a hőátadási viszonyok. Az elektromos fütés jól szabályozható, és könnyü elérni a nagymennyiségü elpárolgó viz által elvont hőenergia pótlását. A gázzal történő keverés biztositja a sótartalom egyenletes eloszlását.

b/ Belső fütőelemekre és mechanikus keverésre nincs szükség, a rendszer kialakitása egyszerü és teljesen zárt. A nitrogénatmoszféra a robbanásveszélyt, illetve a gyulladásveszélyt kiküszöböli.

c/ A technológia egylépcsős, azaz az iszapot viztartalmával együtt juttatjuk a reaktorba, és a viz a forró bitumen felületén elpárolog, az iszap külön müveletben történő bepárlására nincs szükség.

d/ A forró bitumen felületére csepegő viz következtében nagyfelületü habfázis képződik, amely egyrészt visszatartja a gázárammal elragadott szennyezéseket, másrészt a nagy felület következtében az iszap finomelosztásban ágyazódik be a bitumenbe.

Hig oldatok dekontaminálására vonatkozó vizsgálatok

Hig, 0,0 - 1 s% szárazanyagot tartalmazó oldatok dekontaminálása, az alacsony sókoncentráció és ezzel egyidejüleg a nagy viz-, vagy egyéb oldószermennyiség miatt, ujabb problémákat vet fel.

A koncentrációprofil lassu és bizonytalan kialakulása a komponensáram meghatározását teszi lehetetlenné, a nagymennyiségü elpárologtatandó folyadék pedig a hőáram számitását viszi bizonytalan területre.

Ezért célszerü volt kisérleteket kezdeni annak megállapitására, hogy az előzőekben körvonalazott technológia milyen módositásokkal alkalmazható az ilyen hig oldatok dekontamintálására. E vizsgálatok a MÁFKI és a Fővárosi Közegészségügyi-Járványügyi Állomás közötti együttmüködés keretében folytak.

Az eddigiek során a meglévő MÁFKI berendezésen aktiv kisérleteket végeztünk, és minden egyes kisérlet tapasztalatai alpján alakitottunk a berendezésen. A vizsgálatok még nem zárultak le.

A hazai radioaktiv hulladékok bitumenbe történő beépitésének lehetőségei

Hazánkban a radioaktivizotóp-felhasználás növekedésével párhuzamosan nem fejlődtek kellőképpen a radioaktivhulladék-kezeléssel kapcsolatos módszereink. A közeljövőben a feladat, hogy uj izotóphulladék-feldolgozó és -tároló létesitésével lehetőséget biztositsunk igényeinknek megfelelő, korszerü hulladékkezelés bevezetésére. A korszerü hulladékkezelés fogalmába napjainkban beletartozik a különböző radioaktiv hulladékok bitumenbe történő beágyazása, amely elsősorban a biztonságos tárolás szempontjából jelentős.

A továbbiakban vizsgáljuk meg, milyen mód nyilik a bitumenes technológia alkalmazására a hazai hulladékkezelés területén.

A folyékony radioaktiv hulladékokat a Fővárosi KÖJÁL ezideig csak kivételes esetben gyüjtötte be. Ennek következtében a különböző munkahelyeken keletkező hulladékok mennyiségére csak részben állnak adatok rendelkezésünkre. Ismertek elsősorban a nagyobb létesitményekben, a KFKI-ban, Izotóp Intézetben, Bányászati Kutató Intézetben keletkező folyékony hulladék mennyiségek. Ezekben az intézetekben lehetőséget biztositottak a radioaktiv szennyvizek bepárlással, ioncserével, kémiai módszerekkel történő mentesitésére. Innen csak a koncentrátumok kerülnének átadásra az Izotóp Temető részére, illetve bitumenbe történő beépitésre. Ennek évi mennyisége 3 - 4 m^3.

Az ország egyéb radioaktiv izotóppal dolgozó munkahelyein keletkező folyékony radioaktiv hulladék mennyiségére nincsenek pontos adataink. Régebben végzett felméréseink alapján e mennyiség évi lo m^3-nek adódott. A nemrég érvénybe lépett MSZ 62 - 69.sz. szabvány szigoritást tartalmaz a csatornahálózatba leengedhető radioaktiv anyagmennyiségekkel kapcsolatban. Ez, valamint az a körülmény, hogy a vizügyi hatóságok várhatóan a közeljövőben kiterjesztik a szennyvizbirságot a radioaktiv anyaggal szennyezőkre is, eredményezheti, hogy az évi lO m^3-nyi szennyvizmennyiség többszörösével kell számolni.

A MÁFKI-módszer lehetőséget nyujt a felsorolásban emlitett koncentrátumok bitumenbe történő beágyazására. A beágyazás során az eredeti koncentrátum mennyiségével közel azonos térfogatu, kis fajlagos aktivitásu, igen kis sótartalmu szennyviz keletkezik, tekintve, hogy a készülék biztositja a koncentrátum tökéletes mentesitését. A külföldi országokban alkalmazott hasonló készüléknél nem a koncentrátum tökéletes mentesitése a cél, hanem a benne lévő radioaktiv anyag zömének bitumenbe történő beágyazása.

A kis - közepes fajlagos aktivitásu szennyvizek egylépcsőben történő mentesitésére a készülék a jelenlegi szinten nem alkalmas.

A felsorolt folyékony radioaktiv hulladékok feldolgozására lehetőség van bármely ismert más módszer alkalmazásával. A bitumenes technológia alkalmazása azonban a fentebb emlitett okokon kivül a következők miatt is célszerübbnek látszik.

A jelenlegi igényeinknek megfelelő kisebb készülék üzemszerü alkalmazása lehetőséget biztositana tovább tapasztalatok szerzésére a bitumenes technológia területén. Ez azért is fontos, mert a berendezés fejlesztése terén eddig elért eredmények nem vesznének kárba, illetve a továbbfejlesztés biztositva lenne. A szerzett üzemi tapasztalatok - és ez volna az elsődleges cél - feltehetően módot adnának arra, hogy a magyar atomerőmü-program megvalósitásánál ilyen berendezések kerüljenek alkalmazásra a radioaktiv koncentrátumok feldolgozására. Az atomerőművek üzemeltetése során nagyságrendekkel nagyobb mennyiségü és fajlagos aktivitásu szennyviz keletkezik. A biztonságos tárolási forma - ami földrajzi adottságainkat figyelembe véve igen fontos - bitumenbe történő beépitéssel megvalósitható. Ez elkerülhetővé teszi sokhelyütt a koncentrátumok tárolására alkalmazott tartálypark megépitését, amely sem gazdasági, sem biztonsági szempontból nem kivánatos.

A jelenlegi folyékony hulladékmennyiség nem teszi feltétlenül szükségessé a bitumenbe történő beágyazás alkalmazását. A módszer bevezetése a jelenlegi szinten még kevésbé látszik gazdaságosnak pl. a betonozáshoz viszonyitva. Az alkalmazás - tekintve, hogy üzemszerü tapasztalatokkal nem rendelkezünk - némi kockázattal is jár. E látszólag negativ szempontok ellenére is - várható igényeket figyelembevéve - szükségesnek látszik a bitumenes eljárás bevezetése. A jelenlegi folyékony hulladékmennyiség elegendő ahhoz, hogy távolabbi célok érdekében a kisérletekhez szükséges "alapanyag" szerepét betöltse.

Az eddig elvégzett kisérletek lehetőséget adnak a szennyvizfeldolgozás során nyert koncentrátumok bitumenbe történő beépitésére. Ezen tulmenően elkezdtük kis sótartalmu szennyvizek mentesitésére vonatkozó vizsgálatainkat. Célkitüzésünk az, hogy a berendezés necsak a radioaktiv anyagnak bitumenbe történő beágyazását tegye lehetővé, hanem biztositsa a kapott desztillátum kis fajlagos aktivitását is, lehetőleg az ivóvizre megadott MMK érték közelében. A kiindulási szennyviz fajlagos aktivitásától, a szennyező izotóp fajtától függően ez igen nagy dekontaminációs faktor, esetenként 10^6 érték elérését teszi szükségessé. Az eddigi vizsgálataink során 10^3 értéknél jobb mentesitési hatásfokot nem sikerült elérni. Különböző változtatási lehetőségek reményt nyujtanak arra, hogy a dekontaminációs faktor értékét növelni tudjuk. A radioaktiv szennyvizfeldolgozás szempontjából rendkivül lehetőséggel birna, ha egylépcsőben sikerülne megvalósitani a szennyviz mentesitését, illetve a radioaktiv anyag bitumenbe történő beépitését.

A folyékony radioaktiv hulladékok mellett lehetőség van egyéb szilárd, biológiai radioaktiv hulladékok beágyazására is. A Fővárosi KÖJÁL erre vonatkozó vizsgálatait már 1962-ben elkezdte. A biológiai radioaktiv hulladékok

bitumennel történő feldolgozására már évekkel ezelőtt kidolgozott módszerünk volt /16, 17/ azonban bevezetésére - a megfelelő feltételek hiányában - csak a közeljövőben kerülhet sor.

Szilárd hulladékok bitumenbe történő beágyazását megitélésünk szerint a betonba történő beágyazáshoz hasonlóan lehet megvalósitani. Mint ismeretes, a szilárd hulladékok tárolásánál fellépő hézagtérfogat kitöltésére sokhelyütt alkalmaznak szennyvizkoncentrátumot, - cementtel való összekeverés után. A szennyvizkoncentrátum bitumenbe történő beépitése során nyert végtermék szintén közvetlenül alkalmazható hézagtérfogat kitöltésére.

A bitumen alkalmazása radioaktiv hulladék feldolgozása területén végső soron azt jelenti, hogy a szilárd, a biológiai és a folyékony radioaktiv hulladék feldolgozása során nyert koncentrátum bitumentömbben foglal helyet. E tárolási módszer rendkivül biztonságosnak igérkezik, és földrajzi adottságainkat is figyelembe véve a legnagyobb igényeket is kielégiti.

IRODALOM

1. Bituminization of Radioactive Wastes, Technical Reports Series No.116, IAEA,Vienna, 1970
2. Practices in the Treatment of Low- and Intermediate-Level Radioactive Wastes, Proc. Symp.,IAEA Vienna, 1966, Van de Voorde, N., Dejonghe, P., 569
3. Rodier, J., Alles, M., Auchapt, P. Leffillatre, G., lásd /2/ , 719
4. Burs, R.H., Clare, G.W., Bitumen Incorporation, A.E.R.E. Operational Experiences, Rep. AERE-M 2143 /1968/
5. Klinger, W., Krause, H., Netwich, O. IAEA Research Co-ordination Meeting on the Incorporation of Radioactive Wastes in Bitumen, Dubna, 9-13 Dec. 1968
6. Balu, K., lásd /5/ .
7. Kadoya, S., Nomi,, Sano, K., Hayashi, T., lásd /5/ .
8. Chaudhri, S., Shah, P.G.S., lásd /5/ .
9. Ksiazak, lásd /5/ .
10. Farah, M.Y. Misak, N.S. lásd /5/ .
11. Kolicsev, B.S., Konikevics, A.A., Sedov,V. M., Ribatcsenko, I.L. Gabelnikov, A.J., lásd /5/ .
12. Kulicsenko, V.V., O.I., és munkatársai, lásd /5/ .
13. Rom, A.M.: Incorporation of Intermediate-Level Waste in Asphalt, Rep. ORNL-TM. 1976
14. Magyar M., Mózes Gy., lásd /5/ .

15. Magyar M., Mózes Gy. és munkatársai: Reaction of Bitumens with Nitrites and Nitrates. I., II., III., MÁFKI Reports for the IAEA /1968, 1970, 1971/
16. Fehér L, Gács F. Переработка биологических радиоактивных отходов в Венгерской Народной Республике, Атомная энергия 28 /1970/ 346
17. Fehér L. Biológiai radioaktiv hulladékok kezelése, /megjelenés alatt/

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 11. szám

Háttérkivonási módszerek jelentősége a szcintigráfiában

KRASZNAI I.
Semmelweis Orvostudományi Egyetem I.sz. Belklinika, Budapest

Krasznai I.

Az expander tipusu háttérkivonás növeli a hidegterületek kimutatásának lehetőségét, vékony vagy gyenge aktivitásu területekben levő hideggömbök kimutatásakor azonban a level tipusu háttérkivonás előnyösebb.

Значение методов вычитания фона в сцинтиграфии

Краснаи И.

Метод вычитания фона "экспандер" повышает возможность обнаружения холодных бугорков, однако в случае бугорков в тонких или низкоактивных областях метод вычитания фона "левел" оказывается более выгодным.

The Importance of Methods of Background Extraction in Scintigraphy

Krasznai, I.

The expander type background extraction method increases the capability of detecting cold tubercles, in the case of cold tubercles in thin or low activity areas, however, the level type background extraction proves to be more advantageous.

A szcintigráfiás kép értékelhetőségét és kontrasztosságát nagymértékben fokozni lehet különböző háttérkivonási módszerekkel [1]. A keringésben lévő izotóp sugárzását, valamint a detektor háttéreffektusát[x] a mért beütésszámból levonva, a vizsgált szerv tiszta, konturos képét kapjuk. A háttérlevonás mértékét növelve, az izotópot dusitó közegben /vizsgált szerv/ lévő, csökkent aktivitásu területek /hideggöbök/ egyre kontrasztosabban jelennek meg. Most két tipusu háttérkivonási mód elvi kérdéseivel, a kontrasztosság és a leképzési statisztika változásával foglalkozunk. A szövegben használt jelöléseket és definiciókat az I. táblázat tartalmazza.

---

x A detektorok háttéreffektusát, vagy röviden hátterét az Atommaglexikon /Akadémiai Kiadó, Budapest, 1963./ a következőképpen fogalmazza meg: "egységnyi időre eső azon impulzusok száma, amelyek a számlálóban a talaj radioaktivitása, a kozmikus sugárzás, a környezetben lévő tárgyak és a számláló falának radioaktiv szennyeződése, továbbá a számláló belsejében fellépő egyéb effektusok miatt jönnek létre". A radioaktiv izotópok orvos-biológiai alkalmazásakor a háttér fogalma tovább bővül, és háttérként tekintendő az egységnyi időre eső mindazon impulzusszám - a már emlitetteken tulmenőleg - , amely az elvégzendő vizsgálatkor nem kivánatosan, de szükségképpen jelentkezik. Például, a szervezetbe jutatott radioaktiv jódnak a pajzsmirigyben, mint kritikus szervben való felhalmozódásának mérésekor, a detektor nemcsak a pajzsmirigyben dusult jód sugárzását, hanem - a kollimátor látómezejének megfelelően - a még keringésben lévő, illetve a pajzsmirigyen kivüli szövetekben lévő radioaktiv jód sugárzását is méri. Ez utóbbi két konponensből származó sugárzás beütésszámát az orvos-biológiai izotópalkalmazás hátterének tekinti, és elnevezésére a vérháttér és testháttér kifejezéseket alkalmazza.

A szcintigráfiás technikában háttérnek tekintjük a sugárzási szint mindazon mennyiségét, amelyet képalkotásra nem kivánunk felhasználni.

I. táblázat

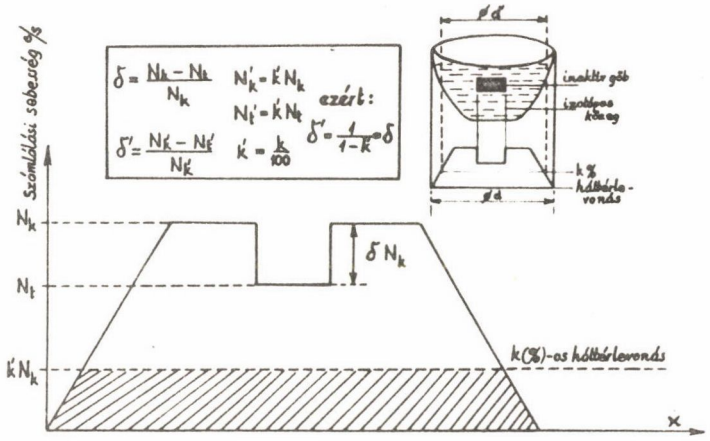
c/s	=	számlálási sebesség egysége /beütésszám/s/
N_k	=	a környezet /leképezendő tárgy/ felett mért számlálási sebesség /c/s/
N_t	=	a kimutatandó hidegterület /target/ felett mért csökkent számlálási sebesség /c/s/
t_k	=	a környezet feletti mérési idő /s/
t_t	=	a hidegterület feletti mérési idő /s/
τ	=	időleválasztásu üzemmódban a mérési idő $t_k=t_t=\tau$ /s/
δ	=	a hidegterület feletti relativ számlálási sebesség /beütésszám/ csökkenése
δ_{min}	=	δ azon legkisebb értéke, amely statisztikailag még kimutathatóvá teszi az aktivitáscsökkenést
δ'_{min}	=	a δ_{min} háttérkivonás következtében megváltozott értéke
σ	=	a radioaktiv mérés szórása /c/s/
E	=	impulzus-előválasztásu üzemmódban az előválasztott beütésszám / c /
k	=	a háttérkivonás mértéke N_k %-ában kifejezve
k'	=	k relativ értéke: $k' = k \cdot 10^{-2}$
$\varkappa$	=	kontrasztosodási tényező $\varkappa = /1 - k'/^{-1}$
ξ	=	$/1 - k'/^{-1/2}$

Expanziós háttérkivonás

Ennél a háttérkivonási módnál a háttérként tekintett sugárzási szintet algebrailag folyamatosan kivonjuk a mérendő jelből /rendszerint a mérendő sugárzás statisztikus jeleiből egy impulzusgenerátor periódikus jeleit vonjuk ki. Igy a mérendő jel átlagértéke megváltozik, de a szórás abszolut értéke változatlan marad/. Az 1. ábrán egy aktivitáseloszlási profilt látunk, amely kiterjedt közegben lévő, csökkent aktivitásu területet tartalmaz, és a radioaktivitás a profil mindkét végén lineárisan csökken nullára. Láthatjuk, hogy a csökkent aktivitásu terület feletti δ relativbeütésszám-esés,

k %-os háttérlevonás után δ′ értékre változik. Az eredeti és a megváltozott beütésszámesés között a ϰ kontrasztosodási tényező létesit kapcsolatot:

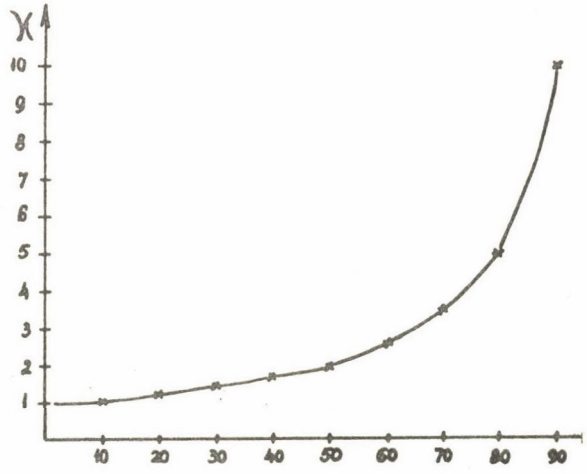
$$\delta' = \varkappa\delta. \qquad /1/$$



1. ábra

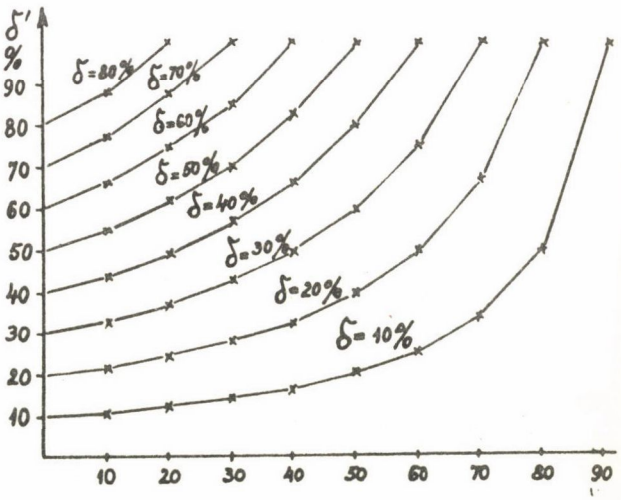
Aktivitáseloszlási profil. A vonalkázott terület a radioaktivitásnak azt a részét mutatja, amelyet k %-os expanzió után nem regisztráltak.

A kontrasztosodási tényező megmutatja, hogy k %-os expandált háttérkivonás után az eredeti aktivitásesés a hidegterület felett mennyivel növekedett a környezethez képest. A 2. ábrán a kontrasztosodásnak a háttérkivonás mértékétől való függését tüntettük fel. Látható, hogy a háttérkivonás fokozásával a kontrasztosodás rohamosan növekszik. A gyakorlati felhasználás megkönnyitésére a 3. ábrán görbeseregbe foglaltuk össze, hogy az eredeti relativaktivitás-esés mennyivel növekszik adott háttérkivonási szintnél. Az ábra alkalmazására számpéldaként tekintsünk egy eredetileg 20%-os



2. ábra

a kontrasztosodási tényező függése a háttérkivonás mértékétől.



3. ábra

Görbesereg a háttérlevonás kontrasztosító hatásának gyors megállapitására.

aktivitásesést /irodalmilag ezt a szintet egyszerü dot scannerrel kimutatható alsó határként fogadják el[2]/. A grafikonból leolvasható, hogy 50%-os háttérlevonás mellett ez az érték 40%-ra, igen jól kimutathatóvá növekedett. A háttérkivonás növelése azonban nemcsak a kontrasztosodást növeli, hanem egyidejüleg a leképezési statisztikát is rontja. Statisztikai alapon, a kimutatható legkisebb aktivitáskülönbségnek a hidegterület felett teljesitenie kell az alábbi feltételt:

$$\delta_{min} N_k \geqq 2\sigma. \qquad /2/$$

Felhasználva a Poisson-eloszlás szórásképletét /3/:

$$\sigma = \sqrt{\frac{N_k}{t_k} + \frac{N_t}{t_t}}, \qquad /3/$$

a /2/-vel megfogalmazott feltétel átalakitható:

$$\delta_{min} N_k \geqq 2\sqrt{\frac{N_k}{t_k} + \frac{/1-\delta_{min}/N_k}{t_t}}. \qquad /4/$$

Ennek megoldása δ_{min}-ra, egyszerüsitések után /I. függelék/, preset time üzemmódnál:

$$\delta_{min} = \frac{\sqrt{32\ N_k^3\ \tau}}{2\tau N_k^2}, \qquad /5/$$

preset count üzemmódnál:

$$\delta_{min} = \frac{\sqrt{32\ E}}{2\ E}. \qquad /6/$$

Az expanzió statisztikarontó hatását az /5/ és /6/ egyenletekből becsülhetjük meg. Meghatározva δ_{min} növekedését k %-os expanzió után / δ'_{min}, II. függelék /, ennek értékét az expandálással megnövekedett /kontrasztosodott/ relativbeütésszám-eséshez viszonyithatjuk:

$$\delta'_{min} = \frac{\delta_{min}}{\sqrt{1-k'}} = \xi\delta_{min}, \qquad /7/$$

és /1/ szerint

$$\delta' = \frac{1}{1-k'}\,\delta = \varkappa\delta . \qquad /8/$$

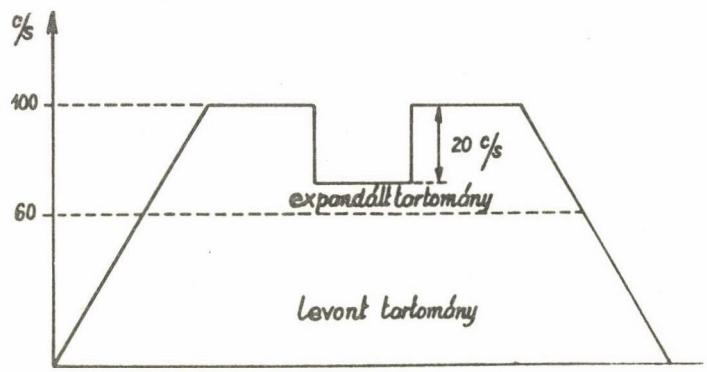
Tekintettel arra, hogy $\xi < \varkappa$, fennáll az alábbi egyenlőtlenség:

$$\delta' > \delta'_{min} \qquad /9/$$

tehát az expanziónak a relativ szórás növelése ellenére mindig kontrasztfokozó hatása van. A II. táblázatban a ξ - és $\varkappa$ - értékek numerikus adatait adtuk meg, adott százalékos háttérkivonás mellett. Az elmondottakat a 4. ábrán bemutatott aktivitásváltozás mellett feltüntetett számszerü értékkel

II. táblázat

k	$\varkappa$	ξ
5	1,055	1,023
10	1,111	1,052
20	1,250	1,117
30	1,420	1,190
40	1,666	1,282
50	2,000	1,408
60	2,500	1,562
70	3,333	1,818
80	5,000	2,222
90	10,000	3,125



4. ábra

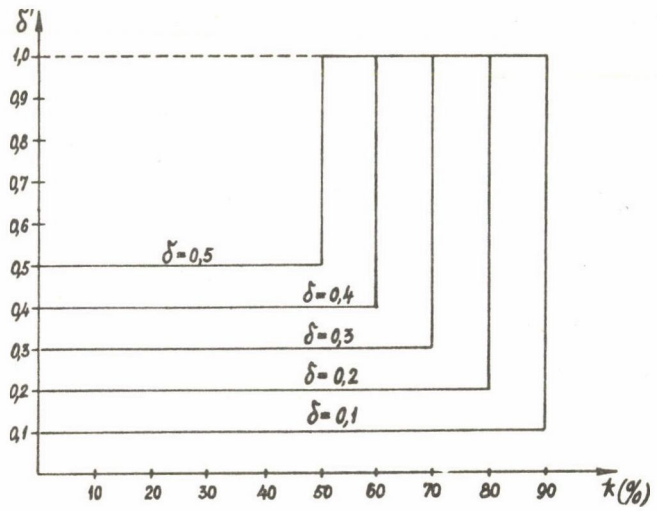
Leképezendő tárgy profilaktivitásának eloszlási képe, numerikus értékekkel.

szeretnénk megvilágitani. Expandálás nélkül a hidegterület felett a relativ-aktivitás-esés, $\delta = 0{,}2$, δ_{min} értéke pedig kb. 0,28. A megadott statisztikai kritérium alapján tehát ez az aktivitásesés nem mutatható ki. 60%-os expanzió után az aktivitáscsökkenés 0,5-re, δ_{min} pedig 0,44-re növekedett, azaz kimutathatóvá vált.

Level-tipusu háttérkivonás

Ennél a háttérkivonási formánál a kivonó szintjelzőként müködik, azaz a beállitott háttérsugárzási érték alatt nem enged át jelet az irószerkezetre, mig e szint felett az egész aktivitást méri. A háttérkivonási szint felett tehát a szintjelző nem befolyásolja a mért beütésszámot. Figyelembe véve azonban a radioaktivitás statisztikus jellegét, az előző megállapitás nem szigoruan igaz. A kivonási szint közelében a feldolgozott beütésszám már megváltozik, igy ebben az esetben is beszélhetünk kontrasztosodásról, ennek nagysága azonban a sugárzási szint értékétől és a háttérkivonó kör /ratemeter/ időállandójától függ.

Nagy időállandó esetén, kicsiny és nagy beütésszámoknál egyaránt, a háttérkivonó "ideális szintjelzőként" müködik, tehát a kivonási szint alatti beütésszámoknál teljesen hideg területet kapunk /$\delta = 1$/, mig e szint felett a teljes, változatlan beütésszámot mérhetjük. Az 5. ábrán ebben az esetben ábrázoltuk a relativbeütésszám-változást a háttérkivonási szint függvényében. Ez az ideális állapot azonban csak igen lassu pásztázó sebességeknél valósitható meg, amely nem felel meg a rutinmunka követelményének.

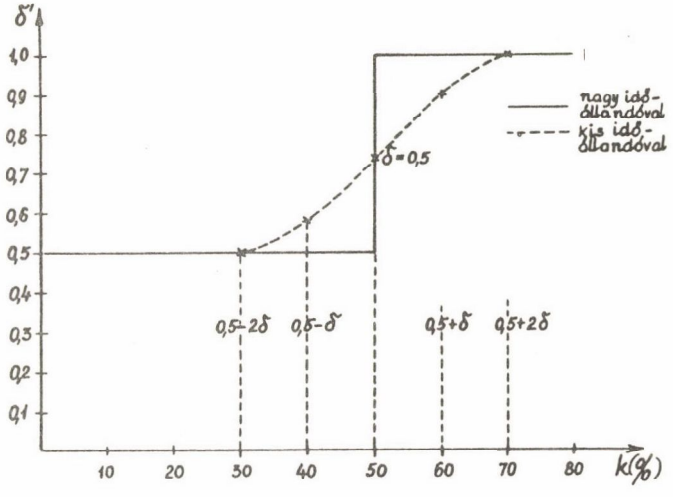


5. ábra

A kontrasztosodás változása level tipusu háttérkivonásnál, ha a szintjelző időállandója igen nagyra választható /lassu pásztázási sebességeknél/.

Az időállandó csökkentésével növelhetjük a pasztázó sebességet, ekkor azonban a háttérkivonási szint változása már nem ugrásszerüen, élesen, hanem elmosódottabban jelentkezik. E jelenség mindaddig, amig a háttérkivonás értéke el nem éri a kimutatandó hidegterület feletti beütésszámot /$k' < 1 - \delta$/, a kontrasztosodást fokozza, e felett azonban csökkenti. A kimutatandó aktivitáscsökkenésnél nagyobb háttérkivonások esetén a statisztika kontraszt-

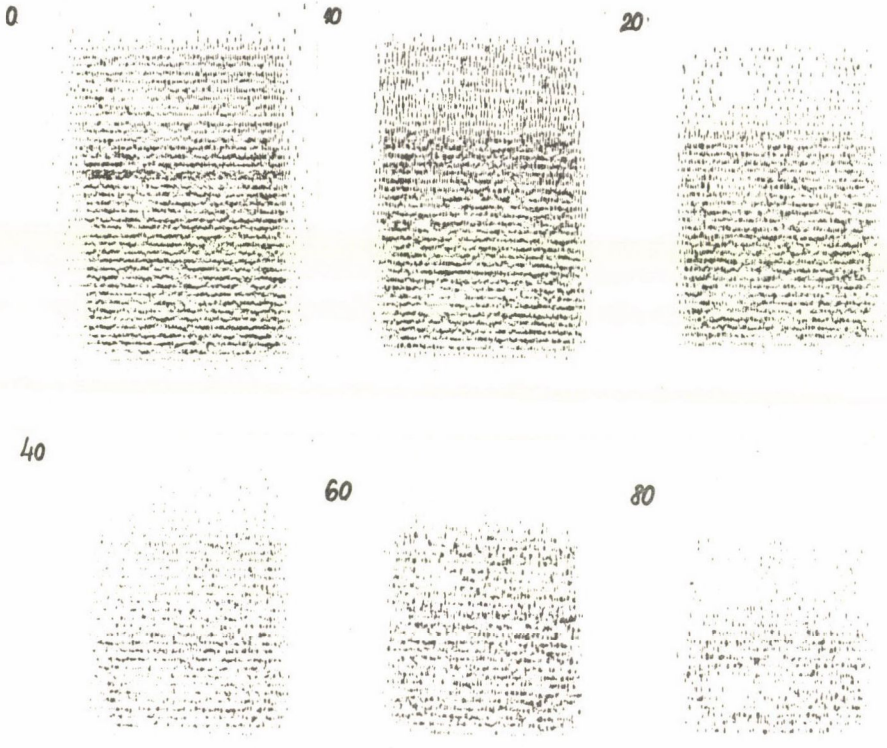
csökkentő hatása azonban nem jelent problémát, mert $k' > 1-\delta$ esetén ugyis igen jelentős - a környezethez képest nem lineárisan jelentkező - kontrasztnövekedést kapunk. A mérési statisztika kontrasztmódositó hatását a 6. ábrán szemléltetjük. Mindaddig, amig a háttérkivonási szint 2σ -nál távolabb van a kimutatandó csökkent aktivitásu szintnél, a háttérkivonásnak nincsen kontrasztositó hatása. A háttérkivonási szinttel közeledve a kimutatandó beütésszám-csökkenéshez, egyre több olyan véletlen eset lehetséges, hogy a pillanatnyi számlálási sebesség e szint alá csökken, és /igen rövid időre/ leállitja a számlálást. Ez a folyamat az összes regisztrált impulzus csökkenéséhez, a kontrasztosodás megindulásához vezet. A statisztikának háttérkivonó müködését befolyásoló hatása, mint láthattuk, szoros összefüggésben van a feldolgozandó számlálási sebességgel: kicsiny relativ szórásnál ez a hatás elhanyagolható /ideális szintjelző/, azonban csökkenő beütésszámoknál hatása egyre jelentősebbé válik /III. függelék/.



6. ábra

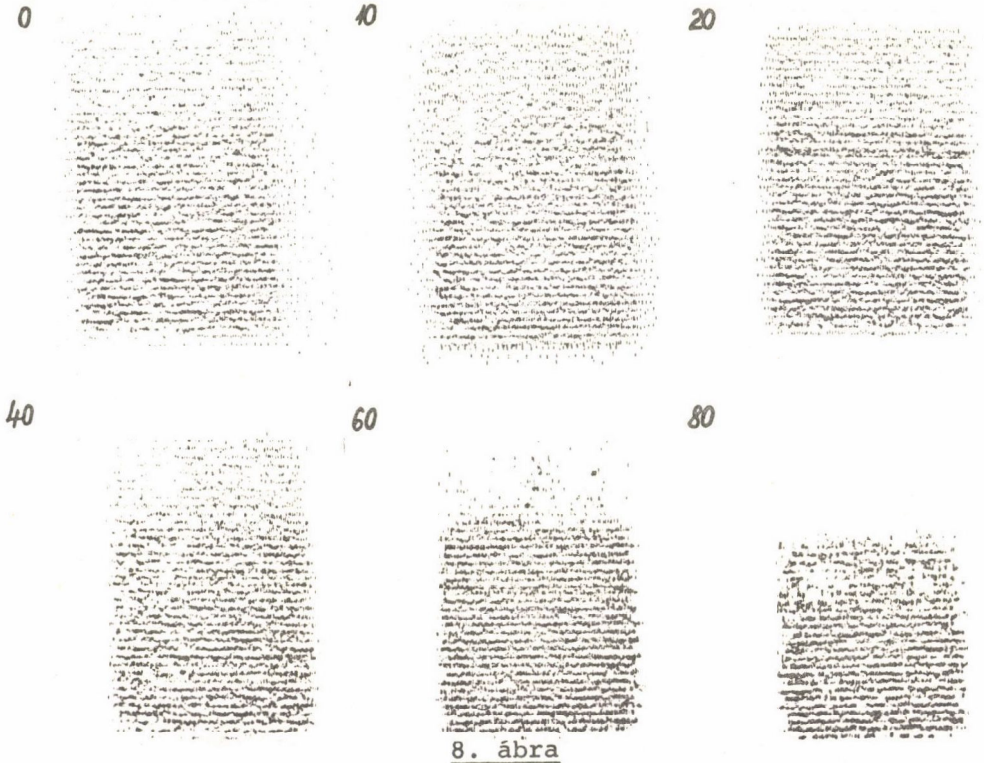
A level tipusu háttérkivonás kontrasztositó hatása kis időállandónál. Az elméleti görbe helyett /folytonos görbe / a háttérlevonás hatása már a csökkent aktivitásu helytől a szórás egy és kétszeres értékén belül jelentkezik /szaggatott görbe/.

Az elmondottak illusztrálására a 7. és 8. ábrán fantomról készitett felvételsorozatokat mutatunk be. A képek között változó paraméter a háttérkivonási szint /k %/ mértéke. A 7. ábra expander, mig a 8. ábra level háttérkivonással készült. A vizsgálatokhoz Gamma gyártmányu Scinticart I. készüléket használtunk, módositott jelfeldolgozással[4], háttérkivonóként expander állásban NC 305 tipusu háttérkivonót, mig level állásban NB 208 tipusu szintjelzőt /Gamma Müvek/ alkalmaztunk. Modellünk Zubovszkij E.[5] által javasolt májfantom volt, 300 µCi $^{99}Tc^{m}$ izotóppal feltöltve. A fantom méretét és szerkezeti felépitését a 9. ábra mutatja. A 7. és 8. ábra felvételsorozatából látható, hogy a növekvő háttérkivonási szint mellett különböző mélységben elhelyezkedő hideggöbök jelennek meg élesen. Az expander és level kivonási módok összehasonlitása pedig azt mutatja, hogy vékony rétegek esetén a level ad kontrasztosabb képet, azonban a leképezendő tárgy vastagságának növelésével egyre inkább látszik az expanzió információnövelő hatása.



7. ábra

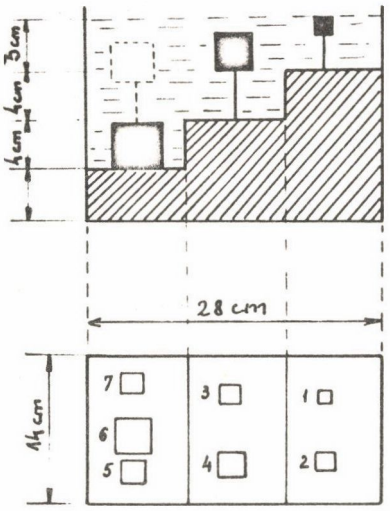
Scinticart I készülékkel /módositott elektronikával/ és Gamma NC 305 tipusu háttérkivonóval a 9. ábrán bemutatott fantomról készitett felvételsorozat, növekvő expandálási szinteknél. Izotóp: 300 µCi $^{99}Tc^{m}$, N_k = 100 c/s,/k = 0-nál/, sebesség: 30 cm/min, leosztás: 20, kollimátor: fókusztávolság 10 cm, a karakterisztika félértékszélessége a fókuszsikban 1,2 cm.



8. ábra

A 7. ábra felvételének megismétlése level tipusu háttérkivonással. Háttérkivonó: Gamma NP 208 tipusu szintjelző.

A felvételek azt is mutatják, hogy a növekvő háttérkivonással információt is veszitünk. Nagy háttérkivonáskor nem tudunk véleményt alkotni a vékonyrétegekben lévő hideqterületekről és a leképezendő tárqy nagyságáról, kiterjedéséről, ezért a háttérkivonás növelésének információfokozó hatása csak a primer adatok mágneses regisztrálásával, majd visszajátszásával, vagy kétcsatornás szcintigráfiás rendszerekkel /4/ lehetséges.



A "hideg" göbök mérete és elhelyezkedése:

1 = 1,5x1,5,1,5 cm lent
2 = 2 x 2x2 cm lent
3 = 2 x2x2 cm középen
4 = 3x 3x3 cm lent
5 = 3x 3 x3 cm fent
6 = 4x4 x4 cm lent
7 = 2x2x2 cm középen

9. ábra

A szcintigráfiás vizsgálatokhoz használt, E. Zubovszkij-féle májfantom mérete és szerkezeti felépitése.

IRODALOM

1. Hine G.J., Instrumentation of Nuclear Medicine Academic Press. New York - London, 1967.
2. Libby R.L., J.Nucl. Med. 5 /1964/ 887
3. Kuyper A.C., J. Chem. Education 36 /1959/ loo
4. Krasznai I., Földes J., Pogány Gy., Pál I., kétcsatornás szcintigráfiás berendezés, Orvos és Technika 5 /1971/ 134
5. Zubovszkij E.:"Orvosi izotópos müszerek és mérések" KGST Kerekasztalkonferencia, Budapest, 1968.

I. függelék

A statisztikailag kimutatható relativ beütésszám csökkenésének meghatározása

Statisztikailag azt a beütésszámcsökkenést tartjuk kimutathatónak, ahol a kimutatandó beütésszámkülönbség nagyobb, mint a meghatározás kétszeres statisztikus szórása /az alkalmazott gondolatmenet azonban tetszésszerinti

szórástávolságra alkalmazható/. A feltétel matematikailag megfogalmazva:

$$N_k - N_t \geq 2\sigma. \qquad /1A/$$

$$\delta_{min} = \frac{N_k - N_t}{N_k} \text{ -ból: } N_k - N_t = \delta_{min} N_k \text{ és } N_t = /1-\delta_{min}/N_k . \qquad /2A/$$

Normális eloszlást feltételezve, $N_k - N_t$ szórása /3/:

$$\sigma = \sqrt{\frac{N_k}{t_k} + \frac{N_t}{t_t}} . \qquad /3A/$$

Állandó időelőválasztást /egyenletes pásztázó sebességet/ feltételezve, $t_k = t_t = \tau$ jelöléssel, az 1A feltétel 2A és 3A felhasználásával $\delta_{min.}$-ra megoldandó vegyes másodfoku egyenlethez vezet:

$$N_k \delta_{min} = \frac{2}{\sqrt{\tau}} \sqrt{2N_k - \delta_{min} N_k} . \qquad /4A/$$

Ennek megoldása:

$$\delta_{min} = \frac{-4N_k \pm \sqrt{16N_k^2 + 32N_k^3 \tau}}{2\tau N_k^2} . \qquad /5A/$$

A gyakorlatban előforduló numerikus értéknél $16.N_k^2 \ll 32.N_k^3$. , és $4N_k$ elhanyagolása $\sqrt{32.N_k^3}$. mellett - a negativ előjel miatt - δ_{min} felső korlátjának egyszerü becslését adja:

$$\delta_{min} = \frac{\sqrt{32N_k^3 \tau}}{2\tau N_k^2} . \qquad /6A/$$

Állandó impulzus-elővválasztásnál a mérési időre teljesül az alábbi összefüggés:

$$t_k N_k = t_t N_t = t_t / 1-\delta_{min} / N_k .$$

Ebből:

$$t_t = t_k / 1-\delta_{min} / . \qquad /7A/$$

Az 1A feltétel, a 2A, 3A, 7A egyenletek felhasználásával, ismét vegyes másodfoku egyenlethez vezet, amelynek megoldása - bevezetve az $E = N_k . t_k$ jelölést -:

$$\delta_{min} = \frac{-8 \pm \sqrt{64+32/E-4/}}{2/E-4/} . \qquad /8A/$$

A gyakorlatban előforduló numerikus értékek tartományában most is elhanyagolással élhetünk:

$$\delta_{min} = \frac{\sqrt{32E}}{2E} . \qquad /9A/$$

II. függelék

Az expanziós háttérkivonás hatása a statisztikailag kimutatható legkisebb relativ beütésszám-csökkenés δ'_{min} értékére:

A háttérkivonás hatására a sugárzási szint/1-k'/-szeresére csökken:

$$N'_k = /1-k'/ N_k . \qquad /10A/$$

A δ_{min} -ra levezetett összefüggések használhatók a 10A egyenlet figyelembevételével :

$$\delta'_{min} = \frac{-4N_k/1-k'/ \pm \sqrt{16/1-k'/^2 N_k^2 + 32/1-k'/^3 N_k^3 \tau}}{2\tau/1-k'/^2 N_k^2} . \qquad /11A/$$

A 6A-nál alkalmazott elhanyagolással δ'_{min} felső korlátját kapjuk:

$$\delta'_{min} = \frac{\sqrt{32/1-k'/^3 N_k^3 \tau}}{2\tau N_k^2 /1-k'/^2} = \frac{\sqrt{/1-k'/^3}}{/1-k'/^2}\,\delta_{min}, \qquad /12A/$$

$$\delta'_{min} = \frac{1}{\sqrt{1-k'}}\,\delta_{min} = \xi\delta_{min} . \qquad /13A/$$

III. függelék

Level tipusu háttérkivonás

A level tipusu háttérkivonás kontrasztnövelő hatását, kis időállandóju szintjelzőkör esetén, az alábbi gondolatmenettel becsülhetjük meg:

$$\delta = \frac{N_k - N_t}{N_k} \text{ -ból kiindulva} \qquad /14A/$$

Ha

a / $k'N_k < N_t - 2\sigma$, akkor a háttérkivonásnak nincsen jelentősége /a véletlen folytán elhanyagolható esetben fog a szintjelző lezárni/.

b / $k'N_k = N_t - \sigma$, a kontrasztosodás megkezdődik, ugyanis normális eloszlást feltételezve $N_t - \sigma$ -nál kisebb számlálási sebesség az esetek mintegy 15%-ában fordul elő. Ezekben az esetekben a rendszer tiltva van, tehát nem számol, igy N_t értéke N'_t -re csökken:

$$N'_t = N_t - 0{,}15N_t = 0{,}95N_t.$$

$$\delta' = \frac{N_k - 0{,}95 N_t}{N_k}$$

de, 14A-ból N_t-t behelyettesitve:

$$\delta' = 0{,}15 + 0{,}95\delta.$$

c / $k' N_k = N_t$,

ebben az esetben 50%-os esély van arra, hogy a pillanatnyi számlálási sebesség $N_t' < k'.N_k$, azaz a rendszer tiltva legyen:

$$N_t' = N_t - 0{,}5\ N_t = 0{,}5\ N_t,$$

$$\delta' = 0{,}5 + 0{,}5\delta.$$

d / $k' N_k = N_t + \sigma$,

ekkor az esetek ~15%-ában találjuk nyitva a véletlen ingadozások miatt a szintjelzőt, a többi esetekben állandóan zárva van, azaz nem enged beütésszámot az irószerkezetre:

$$N_t' = 0{,}15\ N_t,$$

$$\delta' = 0{,}95 - 0{,}5\delta.$$

A relativ beütésszámcsökkenés változását a háttérkivonási szint függvényében, az a, b, c, d, pontok alapján $\delta = 50\%$ értéknél a 6. ábrán tüntettük fel.

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 11. szám

Radioaktiv anyagok rendészeti ellenőrzésének tapasztalatai

ECSÉDI K.
Belügyminisztérium, Budapest

A radioaktiv anyagok előállitását, forgalmazását, felhasználását rendészeti szempontból a Belügyminisztérium ellenőrzi. Az ellenőrzés során szerzett tapasztalatok ismertetése.

Опыты по наблюдению органами Министерства внутренних дел за радиоактивными веществами

Эчеди К.

Об опытах, накопленных органами Министерства внутренних дел в ходе наблюдений за выполнением постановлений, относящихся к изготовлению, обороту и использованию радиоактивных веществ.

Experiences of Police Control of Radioactive Materials

Ecsédi, K.

Experiences, gathered by the organs of the Ministry of the Interior during police control of the production, sale and use of radioactive materials.

A radioaktiv anyagok felhasználását különböző rendeletek szabályozzák. A 10/1964. /V.7./ Korm. sz. rendelet és végrehajtása tárgyában kiadott Eü.M. rendelet foglalkozik a sugárzó /radioaktiv/ anyagok biztonságos termelésével, felhasználásával, tárolásával, forgalmazásával és szállitásával, valamint az előállitó, felhasználó intézmények és vállalatok egészségügyi és rendészeti felügyeletével.

A rendelet a radioaktiv izotópok felhasználásával kapcsolatos rendészeti feladatok ellátását a Belügyminisztérium hatáskörébe utalta.

A Belügyminisztérium Közrendészeti Osztálya a rendészeti feladatának ellátása során a következőképpen ellenőrzi az izotópfelhasználási engedéllyel rendelkező intézményeket és vállalatokat:

Ellenőrzi

- a közrendre és közbiztonságra vonatkozó rendelkezések megtartását;
- az engedélyekben meghatározott biztonsági előirások betartását és a nyilvántartásokat;
- a radioaktiv izotópok és készitmények, müszerek közuti, vasuti, légi, valamint vizi szállitását;

- a radioaktiv izotópok és készitmények behozatalát, kivitelét és átmenő /tranzit/ szállitását.

A rendészeti feladatok ellátásán tul vizsgálja az előforduló rendellenességeket, szabálytalanságokat, visszaéléseket, amelyek radioaktiv izotópokkal kapcsolatban merülnek fel.

Radioaktiv anyagok nyilvántartásának ellenőrzése

A radioaktiv izotópok gyártásával foglalkozó intézmények nyilvántartási problémái hazánkban szük körre, a kisérleti reaktorra, az MTA Izotóp Intézetére, valamint megbizása alapján néhány laboratóriumra korlátozódik. Az izotópot előállitó intézmények és vállalatok kötelesek a termelt radioaktiv anyagról olyan nyilvántartást vezetni, amelyből egyértelmüen megállapitható a készlet mennyisége, fajtái, a kiadott anyagok mennyisége, tartózkodási helye.

Az ellenőrzések során hiányosságként mutatkozott, hogy a munkahelyeken vezetett nyilvántartások nem minden esetben tükrözték a pontos raktári készletet.

További mulasztásként állapitottuk meg, hogy a radioaktiv izotópok forgalmazásánál néhány vállalat és intézmény nem tartja be a kormányrendeletben meghatározott, izotópforgalmazásra előirt szabályokat. Mint ismeretes, radioaktiv izotópot vagy készitményt kizárólag az MTA Izotóp Intézet vagy az Intézet rendelkezése alapján eljáró szerv hozhat forgalomba. Egyes intézmények az Izotóp Intézet megkerülésével - annak tudtán kivül, anyagszállitási problémára, anyagi okokra hivatkozva - több esetben forgalmaztak radioaktiv izotópot.

A forgalmazás köréhez tartozik a radioaktiv anyaggal rendelkező müszerek, berendezések értékesitése is. Egyes kutatóintézetek igyekeznek megkerülni a rendeletet ugy, hogy az általuk előállitott és eladott berendezéseket, mint kisérleti berendezést üzemeltetik. Ezekben az esetekben a berendezés üzemeltetésével kapcsolatos összes jogi következmények az előállitó vállalatot, az intézményt terhelik. Nem valószinü, hogy ez a felelősség, amely biztonsági és pénzügyi problémákat is felvethet, megéri-e a rendelet adta legális lehetőség mellőzését.

A radioaktivizotóp-felhasználók A., B., C., Z. csoportositásán tulmenően, az egyes csoportokon belül is különbséget tehetünk az izotópok sokoldalu felhasználása miatt. A széttagoltság következtében a felhasználóknál végzett rendészeti ellenőrző munkát a helyi adottságoknak megfelelően kell sulyoznunk. Ezért nem lenne célszerü az A., B., C. és Z. kategorizálás sorrendje szerint taglalni az ellenőrző munka tapasztalatait, hanem helyesebb az általánositható problémák alapján tárgyalni.

A felhasználó intézmények a radioaktiv anyagokról - tekintet nélkül a laboratórium szintjére - nyilvántartást kötelesek vezetni. A nyilvántartást az MTA Izotóp Intézete által rendszeresitett nyilvántartókönyvben kell vezetni oly módon, hogy az izotópraktár-készlet bármely időben megnyugtatóan, azonnal megállapitható legyen.

A nyilvántartásnál előforduló leggyakoribb hibák, hogy a forgalmazó által átadott radioaktiv izotóp adatait késedelmesen vezetik be a nyilvántartókönyvbe. A felhasznált és a lebomlott hulladékként kiselejtezett radioaktiv anyag adatait szintén nem jegyzik be. Hiba még az is, hogy a bejegyzett adatokat nem a bizonylatolási előirások szerint javitják.

A nagy mennyiségü nyitott izotópot felhasználó intézményeknél /pl. kórházaknál/ a nyilvántartókönyv vezetése nehézkes, mert a szétosztott és felhigitott anyagok részére a jelenleg rendszeresitett nyilvántartókönyvben nincs megfelelő számu rovat. Ezért indokolt, hogy a részfelhasználást külön erre a célra rendszeresitett füzetben vezessék. A nyilvántartókönyv felhasználási rovatában csak a napi felhasznált mennyiséget és a higitás mértékét tüntessék fel.

Sugárvédelmi előirások betartásának ellenőrzése

Az izotóplaboratóriumokban megtartott rendészeti ellenőrzések hiányosságként állapitották meg, hogy a biztonságtechnikai berendezések használata nem rendeltetésszerü, ezek sok esetben üzemképtelenek, vagy hiányzanak.

Az elszivóberendezést üzemképtelensége vagy zajossága miatt nem üzemeltetik. Távfogó csipesz, béta-szemüveg, különböző vértek hiánya is gyakori hiba. Az ipari radiológiai laboratóriumokban az átvilágitó helyiség bejárati ajtajánál a biztonsági reteszelés hiánya, üzemképtelensége, vagy esetleg üzemen kivül helyezése is előfordul. Több esetben tapasztaltuk, hogy a laboratórium dolgozói az alapvető sugáregészségügyi szabályokat sem tartják be, például dohányoznak, étkeznek, kozmetikai cikkeket használnak a sugárveszélyes munkahelyeken.

A felsorolt szabálytalanságok már több esetben sugárbaleset kiinduló okai voltak. A sugárbalesetek megelőzése a sugárvédelmi megbizottak egyik legfontosabb feladata kell, hogy legyen.

Megállapitottuk, hogy az intézmények, laboratóriumok vezetői sok esetben azt a helytelen álláspontot képviselik, hogy a sugárvédelmi megbizottakra csupán az adminisztrációs nyilvántartás vezetése tartozik, nem értékelik megfelelően, hogy sugárzó/radioaktiv/anyagokkal biztonságosan munkát végeztetni

csak az előirások betartásával lehet. A sugárvédelmi megbizott kötelessége a sugárvédelmi előirások maradéktalan betarttatása, a védelmi berendezések alkalmazásának megkövetelése, mivel jogilag felelős a sugárzó anyagokkal dolgozó személyek egészségéért.

A munkahelyi vezetők nem tudatositják a dolgozókban, hogy a sugárvédelmi megbizottnak joga van minden sugárveszélyes munkát biztonsági szempontból felülvizsgálni, védelmi szempontból nem megfelelő munkát letiltani, a szabálytalanságok elkövetőivel szemben fegyelmi eljárást kezdeményezni a vállalat vezetőségénél. Több helyen tapasztaltuk, hogy a sugárvédelmi felelős egyben az izotóplaboratórium vezetését is ellátja. Ez a megoldás csak abban az esetben engedhető meg, ha a munkahely létszáma nem teszi lehetővé más személy megbizását.

A radioaktiv anyagok tárolásánál két alapvető feltételt kell biztositani: a sugárvédelmi feltételeket, valamint biztonsági szempontokat, hogy a tárolt anyagokhoz illetéktelen személyek hozzá ne jussanak.

A rendészeti ellenőrzések számos szabálytalanságot tártak fel. Trezorok /falitrezorok/ a szabvány előirásoknak egyáltalán nem, vagy csak részben felelnek meg, nem rekeszes rendszerüek; nem zárhatók; nincs rajtuk az előirás szerinti nemzetközi sugárveszély-jelzés. Hasonló problémák fordulnak elő a hütőszekrényekben való tárolásnál is.

Külön kivánunk foglalkozni a radiológiai munkáknál tapasztalható tárolási formával. Mivel ezek a munkahelyek állandóan változnak, nincs mód, hogy az átvilágitáshoz használt nagy aktivitásu sugárforrásokat állandó felügyelettel rendelkező zárt telephelyen helyezzék el. Ehelyett ideiglenes megoldásokat alkalmaznak /például fából, fémből épitett felvonulási épületeket/, amelyek a biztonsági feltételeknek nem minden esetben felelnek meg. Ilyen módon a radioaktiv anyag nem tárolható.

A radiológiai munkáknál probléma még a szállitó konténerekben levő sugárforrások azonositása. A tartókban a sugárforrások sürün cserélődnek, és ha az átszerelésről a regisztrálás nem megfelelő, ugy a leltározás csak ujabb dózisterhelés mellett végezhető el. Itt szeretnénk megemliteni, hogy a radiológiai laboratóriumok vezetői, illetve sugárvédelmi megbizottai a sugárforrások átszerelésénél nagyobb gondot kell hogy forditsanak a dózisterhelés csökkentésére, mert a tapasztalat azt mutatja, hogy az átszerelési müveletek során a legjelentősebb a dózisterhelés.

A területen végzett radiológiai munkákat a biztonsági és egészségügyi előirásoknak megfelelően a helyi közegészségügyi hatóságnál előre be kell jelenteni.

Radioaktiv izotópok szállitása

A radioaktiv izotópok szállitását a kormányrendelet és az MSZ. 62-69-sz. szabvány szabályozza. Az izotópszállitásokra vonatkozó engedélyeket az egészségügyi hatóságok adják. A rendelet meghatározza, hogy a sugárzó /radioaktiv/ anyagot /göngyöleget/ közhasználatu járművön szállitani tilos. Ennek ellenére gyakori még mindig az olyan eset, hogy vonaton személypoggyászként, autóbuszon, taxin, villamoson szállitanak radioaktiv anyagot, illetve üres konténereket, bár aki szállitja, és aki utasitást ad a szállitásra, ismeri a tiltó rendelkezéseket.

Gépjárműellenőrzések alkalmával tapasztaltuk, hogy a radioaktiv anyagot szállitó gépkocsik felszerelése hiányos. A gépkocsik nem minden esetben rendelkeznek

- sugárveszélyt jelző tárcsával, valamint baleset esetére a helyszin lezárására szolgáló jelzőtáblákkal;
- a vezetőfülkében nincs feltüntetve, hogy baleset esetén a helyszint hány méteres körzetben kell lezárni, és hogy a balesetről milyen szerveket kell értesiteni.

Gépkocsin való szállitáskor nem vezetik megfelelően a szállitásra vonatkozó nyilvántartást, és igy nem állapitható meg a gépkocsi rendszáma, a szállitás pontos utvonala.

A zárt sugárforrások szállitása ma már technikailag megoldott, mégis ezeknél van a legtöbb hiányosság. Ezek a hiányosságok elsősorban figyelmetlenségből, hanyagságból adódnak. A további balesetek, elvesztések megelőzése érdekében néhány példát emlitünk. Előfordult, hogy az átvilágitási munkák befejezésével a sugárforrást a szállitó gépkocsi lépcsőjére rakták fel, a rakodó térben történő rögzités helyett. A rázkódás következtében a sugárforrást tartalmazó konténer leesett, a zárszerkezet letörött, és hozzá nem értők kezébe került. Csak a véletlenen mult, hogy sugársérülés nem következett be. Hasonló eset történt a Budapestről kivezető egyik országuton. A sugárforrást tartalmazó konténert nem zárták le, a rázkódás miatt a sugárforrás a konténerből, majd a nyitott gépkocsiból kiesett, s azt csak hosszas müszeres kutatás után sikerült felkutatni. Ilyen esetek elkerülését csak a szabályok betartásával lehet biztositani.

Bejelentési kötelezettségek

Az elmult időszakban a személyi sérüléssel járó balesetek száma minimális volt, az egészségügyi károsodás csekély, a visszaélések társadalmi veszélyessége nem nagy. Ennek ellenére szeretnénk felhivni az előállitók, felhasználók

figyelmét a rendkivüli eseményekkel kapcsolatos jelentési kötelezettségre.

Rendkivüli eseménynek minősül sugárzó /radioaktiv/ anyag elvesztése, felhasználása, tárolása, szállitása során fellépő olyan szennyeződés, dózisszint, amely közveszélyt idéz elő, illetve egy vagy több ember életét, testi épségét, egészségét közvetlenül veszélyezteti. A sugárzó anyagot szállitó járművel történt mindennemü baleset, a küldemény megsérülése, a szállitmány elvesztése stb. bejelentési kötelezettség alá tartozik.

A jelentést a területileg illetékes KÖJÁL-nál, az Egészségügyi Minisztériumnál, vagy a legközelebbi rendőri szervnél kell megtenni.

A rendészeti szervek a megelőző intézkedéseken kivül a biztonsági előirások megszegőivel szemben fegyelmi, szabálysértési, vagy büntető eljárást kezdeményeznek. Meg kell azonban jegyezni, hogy a felelősségrevonás mindig differenciáltan, a helyi adottságok figyelembevételével történik. A radioaktiv anyagok felhasználása a népgazdaság, egészségügy és a tudomány területén nélkülözhetetlen. Nem lenne azonban helyes, ha a felhasználás során figyelmen kivül hagynánk a radioaktiv izotópok alkalmazására vonatkozó biztonsági előirásokat. A felhasználás csak akkor lehet hasznos, ha nem veszélyeztetjük vele a saját, valamint embertársaink egészségét, a természeti környezetünk tisztaságát.

Ennek biztositása csak ugy lehetséges, ha a sugárvédelmi és rendészeti előirások betartását e területen dolgozó valamennyi szakember kötelességének tekinti.

KIADVÁNYOK

J.Tölgyessy, T.Braun, M.Kryś, ISOTOPE DILUTION ANALYSIS, Akadémiai Kiadó és Pergamon Press, 1972, pp. 194

A monográfia három szerzője nemzetközi hirnévnek örvendő szakember, igy az olvasó a könyv kézbevételekor eleve fokozott igényeket támaszt; várakozásában nem csalódik, és csatlakozik Haissinskynek, az előszó irójának megállapitásához: ..."sikeres és hézagpótló munka, amely várhatóan rendkivül kedvező fogadtatásra talál."

A könyv hat részre tagozódik; az első fejezetben a szerzők az izotóp-higitásos analizis alapelveit és elméletét ismertetik; a második fejezet a kisérleti módszereket foglalja össze, a harmadik és negyedik különféle alkalmazási lehetőségekre utal, az ötödik a stabil izotópok esetében követendő szempontokra hivja fel a figyelmet, mig a hatodik fejezet a speciális alkalmazási területeknél felmerülő problémák megoldási lehetőségeit taglalja.

A szerteágazó anyag tárgyalásmódja egységes, és a gyakorlati alkalmazás igényeinek kielégitését számos általános áttekintést nyujtó táblázatos összefoglalás biztositja.

Rendkivül hasznosak a konkrét analitikai feladatok megoldására vonatkozó utalások, a metodikai eljárások vizsgálati előirásoknak megfelelő mélységü ismertetése, és mintaszerü a hatalmas irodalmi anyag összefoglalása is. A nyomdai hibák száma minimális, az ábrák egyértelmüek és világosak, a könyv kiállitása rendkivül gondos munkát tükröz.

Összefoglalóan megállapitható, hogy a kiadók rendkivül nagy szolgálatot tettek a monográfia közrebocsátásával, és törekvésük az izotóp-higitásos analizis módszereinek elterjesztésével igen hasznos célokat szolgál.

Lengyel Tamás

HÍREK

IPARI ALKALMAZÁS

A mecseki szénbányában is megoldották a nukleáris geofizikai kutatás üzemszerü alkalmazását.
Népszava, 1971. december 1.

Az M-1-es ut épitésénél ^{137}Cs-os izotóppal talajtömörség-mérést végeztek.
Dolgozók Lapja /Komárom/ 1971. október 31.

A KGST tagországok kohászati szakemberei 6. munkaértekezletüket Miskolcon tartották, a Nehézipari Müszaki Egyetemen. A magyar szakemberek beszámoltak a körkeverő kemencék falkopását radioaktiv izotópokkal vizsgáló, nemrégiben kidolgozott uj módszerről.
Déli Hirlap, 1971. november 24.

MEZŐGAZDASÁGI IZOTÓPALKALMAZÁS

Indira Gandhi indiai kormányfő Uj-Delhiben nukleáris kutatólaboratóriumot avatott fel. A laboratórium a mezőgazdaság gyors fejlődését lesz hivatva előmozditani. Öt évig épült, a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség támogatásával.
Magyar Nemzet, 1971. december 1.

NUKLEÁRIS ORVOSTUDOMÁNY

A szófiai Onkológiai Intézetben hatásosan gyógyitják besugárzással a rosszindulatu daganatos, rákos megbetegedéseket. A nyelvrákban szenvedő beteģek 49%-a kapta vissza egészségét a kezelés során.
Déli Hirlap, 1971. szeptember 22.

Francia kutatók ^{90}Y, ^{169}Er és ^{198}Au izotópot használnak reumás betegek gyógykezelésére. Eddig 1500 reumás betegen alkalmazták a kezelést. A savós hártyaizzadmányok 80%-ban gyógyultak, a reuma más formáinál 50%-ban értek el jó eredményeket.
Élet és Tudomány 1971. október 1.

Szovjet kutatók radioaktiv izotópokkal vizsgálták a bioritmust:a folyadékfelvétel, a sejtosztódás az anyagcsere fizkai folyamatainak ritmusát.
Ország Világ 1971. szeptember 8.

Nyugatnémet kutatóorvosok a szivbetegségek vizsgálatára ^{113}In izotópot juttatnak a vérbe, és figyelik az izotóp utját. A vizsgálat veszélytelenebb, mint a katéteres módszer, és egyben kisebb megterhelést jelent.
Élet és tudomány, 1971. november 5.

A Kaliakra-foknál, a Fekete-tenger bolgár partján, 14. századi sirokat tártak fel. A paleopatológusok radioaktiv izotópos és röntgenvizsgálatokkal megállapitották, hogy a 14. században ugyanazok a csontbetegségek fordultak elő, mint napjainkban /csonttuberkulózis, csonttörés, csontdeformáció/.
Déli Hirlap, 1971. november 15.

A Balatonföldváron tartott Röntgennapok előadássorozatának főtémája az izotópok alkalmazása a korszerü radiológiában volt.
Somogyi Néplap, 1971. október 2.

Az Országos Traumatológiai Intézet Mező Imre uti szövetbankjában a gyógyitához szükséges idegen szövetet kémiai uton és radioaktiv besugárzással sterilizálják.
Magyar Hirlap, 1971. december 12.

VEGYES HIREK

Az északamerikai Massachusetts állambeli Cambridge obszervatóriumának kutatói az 1970. január 3-án becsapódott 9,8 kg sulyu meteoritot, a pontos felvételek alapján, a becsapódást követő héten megtalálták. A gyors felkutatás azárt volt szükséges, hogy megvizsgálhassák a meteorit gyorsan bomló radioaktiv izotóptartalmát.
Magyar Hirlap 1971. augusztus 20.

A Knolls Atomic Power Laboratory /New York/ kutatói meteorkőből plutónium-244-et nyertek ki. E legnehezebb természetes izotóp felezési ideje kb. 80 millió év. A 10^{-18} grammnyi mennyiséget 85 kg ércből vonták ki.
Times 1971. november 19.

Szegeden tovább folytatják az MTA Biológiai Központjának épitését. A már meglevő főépülethez csatlakozik az izotóplaboratóriumok toronyépülete.
Népszabadság 1971. december 8.

A ^{14}C-glukózt az Egyesült Államokban uj eljárással állitják elő nagy mennyiségben. Üvegbura alá, egy pohár vizbe trópusi növény - a Canna indica - nagy glukóztartalmu levelét állitják. Ezután a burát ^{14}C-gyel jelzett széndioxid és levegő keverékével töltik meg. Erős megvilágitás hatására fotoszintézis játszódik le, amelynek során ^{14}C-glukóz képződik, és ez a levélből kivonható.
MTI 1971. november 11.

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA KÖNYVTÁRA

309.024

IZOTÓPTECHNIKA

14. ÉVFOLYAM 12. SZÁM

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA IZOTÓP INTÉZETE

IZOTÓPTECHNIKA

14. ÉVFOLYAM 12. SZÁM

BUDAPEST 1971. DECEMBER

MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA

Szerkeszti és kiadja a Magyar Tudományos Akadémia Izotóp Intézete

A szerkesztő bizottság:

Bába Miklós
Fehér László
Földiák Gábor, a kémiai tudományok doktora /felelős főszerkesztő/
Gróz Péter
Gyimesi Zoltán
Illy József /titkár/
Kocsár László, az orvostudományok kandidátusa
Koncz József
Kovács Lórántné /munkatárs/
Máté Ferenc, a mezőgazdasági tudományok kandidátusa
Medveczky László, a fizikai tudományok kandidátusa

A szerkesztőség cime: MTA Izotóp Intézete, Bp. 114. Pf. 77. Telefon: 166-547/154

Számunk irói:

Csom Gyula; Keömley Gábor; Kocsis Elemér, a kémiai tudományok kandidátusa,
Budapesti Müszaki Egyetem, Budapest, XI. Müegyetem rkp. 3/9

Kertész László, az orvostudományok kandidátusa,
Debreceni Orvostudományi Egyetem, I. sz. Belklinika

Dézsi Zoltán,
Debreceni Orvostudományi Egyetem, Radiológiai Klinika

Csirik János,
Szegedi Orvostudományi Egyetem I. sz. Belklinika

Csernay László, az orvostudományok kandidátusa,
Szegedi Orvostudományi Egyetem I. sz. Belklinika

Kozma László; Bartha László, a kémiai tudományok kandidátusa,
MTA Müszaki Fizikai Kutató Intézete,
Budapest, IV. Ujpest, 1. Pf. 76.

Tóth Endre; Vereczky László,
MTA Izotóp Intézete, Budapest, XII. Konkoly Thege ut

Felelős kiadó: Földiák Gábor, az MTA Izotóp Intézetének igazgatója

Készült a MTA Központi Fizikai Kutató Intézetének házi sokszorositójában F.v.: Gyenes Imre

Eng. sz: III/400/s/215/71. Budapest
1972. 12. szám

Index-szám: 25.399
Törzsszam: 71-5670

Terjeszti a Magyar Pósta. Előfizethető bármely postahivatalnál, a kézbesitőknél, a Pósta hirlap-üzleteiben és a Pósta Központi Hirlap Irodánál /KHI Budapest V. József nádor tér 1./ 215-96162 pénzforgalmi jelzőszámára.

Évi előfizetési dija: 240.- Ft

Egyes szám ára: 20.- Ft.

T A R T A L O M

A Budapesti Müszaki Egyetem Egyetemi Atomreaktora és aktivációs analitikai lehetőségei 555
Csom Gy., Keömley G., Kocsis E.

Ядерный реактор Будапештского политехнического института и возможности его применения в активационном анализе
Чом, Дь., Кемлеи, Г., Кочиш, Э.

The Training Reactor of the Budapest Polytechnical University and the Possibilities of Its Use in Activation Analysis
Csom Gy., Keömley G., Kocsis E.

Ciklotronok alkalmazása az orvostudományban 567
Kertész L., Dézsi Z.

Применение циклотронов в медицине
Кертес, Л., Дежи, З.

The Use of Cyclotrons in Medicine
Kertész L., Dézsi Z.

Áttekintés a SZOTE I. Belklinika Izotóp Laboratóriumában diagnosztikai célra kifeljlesztett számitógépes programokról 576
Csirik J., Csernay L.

О вычислительных программах, выработанных в изотопной лаборатории I-ой терапевтической клиники Медицинского университета г. Сегед для изотопной диагностики
Чирик, Я., Чернаи, Л.

A Review of Computer Programmes, Developed for Diagnostics at the Isotope Laboratory of the I. Department of Medicine of the Szeged Medical University
Csirik J., Csernay L.

Autoradiográfiás megfigyelések szemcsehatár-diffuziós folyamatokról 582
Bartha L., Kozma L.

Ауторадиографические наблюдения процессов, протекающих на границах зерен
Барта, Л., Кожма, Л.

Autoradiographic Observations on Grain-Boundary Processes
Bartha L., Kozma L.

A mérési geometria szerepe a radioaktiv izotópos nedvességmérés egyes gyakorlati problémáinál 588

Роль геометрии измерения в некоторых задачах определения влажности с помощью радиоактивных изотопов
Тот, Э., Верецки, Л.

The Role of Measurement Geometry in Some Practical Problems of Radioisotopic Moisture Determination
Tóth E., Vereczky L.

HIREK 594

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 12. szám

A Budapesti Műszaki Egyetem Egyetemi Atomreaktora és aktivációs analitikai lehetőségei

CSOM GY., KEÖMLEY G., KOCSIS E.
Budapesti Müszaki Egyetem Egyetemi Atomreaktora

A reaktor felépitése. Oktatási és kutatási felhasználásának tervezett programja.

Ядерный реактор Будапештского политехнического института и возможности его применения в активационном анализе
Чом, Дь., Кемлеи, Г., Кочиш, Э.

Строение реактора. Планированные программы его применения в образовании и исследовании

The Training Reactor of the Budapest Polytechnical University and the Possibilites of Its Use in Activation Analysis
Csom Gy., Keömley G., Kocsis E.

Reactor structure. Projects of its use in university training and research.

Az Országos Atomenergia Bizottság már 1961-ben kezdeményezte egy olyan kis teljesitményü atomreaktor létrehozását, amely, megfelelő laboratóriumokkal kiegészitve, ki tudja elégiteni a hazai atomtechnikai, atomenergetikai, izotóptechnikai és nukleáris elektronikai oktatásban, különösen a gyakorlati képzésben felmerült komplex igényeket. Emellett egy ilyen létesitmény, minthogy bizonyos kutatást is lehetővé tesz, a hazai egyetemek oktatói és kutatói által képviselt szellemi kapacitás jobb hatásfoku hasznositását is elősegitené. Az Atomenergia Bizottság kezdeményezését a Müvelődésügyi Minisztérium is felkarolta, s az illetékesek elhatározták, hogy az ország legnagyobb és legjobban hozzáférhető egyetemén oktató-kutató reaktort létesitenek. 1963-ban az előzetes terveket szovjet szakemberekkel is megvitattuk, majd a hazai kiviteli tervek elkészülte után, 1967-ben megkezdődött az épitkezés.

A reaktor 1971. május 22-én vált kritikussá, s junius 9-én adták át hivatalos keretek között a felhasználóknak.

A reaktor felépitése

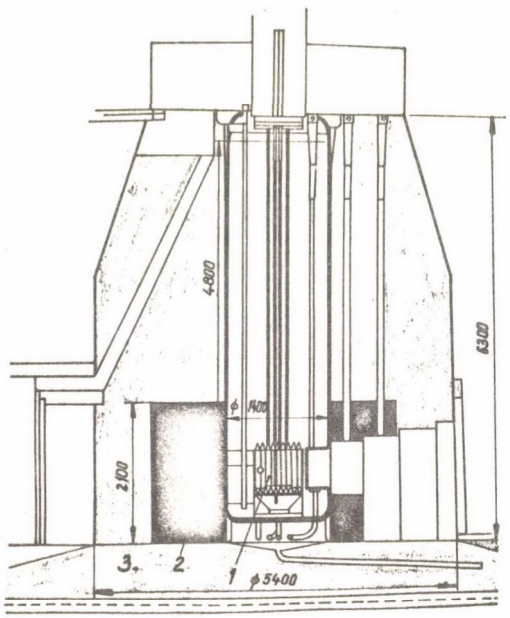
A tervezés és épitkezés során a következő szempontokat tartottuk szem előtt:

- a reaktor elégitse ki a felhasználó egyetemek által vele szemben támasztott, megalapozott és sokféle oktatási igényt;
- tegye lehetővé, hogy az oktatók, kutatók és felsőbb éves hallgatók bizonyos kutatást is végezhessenek vele;
- mivel sok, gyakorlattal nem, vagy alig rendelkező hallgatót kell a reaktorral és laboratóriumaiban kiképezni, fokozott üzembiztonságra és egyszerüségre kell törekedni.

A szempontokat kompromisszummal lehetett figyelembe venni, természetesen érintetlenül hagyva a biztonsági követelményt.

Az atomreaktor az épület középpontjában elhelyezett betontömb alján helyezkedik el. EK-10 tipusu, szovjet gyártmányu, 10% dusitásu uránoxid fütőelemekkel üzemel; moderátora és hütőközege könnyüviz, reflektora grafit és viz kombinációja. E tipus un. belső biztonsága révén, még a biztonságvédelmi rendszer esetleges csődje esetén is biztonságot nyujtana.

Az aktiv zóna és a reflektor a betontömbön belüli, 1,4 m átmérőjü és 6 m magas aluminiumtartály alján helyezkedik el./1. ábra/



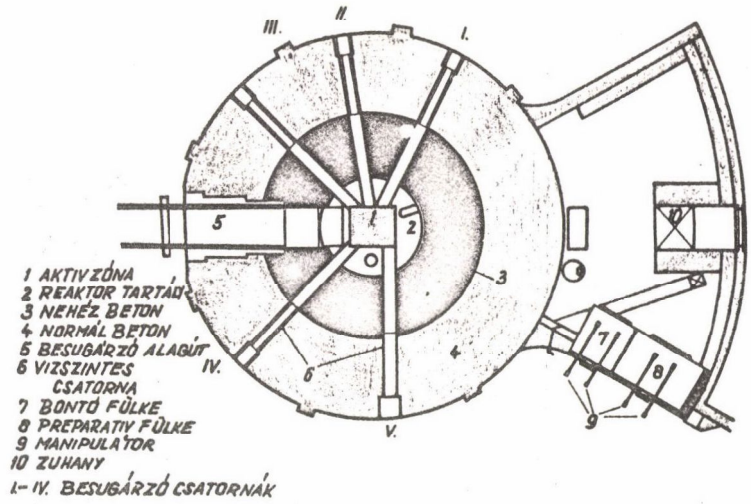
1. ábra

A reaktortömb hosszmetszete

Az oldalsó biológiai védelmet nehéz- és normálbetonból készült, 2 m vastag oldalfal, a felsőt 5 m magas vizoszlop biztositja. Az ilyen felső védelem láthatóvá teszi az aktiv zónát - oktatási létesitménynél ez fontos -, és megkönnyiti a manipulációt. Felülről nyulnak be a besugárzó csatornák is.

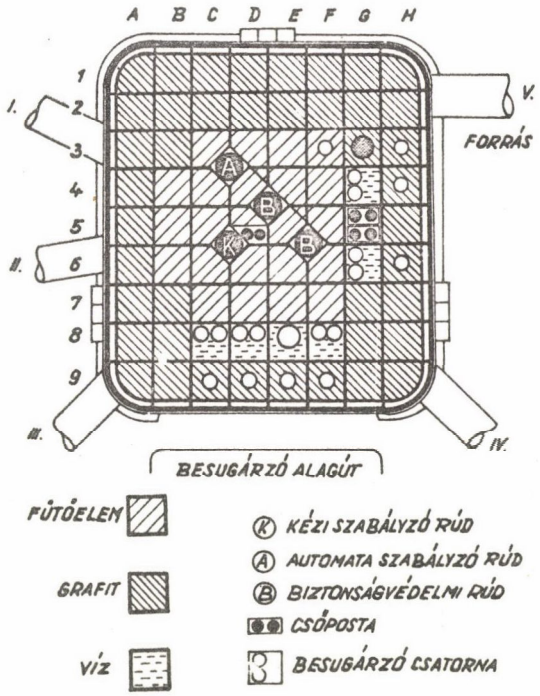
A reaktor 5 vizszintes csatornája /2. ábra/ elsősorban magfizikai, neutronfizikai vizsgálatokra ad lehetőséget. A nagyobb méretü besugárzó alagut nagyobb méretü tárgyak besugárzását, berendezések beszerelését teszi lehetővé. A reaktortömbhöz kétterü melegkamra csatlakozik.

Az aktiv zóna kialakitását a besugárzási követelmények szabták meg. Az aktiv zóna és a reflektor



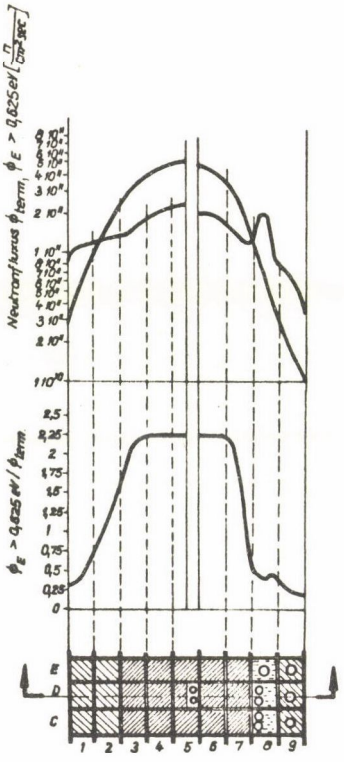
2. ábra

A reaktortömb vizszintes metszete, az aktiv zóna közepe magasságában



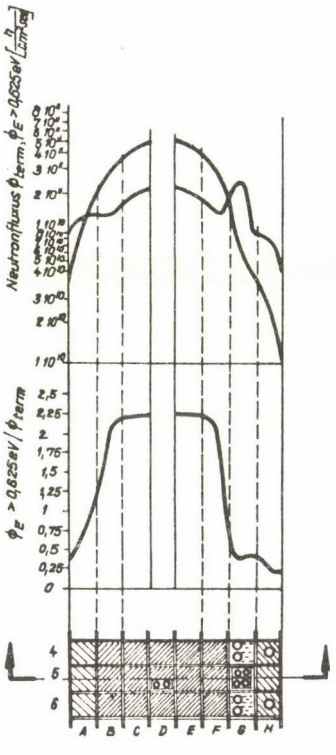
3. ábra

Az aktiv zóna és a reflektor vizszintes metszete



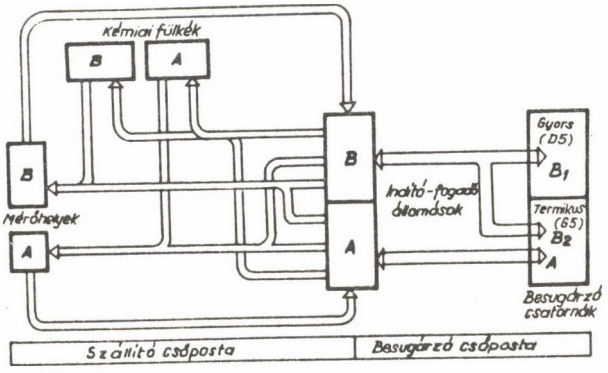
5. ábra

Fluxuseloszlás 10 kW teljesitménynél, a zóna D jelü oszlopában



4. ábra

Fluxuseloszlás 10 kW teljesitménynél, a zóna 5. sorában



6. ábra

A reaktor aktivációs analitikai csőpostarendszere

egyforma keresztmetszetü kötegei, illetve tömbjei a követelményeknek megfelelő, rugalmas változtatásokat tesznek lehetővé /3. ábra/.

Az aktiv zónában 2,8 kg ^{235}U van. Az engedélyezett maximális teljesitmény 10 kW. Reaktivitási tartaléka, biztonsági okokból, 0,5%, tehát a reaktor az un. promptkritikusság /kb. 0,7%/ alatt van.

Amiatt, hogy a reflektor részben viz, a termikus neutronfluxus a besugárzó csatornáknak több mint felében 50%-kal nagyobb, mintha teljesen grafitból állna.

A reaktor függőleges csatornái közül háromhoz pneumatikus csőposta csatlakozik: egyhez az aktiv zóna közepén /gyorsneutronos besugárzásra/ és kettőhöz a reflektorban /termikus neutronos besugárzásra/. A besugárzó csatornák elhelyezését a fluxusviszonyok szabták meg. A 4. ábrán példaképpen az 5. sor mentén uralkodó fluxuseloszlást tüntettük fel. A gyorsneutronos csőpostához a mintát kadmiumboritással látjuk el, a termikus neutronok elnyeletése végett. Mivel e csőposta benyulik az aktiv zóna közepébe, a kadmiumnak jelentős hatása van a reaktor müködésére. Kisérleteink szerint maximum kb. 0,11% reaktivitásértékességgel rendelkezhet ilyen kadmiumtok ahhoz, hogy a reaktorból való kihozatalánál, e reaktivitáshányad felszabadulásakor, a teljesitmény a beállitott érték 120%-ánál nagyobbra ne nőjön, s igy a biztonságvédelmi rendszer a reaktort le ne állitsa.

Ugyanezek a megállapitások vonatkoznak az 5. ábrán bemutatott, D oszlopmenti fluxuseloszlásra is.

A besugárzó csatornákban termelt izotópokat először a reaktortartályon belül huzzzuk fel, közvetlenül a reaktortömb teteje alá. Pihentetés után a radioaktiv izotóp surrantón keresztül kerül a reaktortömb mellett elhelyezett melegkamra bontófülkéjébe.

A reaktorhoz csatlakozó laboratóriumok

A reaktorhoz három, viszonylag nagy alapterületü radiokémiai laboratórium, két mérőszoba és egy kis hátterü mérőhelyiség csatlakozik. A reaktort a radiokémiai laboratóriumokkal, és a laboratóriumokat egymás között csőpostarendszer köti össze /6. ábra/. Ehhez csatlakoznak a mérőkamrák is. Ezek egyike 80x80x80, másika 40x40x40 cm-es belső méretü, s különösen az aktivációs analitikai mérési lehetőségeket javitják.

A kétterü melegkamra közvetlenül a reaktortömbhöz csatlakozik /2.ábra/. Egyik része a bontófülke, a másik a preparativ fülke. Két-két gömbcsuklós manipulátorral vannak ellátva. A kezelőtér felöli védelmet 5 cm vastag ólomfal biztositja. A kezelhető aktivitás kisebb, mint amekkorát a reaktor fluxusértékei elő tudnak idézni.

A reaktor, a két 1024 csatornás analizátor a perifériás berendezésekkel, a félvezető detektor stb. különösen az aktivációs analizishez teremt jó lehetőségeket.

A reaktorral végezhető aktivációs analitikai meghatározások

A továbbiakban néhány elem aktivációs analitikai meghatározásának érzékenységét közöljük, a reaktor 10 kW teljesitményén.

Az érzékenységet az alábbi képlettel számitjuk:

$$D_{min} = \frac{J_{min}}{J_{fajl}} = \frac{K \sqrt{\frac{2 . J_H}{t_{H,M}}}}{\frac{\sigma . \vartheta . N}{A} . \Phi \left[1 - \exp\left(-0{,}69 . t/T_{1/2}\right)\right] . \exp\left(-0{,}69 . \tau/T_{1/2}\right) . a . \eta}$$

ahol

D_{min} - érzékenység /g/

J_{min} - minimális nettó számlálási sebesség /cps/

J_{fajl} - fajlagos számlálási sebesség /cps/g/

K - konfidencia-paraméter /=2/

J_H - a háttér számlálási sebessége /=1cps/

$t_{H,M}$ - a háttér, ill. a minta mérésének időtartama /≈600 s/

σ - mikroszkópikus hatásszerkezet

ϑ - a magreakcióban résztvevő stabil izotóp relativ gyakorisága

N - Avogadro-szám

A - az elem atomsulya

Φ - neutronfluxus /$\Phi_{term}=2{,}43.10^{11}$ n/cm^2.s, $\Phi_{gy}= 4.10^{11}$ n/cm^2.s/

t - besugárzási idő

τ - hütési idő

$T_{1/2}$ - a radioaktiv izotóp felezési ideje

a - a meghatározás alapjául szolgáló, adott energiáju γ-kvantum gyakorisága

η - az adott energiáju γ-kvantumok egyesitett hatásfoka /forrás - kristály távolság: 1 cm; kristályméret: 4,5.5,1 cm/

Az 1. táblázatban néhány elem számitott meghatározási érzékenységet adtuk meg különböző besugárzási és hütési idők esetében, $\Phi=2{,}43.10^{11}$ neutron/cm^2.s termikus neutron fluxussal kiváltott /n, γ/ reakciók alkalmazásakor.

A 2. táblázat gyorsneutronokkal kiváltott /n,p/, illetve /n,α/ reakcióval meghatározható elemek érzékenységét foglalja össze.

1. táblázat

Néhány elem meghatározási érzékenysége, 1 órás besugárzás és 1' perces hütés esetében, $\Phi=4.10^{11}$ neutron/cm^2.s gyors neutron-fluxussal kiváltott reakciókkal

Meghatározandó elem	Keletkezett sugárzó izotóp	Keletkezett izotóp felezési ideje	Előállitási reakció	Érzékenység [µg]
Al	^{27}Mg	9,5 min	$^{27}_{13}$Al/n,p/$^{27}_{12}$Mg	0,075
Cr	^{52}V	3,7 min	$^{52}_{24}$Cr/n,p/$^{52}_{23}$V	0,59
K	^{41}Ar	1,8 min	$^{41}_{19}$K /n,p/$^{41}_{18}$Ar	1,008
Mg	^{24}Na	15 h	$^{24}_{12}$Mg/n,p/$^{24}_{11}$Na	0,41
Na	^{23}Ne	38 s	$^{23}_{11}$Na/n,p/$^{23}_{10}$Ne	1,198
P	^{28}Al	2,3 min	$^{31}_{15}$P /n,α/$^{28}_{13}$Al	0,214
P	^{31}Si	60 min	$^{31}_{15}$P /n,p/$^{31}_{14}$Si	0,064
Si	^{28}Al	2,3 min	$^{28}_{14}$Si/n,p/$^{28}_{13}$Al	0,089
V	^{51}Ti	5,8 min	$^{51}_{23}$V /n,p/$^{51}_{22}$Ti	0,43

Az adatok elemzéséből kiderül, hogy a nem tul nagy neutronfluxus, valamint a rövid időtartamu besugárzási lehetőségek miatt az aktivációs analitikai meghatározások köre - a nagy aktiválási hatáskeresztmetszetek mellett - a rövid felezési idejü izotópokat produkáló elemekre szükül. Vizsgálatukat a mintatovábbitó csőpostarendszer teszi lehetővé. A rövid felezési idő miatt roncsolásmentes vagy legalább igen gyors elválasztáson alapuló módszereket kell alkalmazni és kidolgozni. Ennek oktatási szempontból az a haszna, hogy a hallgatók a 4-5 órás laboratóriumi gyakorlat alatt a müveleteket a mintaelőkészitéstől a besugárzáson és mérésen át az esetleges számitógépes kiértékelésig végigkövethetik.

2. táblázat

Néhány elem meghatározási érzékenysége, különböző besugárzási és hütési idők esetében, $\Phi=2,43.10^{11}$ neutron/cm^2.s termikus neutron-fluxussal kiváltott /n,γ/ reakciók alkalmazásakor

Meghatározandó elem	Keletkezett sugárzó izotóp	Keletkezett izotóp felezési ideje	Érzékenység [µg] t: 1 perc τ: 1 perc	30 perc 1 perc	1 óra 30 perc	5 óra 1 óra
Ag	^{108}Ag	2,4 min	0,00022	0,000059	0,28	385,98
As	^{76}As	26,5 h	0,94	0,031	0,013	0,00304
Au	^{198}Au	2,69 nap	0,098	0,0032	0,0014	0,00031
Ba	^{139}Ba	82,9 min	1,34	0,031	0,0106	0,024
Cu	^{64}Cu	12,8 h	0,31	0,011	0,0059	0,0014
Dy	^{165}Dy	2,32 h	0,034	0,0012	0,00076	0,00028
Ga	^{72}Ga	14,1 h	0,44	0,014	0,0062	0,0014
Ge	^{75}Ge	82 min	6,16	0,23	0,18	0,098
In	^{116}In	54 min	0,00069	0,000031	0,000020	0,000016
Ir	^{194}Ir	19,7 h	0,101	0,0032	0,0017	0,00037
Mn	^{56}Mn	2,58 h	0,073	0,00023	0,00017	0,000060
Na	^{24}Na	15,4 h	0,434	0,012	0,0083	0,00018
Sb	^{122}Sb	2,8 nap	2,07	0,077	0,0304	0,00707
Sn	^{125}Sn	9,5 min	0,905	0,068	0,514	4,71
W	^{187}W	24 h	0,97	0,033	0,017	0,0036
Zn	$^{69}Zn^{m}$	13,9 h	30,94	1,11	0,66	0,148

Aktivációs analitika az oktatásban

A különféle egyetemek oktatásába való bekapcsolódásra az alábbi formákat tartjuk célszerünek:

a/ bekapcsolódás néhány mérési feladattal az érdekelt karokon már folyó mérési gyakorlatokba. Ez nem-kurzus jellegü oktatásnak tekinthető. Viszonylag nagy hallgatóságot érint, de kevés mérési feladattal.

b/ Speciális kurzusok szervezése, amelynek nagy része a reaktort és laboratóriumait veszi igénybe, kisebb része esetleg más izotóplaboratóriumban

is folyhat. Kis létszámu hallgatóságot /6-12 fő/ érint, viszonylag sok mérési feladattal.

c/ Egyetemi hallgatók egyéni foglalkozása /tudományos diákkör, szaklaboratórium, diplomaterv, szakdolgozat/, többlépcsős oktatásban a doktorandusok kiképzése. Ez a kutatás részét kell, hogy képezze.

Kitünt, hogy a felsorolt formáknak csupán egymás melletti, illetve egymást kiegészitő alkalmazása tudja kielégiteni az igényeket, s egyben biztositani a reaktor optimális kihasználását.

Az aktivációs analitika mindhárom oktatási formában tág lehetőséget kapott.

A felsorolt oktatási formák közelebbről a következőket foglalják magukban.

A nem-kurzus-szerü oktatás célja, hogy bővitse a már folyó gyakorlatok mérési lehetőségeit, a hallgatóknak "reaktorélményt" adjon, megismertesse őket a tudomány egy uj területével. Aktivációs analitikai vonatkozásban az egyes tanszékeken folyó laboratóriumi gyakorlatokat az alábbi karokon, illetve szakokon egészithetnénk ki egy-egy méréssel: a budapesti, debreceni, szegedi természettudományi karok fizikus, vegyész, biológus, geológus és megfelelő tanárszakjain; a budapesti, pécsi, debreceni, szegedi orvostudományi egyetemen; a Budapesti Müszaki Egyetem Vegyészmérnöki Karán; a miskolci Nehézipari Müszaki Egyetem Kohászati Karán; a Veszprémi Vegyipari Egyetemen; a budapesti Kertészeti Egyetemen; a gödöllői Agrártudományi Egyetemen.

Az 1971/72. tanév II. félévében máris kb. 300 óra magkémiai tárgyu gyakorlat folyik az Egyetemi Atomreaktornál.

Az aktivációs analitika "kurzusszerü" oktatására - hasonlóan, mint az Egyetemi Atomreaktor "Reaktorfizika I. és II.", "Reaktortechnika", "Nukleáris méréstechnika" és "Sugárvédelmi mérések" c. kurzusaira - a következő alapelvek érvényesek:

- a speciális laboratóriumi kurzusok általában speciális előadások előzetes hallgatását tételezik fel, emiatt a kurzusszerü oktatás az elméleti oktatásra is kihat. Igy kb. azonos tudásu hallgatók kerülnek a kurzusra, függetlenül attól, melyik karhoz tartoznak. Elképzeléseink szerint e mérésekre általában a IV. és V. évfolyamokon kerülhet sor.

- Annak, hogy a kurzusra különféle karok hallgatói kerülhetnek, az a haszna is van, hogy a hosszabb közös munka során jobban megismerik egymás problémáit, segithetnek egymásnak, elsajátithatják a "közös nyelvet", s igy felkészülhetnek a gyakorlatban felmerülő komplex problémák megoldására.

Az aktivációs analitikai kurzust a hallgatók a szabadon választható kötelező tantárgyak keretében, vagy - egyes elképzelések szerint - a termelési gyakorlatok folyamán látogatnák. Igénybe vehetik természetesen a szakmérnöki oktatásban vagy más szervezett továbbképzésben is.

A kurzus programját ugy állitottuk össze, hogy a különféle irányu érdeklődést válogatással ki tudja elégiteni. A Budapesti Müszaki Egyetem Vegyészmérnöki Kara Magkémiai Bizottságával közösen kidolgozott kurzus anyaga az alábbi.

A/ Méréstechnikai gyakorlatok

Mérések sokcsatornás amplitudó analizátorral

1. Alapgyakorlat: A készülék kezeléše.
2. Szcintillációs és félvezető detektorok aktivációs analitikai szempontból vett összehasonlitása
3. Összetett γ-spektrum felvétele, kiértékelése, a gépi lebontás gyakorlása
4. A koincidencia - antikoincidencia-módszer
5. - 6. Rövid felezési idejü radioaktiv izotópok méréstechnikája

B/ Radiokémiai elválasztási módszerek

1. Reagensfelesleggel végzett csoport-extrakciós elválasztás. Az összes szennyező elem összegyüjtése és elválasztása a mátrixtól
2. Szubsztöchiometrikus mennyiségü reagenssel végzett extrakciós elválasztás
3. Együtt-lecsapásos nyomelemdusitás szerves anyagban. A szerves anyag reaktorban való besugárzás alatti viselkedésének tanulmányozása
4. Ioncserés kromatográfia alkalmazása szennyezők elválasztására
5. Papirkromatográfiás elválasztási módszer az aktivációs analitikában
6. Szilárd-Chalmers-effektus és a vékonyrétegü kromatográfia együttes felhasználása elválasztásra

C/ Az aktivációs analitika módszereinek néhány alkalmazása

1. A szelénben lévő arzénszennyezés meghatározása /n,p/ magreakcióval
2. Ásványolajtermék vanádiumtartalmának meghatározása roncsolásmentesen
3. Nikkel meghatározása volfrámban
4. Szerves vagy biológiai anyagok fémszennyezéseinek meghatározása
5. Bauxit főalkotóinak meghatározása
6. Geológiai minta /pl. meteorit/ roncsolásmentes vizsgálata
7. Szilicium félvezető egyes szennyezőinek /Au, As, Sb/ roncsolásmentes meghatározása
8. Vizelemzés aktivációs analizissel

A hallgatók egyéni foglalkozása, a doktorandusok kiképzése stb. beépül az aktivációs analitikai kutatásba.

Radiokémiai és aktivációs analitikai kutatások

A kutatási témák kiválasztásában az alábbi szempontokat célszerü figyelembe venni:

1. elsődleges az oktatás;
2. a kutatás javitsa az oktatás szinvonalát, mind az oktatóknál, mind pedig azzal, hogy a kutatásba mind több hallgató kapcsolódjék bele;
3. ki kell aknázni a Budapesti Müszaki Egyetemnek /de más egyetemeknek is/ azon kedvező helyzetét, hogy sok szakterület szakembere található meg benne, s igy komplex feladatok elvégzésére alkalmas. Konkréten ez a reaktor és a tanszékek együttmüködését jelenti;
4. konkrét igényekből kell kiindulni. Külső vállalatokkal, intézetekkel együttmüködve, a hazai kutatási és fejlesztési irányokat szemmel tartva, hozzájuk kapcsolódva kell a kutatási programot formálni;
5. lehetőleg azokkal a témákkal kell foglalkozni, amelyekben a reaktor különösen kedvező feltételeket biztosit /pl. aktivációs analizis/;
6. kutatásunk egészitse ki a hasonló hazai intézetek tevékenységét;
7. kutassunk összhangban a KGST országok ilyen irányu tevékenységével, müködjünk együtt kutatóintézeteikkel.

A radiokémiai és aktivációs analitikai kutatások gerincét előrelátható lag a rövid felezési idejü izotópok előállitása, és határfelületi jelenségek és egyébb problémák vizsgálatára való felhasználása, valamint neutronaktiválásos vizsgálatok fogják képezni. Ez utóbbiak célja eljárások kidolgozása nagy tisztaságu hiradástechnikai anyagok, szerves vegyületek, katalizátorok, takarmányok és ásványtani minták, valamint vizek nyomelemeinek meghatározására. A továbbiakban még forróatomok és gyökök kémiájára is gondolunk, reakciókinetikai vizsgálatokkal kapcsolatban.

E feladatok megoldásában elsősorban a Budapesti Müszaki Egyetem Vegyészmérnöki Kara egyes tanszékei, az Egyetemi Atomreaktor, a természettudományi karok vegyészei, biológusai és geológusai, valamint a Veszprémi Vegyipari Egyetem kutatói lesznek érdekelve, s remélhetőleg szoros együttmüködés alakul ki köztük.

Külön témacsoport a reaktor munkatársainak az országos izotópalkalmazásba való bekapcsolódása. Ezt természetesen a mindenkori igények szabják meg. Ki kell dolgozni a reaktorban előállitható legfontosabb radioaktiv preparátumok recepturáját, figyelembe véve a melegkamra-adta lehetőségeket is. Ez felkészülés arra az időre, amikor majd ehhez engedélyünk lesz.

Mivel a radiokémiai kutatás során elsősorban rövid felezési idejü radioaktiv izotópokat állitunk elő, komoly figyelmet kivánunk forditani a gyors elválasztási módszerekre és különféle más módszerek alkalmazhatóságának vizsgálatára.

A radioaktiv termékek feldolgozásánál a rövid felezési idő viszonylag nagy aktivitással jár, emiatt az elválasztási módszereknek nemcsak gyorsnak kell lenniök, de szükség esetén forrófülkében alkalmazhatóknak is.

A módszerek előreláthatóan a következő elválasztási eljárásokra épülnek:

a/ ioncserés elválasztás,

b/ oszlopkromatográfia, speciális, szelektiv adszorbensekkel,

c/ vékonyrétegü kromatográfia,

d/ papirelektroforézis

e/ mikro-elektrokémiai leválasztás.

Az emlitetteken kivül még sok kutatási téma felmerült. Elfogadásuknál érvényesiteni kivánjuk azt az elvet, hogy a munka eredményessége érdekében egy időben csak kevés témával szabad foglalkozni.

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 12. szám

Ciklotronok alkalmazása az orvostudományban

KERTÉSZ L.[x], DÉZSI Z.[xx]

Debreceni Orvostudományi Egyetem
[x]I.sz. Belgyógyászati Klinikája,
[xx]Radiológiai Klinikája

A ciklotronnal szemben támasztott orvosi követelmények és az elért legfontosabb eredmények. Az izokrón ciklotron orvosi alkalmazása izotópelőállitásra, aktiválásos analizisre és részecske-besugárzásra.

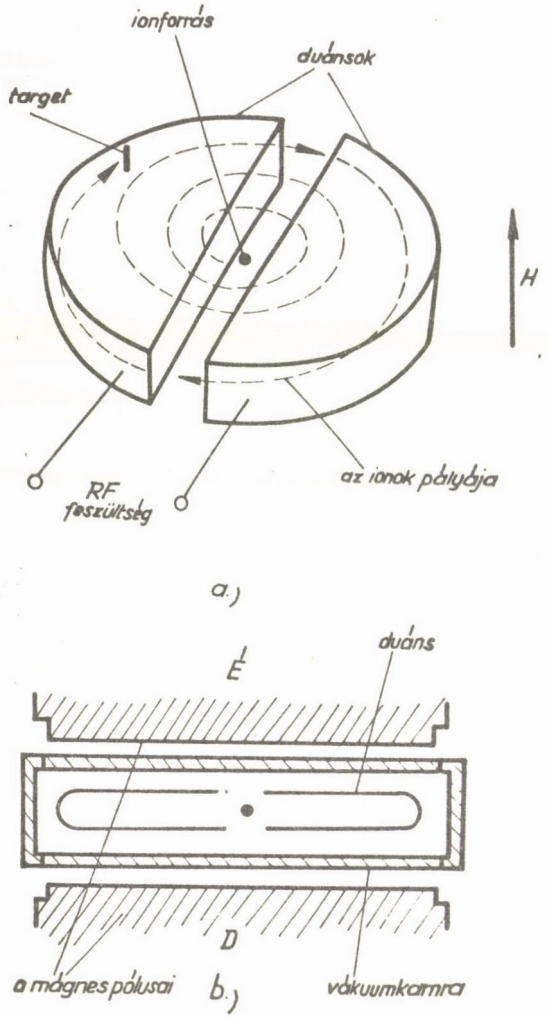
Применение циклотронов в медицине
Кертес, Л., Дежи, З.

Медицинские требования к циклотронам и важнейшие достижения их применения. Использование на медицинской практике циклотрона на секторной фокусировке для изготовления радиоизотопов, антивационного анализа, а также для облучения ионизирующими частицами.

The Use of Cyclotrons in Medicine
Kertész L., Dézsi Z.

The medical requirements to and the most significant results of the use of cyclotrons. Isotope production, activation analysis and particle irradiation with SFC in the medical practice.

Negyven éve annak, hogy Lawrence és Livingstone[/14/] a kaliforniai Berkeleyben "mágneses rezonanciagyorsitót" készitett, amely ciklotron néven vált ismertté. A berendezés sugárvédelme és a gyorsitott neutronnyaláb kollimálása révén már 1938-ban lehetővé vált, hogy az atomfizikai kutatás uj eszközét orvosi célra is igénybe vegyék, s neutronsugárzás terápiás hatását mintegy 250 betegen kipróbálják[/10/]. Az első próbálkozást többek között olyan törekvések is követték, hogy uj izotópokat állitsanak elő, amelyek orvosi-biológiai szempontból elfogadható fizikai tulajdonságokkal rendelkeznek. Az 50-es évek végéig azonban csak kevés alkalmazó juthatott ciklotronhoz, minthogy ezt olyan fizikai kutató laboratóriumokban müködtették, ahol a berendezés kiterjedt mérete, a müveletek komplexitása, a nagy személyi apparátus és a szoros munkaütemezés akadályozták a müszer igénybevételét.



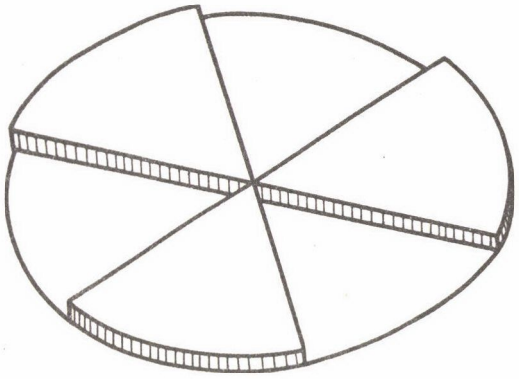
1. ábra

a/ A duánsok helyzete és a gyorsitott ionok pályája

b/ A gyorsitó rendszer függőleges metszete

A klasszikus ciklotron müködési elvét az 1. ábra szemlélteti. A mágnes északi és déli pólusai között lévő két duáns /félhengerszelet/ közepén elhelyezett ionforrásból ionok /részecskék/ lépnek ki, melyek a duánsokra adott változó nagyfrekvenciás feszültség hatására felgyorsulnak, majd a merőleges mágneses tér körpályára kényszeriti őket. A gyorsitó feszültség frekvenciáját alkalmasan választva, félkör lefutása után, a feszültség előjelet vált,s az ionok a duánsok közötti térrészben ismét gyorsulnak, ebből kifolyólag nagyobb sugaru körpályára térnek át. A folyamat sokszor ismétlődik, az ionok táguló spirális pályán haladva mind nagyobb energiára tesznek szert. A felgyorsitott ionok megfelelően elhelyezett eltéritő lapokra adott feszültséggel a gyorsitó térből kihozhatók. Az igy felgyorsitott ionok alkalmasak magreakciók előállitására, illetve sugárhatás kifejtésére[1]. Megjegyezzük, hogy az ionok stabil pályán történő tartásához még egy ugynevezett fókuszáló mágneses teret is alkalmaznak. A duánsok vákuumkamrában helyezkednek el. A klasszikus ciklotronnal elérhető energiának határt szab egyrészt a relativisztikus tömegnövekedés, ami a részecske fáziskiesését eredményezi, másrészt a ciklotron mérete, mivel az energia növelésével a pálya sugara nő, ugyanakkor a mágneses tér növelését az alkalmazott vasmag telitettsége korlátozza.

Az első ilyen, kizárólag orvosi célra használatos ciklotron a londoni Hammersmith Hospital-ban létesült, az M.R.C. égisze alatt, 1955-ben[12][18]. A gyakorlat több módositást tett szükségessé. A hiányosságok kiküszöbölésére fejlesztették ki az izokrón vagy más néven a szektorfókuszálásu ciklotront /szokásos röviditése SFC, v.ö.[11] és [6]/. Az izokrón ciklotronban alkalmazott mágneses tér szektorokra való osztása lehetővé teszi, hogy a kis méret mellett nagyenergiáju nyalábot állitsanak elő.



2. ábra

Az SFC-ben a vákuumkamra két ilyen mágnespólus között helyezkedik el

Az alkalmazott szektorok számának növelésével az energia elvileg növelhető, de ennek technikai akadályai vannak. A szektorok megfelelő kiképzésével a fókuszálás, az ionnyaláb együttartása is megoldható. A szektorfókuszálásu ciklotron alkalmas nehéz részecskék gyorsitására is. A SFC a különböző töltés: tömeg arányu részecskéket minden energiatartományban gyorsitani képes. Egyesiti a szinkrociklotron nagy végenergiáját és a klasszikus ciklotron nagy sugárintenzitását. Más, hasonló energiatartományban /10-30 MeV/ dolgozó részecskegyorsitókhoz képest a következő előnyökkel rendelkezik /v.ö./[13]/:

nagy a részecskenyaláb árama, a részecskék relativisztikus energiára is gyorsithatók;

a nyaláb energiája egyszerüen és gyorsan változtatható;

párhuzamos monoenergetikus /0,1%/ nyaláb állitható elő;

a mágneses pólusok távolságának csökkentésével a berendezés mérete viszonylag kicsi, s igy üzemeltetési költségei is csökkennek.

Orvosi felhasználás esetén a ciklotronnal szemben a következő követelményeket támasztják:

a/ A target applikálható legyen szilárd, cseppfolyós vagy gáznemü állapotban. Ehhez a gyorsitott részecskenyalábot célszerü kihozni a rendszerből.

b/ A nyalábáram nagy legyen, hogy a radionuklidok kinyerése növekedjék.

c/ Különféle részecskék gyorsitására legyen lehetőség. A tervezett munkától függ, hogy gyorsitott protonra, deuteronra, könnyü héliummagra és α-részecskére egyaránt szükség van-e, s milyen energiát kell a részecskék számára biztositani.

d/ A berendezés könnyen üzembeállitható és egyszerüen kezelhető legyen. Ára és üzemelési költsége ne haladja meg valamely központi egészségügyi intézmény teherbirását.

A reaktorral szemben előnyei közül kiemelkedő mérsékelt költsége /az AEG legujabb tipusa pl. közel 30 miilió Ft., helységigénye kb. 200 m^2/, a sugárzás tetszés szerint be- és leállitható, a nagyfoku sugárkvalitás és az a tény, hogy hasadási termékek eltávolitásával nem kell foglalkozni.

A kompakt méretü izokrón ciklotron sokrétü felhasználhatósága, üzembiztonsága és gazdaságossága miatt alkalmas arra, hogy széles körben kielégitse a nehézrészecske-gyorsitókkal kapcsolatos igényeket. Ezért a Hammersmith-ciklotronhoz hasonlóan kizárólag orvosi célra épitett későbbi berendezések izokrón rendszerüek. 1965-69-ben négy létesült az USA-ban, 1970-ben pedig további három az NSZK-ban, Franciaországban illetve az USA-ban[13]. Ujabban a nagy izotóptermelő cégek is /The Radiochemical Centre, Amersham; Philips-Duphar Lab., Petten; v.ö.[3]., stb./ jelentős orvosi izotóptermelő kapacitást tartanak fent ciklotronjukban.

Az ilyen ciklotronok a következő lehetőségeket biztositják a nukleáris medicina és biológia számára.

1. Izotópelőállitás /I.táblázat/

a/ Néhány biológiai szempontból alapvetően fontos elem /mint a C, O, N/ használható radionuklidjához /^{11}C, ^{13}N, ^{15}O/ csak ciklotron utján jutunk. Ezek közül a kb. 20 perces felezési idejü ^{11}C több fontos vegyületbe épithető közvetlen besugárzással, kémiai vagy bioszintézissel, illetve CO és CO_2 formájában is használható. A közel 2 perces felezési idejü ^{15}O gáz alakjában vonható ki a ciklotron vákuumrendszeréből, és közvetlenül felhasználható, hasonlóképpen a 10 perces ^{13}N is.

b/ Sok, ciklotronban előállitható nuklid rövid fizikai felezési idejü. A terminológia jelen esetben viszonylagos[17], mert rövid életünek akkor nevezzük a radionuklidot, ha az előállitás helyétől megadott távolságra csak lényeges aktivitásveszteség árán juttathatjuk el. Másrészt viszont rövidéletü az olyan radionuklid is, amelynek fizikai felezési ideje a vizsgált biológiai folyamat időtartamánál lényegesen rövidebb. Általában néhány perces vagy néhány órás felezési idejü nuklidok sorolhatók ide[6], és felhasználásukra csak a ciklotron közelében kerülhet sor.

Az ilyen izotópok két előnyt rejtenek magukban[8,9,15,17]: az egyik az, hogy a vizsgálandó objektum /beteg/ lényeges sugárterhelése nélkül növelhető a beadandó összdózis. Ezáltal nagyobbszámu nukleáris információhoz jutunk, ami a vizsgálat statisztikai pontosságát növeli. Ez a törekvés a különböző lokalizációs technikákban érvényesül. A másik előny az izotópos kettősjelzés lehetősége. A két izotóppartner elkülönitését lényegesen eltérő felezési idejükre alapitjuk: a gyorsan bomló izotóp lebomlása után a visszamaradtat külön ujra mérjük.

c/ A ciklotronban előállitható izotópok - a reaktorban rutinszerüen előállitott izotópokkal szemben - neutrondeficitesek. Közöttük a legtöbb orvosi szempontból szóbajövő termék K-befogással, illetve pozitronemisszióval bomlik /v.ö. I. táblázat/. Az izotópok stabilitási vonalának neutronfölös oldalán ilyen sugárzásfajta nincs.

1. táblázat

Ciklotronban orvosi célra előállítható izotópok

izotóp	bomlásmód % β⁺	K	egyéb	fizikai felezési idő	vegyület	orvosi alkalmazás
^{11}C	100			20,4 min	CO	lepény-rendellenesség, vvt-térfogat változásának meghatározása
					CO_2	szívshunt kimutatása, CO_2-poolok, tüdőfunkció vizsgálata
^{13}N	100			10,1 min	N_2	tüdőfunkció vizsgálata
^{15}O	100			126 s	O_2	tüdőfunkció vizsgálata
					CO_2	és szervi véráramlás,
					H_2O	oxigénfogyasztás
					O_2-Hgb	
^{18}F	100			112 min	fluorid-komplex	csontlaesiók, - metastasisok lokalizálása
					KBF_4	agyi lokalizáció
^{32}P			β^- 100	14,3 d		hordozómentes
^{43}K			β^- 100	22,4 h	KCl	kicserélhető K, elektrolit háztartás többesjelzéssel
^{48}Cr		100		23 h	Cr^{III},Cr^{VI}	kettős radiokrómjelzés
^{49}Cr	92	8		41,9 min	Cr^{III},Cr^{VI}	kettős radiokrómjelzés
^{51}Cr		100		27,8 d	Cr^{III},Cr^{VI}	hordozómentes fehérje- és sejtjelzés
^{51}Mn	97	3		45 min		többesjelzés nyomelemvizsgálathoz
^{52}Mn	35	65		5,6 d		többesjelzés nyomelemvizsgálathoz
^{54}Mn		100		291 d		többesjelzés nyomelemvizsgálathoz
^{52}Fe	59	41		8,3 h	ferricitrát és klorid	csontvelő-lokalizáció, differenciális vasfelvétel szervekben
^{55}Co	64	36		18,2 h	CO^{III} és komplex	nyomelemvizsgálat és lokalizáció
^{64}Cu	19	42	β^- 39	12,8 h		nagy fajlagos aktivitás, rézanyagcsere
^{68}Ga	85	15		68 min	EDTA és citrát-kompl.	lágy tumorok lokalizációja ^{68}Ge-generátorból
^{70}As	80	20		52 min		nyomelemkutatás
^{77}Br	5	95		57 h	NaBr	kicserélhető Br-pool, többesjelzéses elektrolitvizsgálat
$^{81}Kr^m$			IC 100	13 s	nemesgáz-oldat	^{81}Rb-generátorból, véráramérés
^{79}Kr	5	95		34,5 h	nemesgáz-oldat	véráramérés
^{81}Rb	9	91		4,7 h	RbCl-dal jelzett hőkezelt vvt.	vvt-destrukció lépben, lokalizáció
$^{82}Rb^m$	100			1,25 min	RbCl	myocardiális áramlás, szívszcintigráfia
$^{87}Sr^m$			IC 100	2,8 h	Sr-citrát	^{87}Y-generátorból, csontlaesiók lokalizálása
^{107}In	100			30 min	In-kolloid	tárolási vizsgálat
^{123}I		100		13 h	NaI hippurán MAA	pajzsmirigyfunkció, göbök lokalizálása gyermekekben és terhesekben, renográfia
^{124}I	30	70		4,5 d	NaI hippurán MAA	jódanyagcsere, kardiopulmonális funkció
^{125}I		100		60 d		hordozómentes
^{129}Cs		100		31 h	Cs-klorid-Er-foszfát komplex	vagotomia hatásosságának ellenőrzése
^{206}Bi		100		6,4 d	Bi-acetát, -nitrát	agytumorok lokalizálása

A K-befogással járó röntgensugárzás két szempontból is előnyös. A részecskeemittáló izotópokkal ellentétben kevesebb sugárdózissal terheli a szöveteket, másrészt szikrakamerával jól detektálható. Ilyen viszonylag olcsó állódetektoros rendszerrel gyors lokalizációs felvételhez, illetve képsorhoz juthatunk.

A pozitronsugárzó izotópok szintén a jobb lokalizációt szolgálják. Az emissziót követő két megsemmisülési γ-kvantum detektálása koincidenciakapcsolással a kétdimenziós képfeloldást javitja. A "time-of-flight" technikák alkalmazása révén lehetségessé válik az izotópscan feloldása 3 dimenzióban, ami további előnyt igér a ma még két dimenzióra korlátozott izotóplokalizációval szemben[8].

A nagyobb biológiai effektivitásu részecskeemisszió miatt kivánatos, hogy a pozitronsugárzó radioaktiv izotóp eleve rövid felezési idejü legyen /mind biológiai, mind fizikai értelemben/, hogy a K-befogással bomló izotópokhoz képest az aktivitásegységre eső sugárdózis ne legyen nagyobb[8]. A pozitronemittálók előnye, hogy a vizsgálatoknál egyidejüleg olyan külső standardokat alkalmazhatunk, amelyekkel az egyedben figyelembe lehet venni a sugárgyengülést.

d/ Más módon is hozzáférhető izotópok /pl. ^{32}P, ^{51}Cr/ hordozómentesen állithatók elő ciklotronban. Amennyire előny ez a további biológiai manipulációk szempontjából /afiziológiás ionterhelés kizárása, nagy fajlagos

aktivitásu jelzés lehetősége/, annyira nagy elővigyázatosságot is igényel az izotóp kémiai viselkedésének megitélésénél. Ciklotrontermékek esetén ezért célszerü minimális hordozót alkalmazni. Hordozó gyanánt minden, kémiai kicserélésre alkalmas stabil izotóp szóbajöhet, amely mindenkor meghatározza a termék kémiai állapotát[13].

Itt kell megemlitenünk, hogy valamely termék alkalmazhatóságát jelentős mértékben befolyásolják a bombázáskor egyidejüleg keletkező szennyező melléktermékek. Ezek kémiailag nem választhatók el, és a ciklotron tipusától függően elemenként és izotóponként változó arányban /0,01 - 20%/ fordulnak elő. Ilyenkor gyakran csak az segit, ha a bombázás után addig várunk, amig a gyors felezési idejü szennyezők le nem bomlanak.

A fentebb részletezett izotópelőállitási előnyöket az orvostudomány igen széles körben tudja hasznositani[2,9,13,17]. Ezt teljességre törekvés nélkül csak néhány példán keresztül mutatjuk be /v.ö. I. táblázat/. A szén, oxigén, nitrogén gázállapotu radionuklidjai egyedülálló segitséget jelentenek a tüdő élettani és kóros ventillációjának, valamint egyes szövetek gázcseréjének megitélésében. Utóbbiak közé soroljuk az agyi oxigenizáció közvetlen mérésének lehetőségét is. Nem kevésbé diagnosztikus értékü, hogy a ^{11}CO kiváló vörösvértest-jelző, és igy a teljes keringő vörösvértest-tömeg mérésére alkalmas. Gyors fizikai lebomlása miatt ismétlő mérésekhez ideális: atléták vvt-tömegének változását vizsgálták gyakorlás hatására. A radioaktiv szénmonoxid egyszerü belélegeztetésével jelzett vörösvértestek eljutnak a vérbő méhlepénybe is, s ennek lokalizációjára alkalmasak anélkül hogy a terhes nőt nagy sugárdózis érné. Kedvezőbb sugárzási karakterisztikája miatt a $^{81}Kr^{m}$ és $^{85}Kr^{m}$ előnyösen használható a tüdőventilláció és -keringés pontosabb megitélésére. Hasonlóan jobb fizikai tulajdonságai miatt a ^{81}Rb izotópot előnyben részesitik vvt-nyomjelzéshez, a lép megjelenitése céljából. In vivo belső standardnak jól bevált a rutinszerüen radiokrómozott vörösvértestek lépben való szétesésének kvantitativ követésére. A pozitronsugárzó ^{84}Rb jó mérési adottságait már hosszabb ideje értékesitik a szivizom vérrel való ellátásának mérésénél. Az izotópos lokalizációs diagnosztika sok megoldatlan feladat előtt áll az általában mélyen fekvő csontelváltozások vizsgálata terén. A ^{87}Y generátorból nyerhető $^{87}Sr^{m}$ közvetett ciklotrontermék épugy, mint a rövid felezési ideje miatt helyhez kötött ^{18}F izotóp igen jó diagnosztikumnak bizonyult a csontba való beépülés korai szakaszának tanulmányozására és olyan elváltozások /pl. csonttumorok, daganatos áttételek/ kimutatására, amelyek hetekkel-hónapokkal megelőzik a pozitiv röntgenképet; ez igen fontos a korai terápia szempontjából. Sokoldalu alkalmazhatóságánál fogva kiemeljük még a ^{123}I-et, mely a közismert ^{131}I és ^{125}I izotópokkal szemben kisebb sugárterhelésével tünik ki.

Ciklotrontermékek esetén ezért célszerü minimális hordozót alkalmazni. Hordozó gyanánt minden, kémiai kicserélésre alkalmas stabil izotóp szóbajöhet, amely mindenkor meghatározza a termék kémiai állapotát[13].

Érdemesnek tartjuk megemliteni azokat a törekvéseket, amelyek a rövid felezési idejü termékek nagyobb távolságra szállitásának problémáját kivánják áthidalni. Igy például a ^{11}C-szénmonoxid gáz hütéssel nagymértékben adszorbeáltatható faszénen vagy molekulaszürőn; kis térfogatban akár 100 mCi aktivitás is elindítható a ciklotrontól ugy, hogy a 2-3 órányira levő felhasználó még diagnosztikus adagot kapjon.

A ciklotron orvos-biológiai felhasználhatóságát nagymértékben bőviti az, hogy alkalmazható, mint

2. különleges sugárforrás.

E tekintetben két, más módon nem helyettesithető vagy nem megfelelően pótolható eljárást kell emlitenünk: a nagyenergiáju részecskékkel végzett aktivációs analizist[3,11,15,16] és a terápiás besugárzást[5,7,10,12].

a/ Aktivációs analizis céljára a ciklotronforrások közül mindenekelőtt a gyorsneutron-termelés látszik alkalmasnak. A neutronok minden más részecskénél könnyebben hatolnak be az anyagba, és az atommagokkal minden energiaszinten reagálnak. Irányithatók szük energiaspektrumban és jól megadott irányban, vagy széles spektrumban a tér minden irányában, ha céltárgynak például nehéz vizet, triciumot vagy berilliumot használunk. Utóbbiban deuteronokat bombázva akár 30 MeV-ig változtatható energiáju gyorsneutron-nyalábot kaphatunk. Azáltal, hogy a neutronok maximális energiáját megváltoztathatjuk, olyan u.n. "parazita"-reakciókat tarthatunk távol, amelyek a meghatározandó elem vagy elemek karakterisztikus reakciójának megfigyelését zavarják, s amelyek bizonyos energiaküszöb alatt nem jönnek létre. Ilyen elkülönitésre az ugyancsak gyorsneutront produkáló D-T generátorok esetén nincs módunk. Orvosi célra jól beváltak a Li-targetben ütköztetett protonoktól származó 5 MeV neutronok is, melyekkel különböző csontbetegségekben vizsgálták a csont kalcium-nátrium tartalmát. Általában az in vitro gyorsneutronaktivitás a szervezet pooljainak, valamint nyomelemei koncentrációjának eloszlása vizsgálatában foglal majd el jelentős szerepet.

Nem hagyhatjuk figyelmen kivül a ciklotronban gyorsitott töltött részecskék aktivációs analitikai alkalmazásának lehetőségét[16]. Minthogy a protonok, α-részecskék, stb. hatótávolsága a szövetben kicsiny, csak felületi analizis, illetve metszetaktiválás céljára alkalmasak. A minta proton-besugárzásával nitrogénre, oxigénre és szénre már ppm nagyságrendnél jobb kimutatási érzékenységet tudtak elérni. A kis magkötési energiával rendelkező ^{3}He - bombázással pedig oxigént és szenet ppb szinten határoztak meg. A töltött részecskék kis behatolási képessége az anyagba azt jelenti, hogy rövidebb uthosszon már

sokat vesztenek energiájukból, s ezzel aktivációs hatáskeresztmetszetük változik. Problémát jelent az igy keletkezett melléktermékek változó mennyisége és minősége.

b/ A kezdeti sugárterápiás próbálkozásoknak[10] és a jövő kisérleteinek egyik reális indoka az, hogy a ciklotronban előállitott gyors részecskék LET-értéke és ennek következtében biológiai hatásossága a szokványos fotonsugárzásokhoz képest nagy: gyorsneutronoké például 3-5-szörös. Kimutatták, hogy az oxigénhiányos tumorszövet sugárérzékenysége fotonsugárzással szemben akár harmadára is lecsökken, mig nagyobb ionizációs sürüséget tartalmazó sugárzás esetén nem. Ez a tény fokozza a gyorsrészecske-besugárzás effektiv biológiai hatásosságát[7,10]. A gyorsneutronok előnyösebben használhatók mélyterápiára, mint a nagy energiáju röntgen-, vagy γ-sugárzás, különösen, amikor a tumor rezisztens az utóbbiakkal szemben /pl. testis teratoma vagy egyes agydaganatok, melyeknél gyakori a szövetelhalással járó oxigénhiány is. A vizsgálatok kimutatták, hogy neutronbesugárzás után sokkal kevesebb életképes tumorsejt marad meg, s igy a palliativ hatás nő. Eddig javarészt a Hammersmith-kórházban végeztek idevágó kisérleteket, melyek arra engednek következtetni, hogy neutronok alkalmazása a még nyitott kérdések tisztázása után előbbre viheti a sugárterápia mai állását, eredményeinek javitását.

Nehéz töltött részecskék /protonok, deuteronok/ hasonlóképpen jól definiált mélyhatást fejtenek ki, mert energiájukat javarészt pályájuk végén adják le /Bragg-maximum/. A felületi és a mélydózis aránya akár 1/100-ra is csökkenthető. Igy már kisebb energiáju részecskebesugárzás jó eredményt ad felszines rákos elváltozások kezelésében. Mélyebben fekvő daganatok szelektiv besugárzásához már nagyobb részecskeenergiára van szükség[6] /1 cm mélység alatt több mint 20 MeV-re/.

Következtetések

A ciklotronok orvosi használhatóságának felsorolásából és példáinak volumenéből látható, hogy elsősorban a diagnosztikus célu izotópelőállitásban nyujtanak nagy, sok esetben nélkülözhetetlen segitséget. Orvosi szempontból nélkülözhetetlenné válnak azért is, mert éppen a biológiailag legfontosabb elemek nem állithatók elő sem reaktorban, sem import utján nem szerezhetők be, gyors felezési idejük miatt. Ezért nem csodálkozhatunk azon, hogy például a harwelli magfizikai kutatócentrum ciklotronjának kapacitása 80-85%-ban orvosi-biológiai, kémiai és metallurgiai problémák vizsgálatára van leköt-ve. Hasonló igények diktálták, hogy Angliában rövid időn belül két alkalmazói konferenciát is összehivjanak /Symposium on the Use of Cyclotrons in Medicine; Hammersmith Hospital , 1969; International Symposium on the Uses of Cyclotrons in Chemistry, Metallurgy and Biology, Oxford, 1969, v.ö./2//. Megérettnek látszik az idő arra, hogy a nukleáris medicina hazai továbbfejlődését ne akadályozza, hogy Magyarországon még nem müködik[4] multidiszciplináris igényü ciklotron.

IRODALOM

1. Aebersold P.C., Cyclotron; Production of Artificial Radioactivity and of Neutrons, Ed.O.Glasser, Medical Physics, Vol.I., The Year Book Publ. Inc., Chicago, 1955.
2. Amphlett C.G./Ed./, The Use of Cyclotrons in Chemistry, Metallurgy and Biology, Butterworths, London, 1970.
3. Berényi D., A ciklotron a modern ipar nélkülözhetetlen eszközévé válik, Müsz. Élet. 25 /1970/19
4. Berényi D., Miért nincs Magyarországon ciklotron? Fiz. Szle , /közlés alatt/.
5. Bewley D.K., Physical Aspects of the Fast Neutron Beam, Brit. J.Radiol 36 /1963/ 81
6. Böttger O., Müller R.W., Ein Zyklotron für die medizinisch-biologische Forschung II. Konzeption eines Zyklotrons /Kompakt-Zyklotrons/ für die Nuklearmedizin. Atompraxis 13 /1967/No 7,2
7. Brennan J.T., Fast Neutrons for Radiation Therapy, Radiol. Clinics North Amer. 7 /1969/ 365
8. Brownell G.L., Burnham C.A., Hoop B. jr., Bohning D.E.,Quantitative Dynamic Studies Using Short-Lived Radioisotopes and Positron Detection, Dynamic Studies with Radioisotopes in Clinical Medicine and Research, IAEA, 1971
9. Douis M., Falconi N. Utilisation des radioéléments de période courte dans le diagnostic in vivo, B. Inf. Sci. Techn.147 /1970/ 3
10. Duncan W., Fast-Neutron Radiotheraphy, Brit. J.Hosp.Med./1969/ 1486
11. Fényes T., Az izokrón ciklotronok és alkalmazásaik, M.Fiz.F. 18 /1970/ 109
12. Gallop J.W., Vonberg D.D., Post R.J., Powell W.B., Sharp J., Waterton P.J., A Cyclotron for Medical Research, Proc. Inst. Electr. Eng. 104 B 17 /1957/ 452
13. Glass H.I., Silvester D.J., Cyclotrons in Nuclear Medicine, Review Article Brit. J.Radiol 43 /1970/ 589
14. Lawrence E.O., Livingstone M.S., Phys.Rev. 40 /1932/ 19
15. Lorenz W.J., Scheer K.E., Lindner H.W., Chaudhri,Ein Zyklotron für die medizinisch-biologische Forschung I.Die Bedeutung eines Zyklotrons für die Nuklearmedizin und Nuklearbiologie, Atompraxis 13 /1967/ 521
16. Lyon W.S., Physical Techniques of Activation Analysis, Nuclear Activation Techniques in the Life Sciences, IAEA,1967
17. Scheer K.E., The Use of Short-Lived Isotopes in Medical Diagnosis, Brit. J.Radiol. 42 /1969/ 641
18. Clark, J.C., Matthews, C.M.E., Silvester, D.J., Vonberg, D.D., Using Cyclotron-Produced Isotopes at Hammersmith Hospital, Nucleonics 25 /1967/ No6 54
Kivonata: Atomtechn. Táj. 11 /1968/ 31

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 12. szám

Áttekintés a SZOTE I. Belklinika Izotóp Laboratóriumában diagnosztikai célra kifejlesztett számítógépes programokról

CSIRIK J., CSERNAY L.
Szegedi Orvostudományi Egyetem I.sz. Belgyógyászati Klinikája

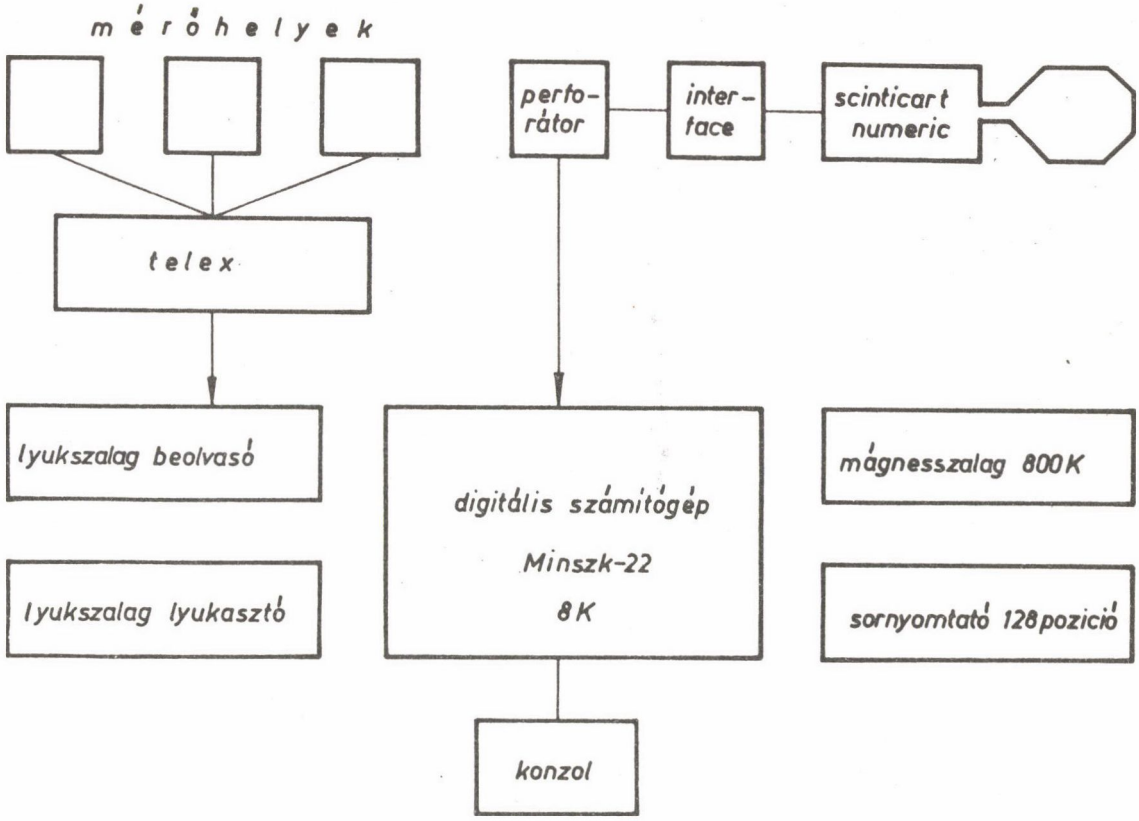
Áttekintés a SzOTE I. Belklinika izotóplaboratóriumában diagnosztikai célra kifejlesztett számítógépes programokról

О вычислительных программах, выработанных в изотопной лаборатории I-ой терапевтической клиники Медицинского университета г. Сегед для изотопной диагностики
Чирик, Й., Чарнаи, Л.

A Review of Computer Programmes, Developed for Diagnostics at the Isotope Laboratory of the I. Department of Medicine of the Szeged Medical University
Csirik J., Csernay L.

Az izotópdiagnosztikus mérési eredmények számítógépes feldolgozását, kiértékelését öt-hat év óta világszerte egyre gyakrabban alkalmazzák[1-4]. A Szegedi Orvostudományi Egyetem I. Belgyógyászati Klinikájának izotóplaboratóriumában két évvel ezelőtt kezdtük el a mérési adatok elektronikus adatfeldolgozását. Most rövid áttekintést kivánunk nyujtani az általunk kidolgozott számitógépes programokról.

Adatfeldolgozó rendszerünk jelenlegi felépitését az 1. ábrán mutatjuk be. Feladatainkat univerzális digitális számitógéppel oldjuk meg. A rendelkezésünkre álló számitógép - "Minszk-22" - 8 K szó belső memóriáju, szóhosszusága 37 bit, háttértárolóként mágnesszalagok állnak rendelkezésre, maximum 800 K szókapacitásig. A gép második generációs, müveleti sebessége kb. 5000/s. A kapcsolható perifériák közül 128 poziciós gyorsnyomtatót, Facit-tipusu lyukszalag beolvasót - lyukasztót és konzol irógépet használunk. A gépet jelenlegi körülményeink között off-line módon üzemeltetjük. A Minszk-22 gépre kidolgozott operációs rendszer lehetővé teszi, hogy kódjellel ellátott programjainkat mágnesszalagon tárolhatjuk, és a konzol irógépről, azonositó kód beadásával bármikor aktivizálhatjuk.



1. ábra
Az adatfeldolgozó rendszer blokkvázlata

A mérési eredmények rögzitésére laboratóriumunkban két lehetőség áll rendelkezésre. Egyrészt a Scinticart Numerichez fejlesztett interface /GAMMA/ segitségével az adatokat a szcintigráfiás eljárással egyidőben Facit-4070 tipusu perforátorral lyukszalagra tudjuk rögziteni, másrészt egyéb mérőhelyen mért adatainkat telexgép /Siemens/ segitségével lyukszalagra perforálhatjuk.

Kidolgozott eljárásainkat két csoportba oszthatjuk. Az elsőbe azokat a programjainkat soroljuk, amelyeket elsősorban a hosszabb számolási igényü eljárások gyorsabbá és pontosabbá tételére, másrészt a laboratóriumban folyó diagnosztikus vizsgálatok egységes dokumentálásának biztositására készitettünk. Az első csoportba tartozó programok sorszámát, kódjelét és cimét az 1. táblázatban foglaltuk össze.

1. programunk a különféle diagnosztikus eljárásokkal kapott eredmények orvosi lelet formájában történő kiadására szolgál. A program nagy flexibilitásu és ez teszi lehetővé, hogy a legkülönbözőbb rutineljárásoknál alkalmazhatjuk. A táblázatban feltüntetett további eljárások eredményeinek kiadásához ezt

1. táblázat

Sorszám	Kódjel	Program
1.	Cs.1.	Flexibilis leletkészitő program különböző diagnosztikus eljárások számára
2.	Cs.2.	Vörösvértest-térfogat-élettartam és vaskinetikai paraméterek kiszámitása kettős jelölés esetén /^{51}Cr, ^{59}Fe/
3.	Cs.3.	Plazmatérfogat, vörösvértest-térfogat-élettartam és vaskinetikai paraméterek kiszámitása hármas jelölés esetén /^{125}I, ^{51}Cr, ^{59}Fe/
4.	Cs.4.	Extracelluláris folyadéktér, vizeletminta nélküli GFR-értékek kiszámitása /^{169}Yb EDTA/
5.	Cs.5.	AES hatásfokgörbe szerkesztése
6.	Cs.6.	^{14}C és ^{3}H tartalmu minták dpm-értékeinek kiszámitása
7.	Cs.7.	^{14}C és ^{3}H tartalmu minták dpm-értékeinek kiszámitása kettős jelölés esetén
8.	Cs.8.	Pajzsmirigy-szcintigram leletezése kódlista segitségével.

a formát alkalmazzuk. A lelet gyors sornyomtatóval, 1/8 iv nagyságu lapon, két példányban készül; az egyik példányt a beküldő orvos vagy osztály kapja, a másik a laboratóriumban marad.

A 2. program kettős jelöléssel /^{51}Cr, ^{59}Fe/ meghatározott vörösvértesttérfogat, élettartam és a vaskinetikai paraméterek /plazma vasclearance, vörösvértest inkorporáció stb./ kiszámitására szolgál[5].

A 3. program az előző bővitett változata. A plazmatérfogat, a vörösvértest-térfogat és élettartam, a vaskinetikai paraméterek hármas jelöléssel történő /^{125}I, ^{51}Cr, ^{59}Fe/ egyidejü meghatározásakor a rendkivül időigényes számitást az eljárás jelentősen lerövidíti. Az általában szükséges másfél-két óra helyett, a kivánt értékek 10 - 15 másodperc alatt rendelkezésre állnak[5].

A Cs.4 program radioaktiv fémkomplexekkel /^{169}Yb-EDTA/ történő extracelluláris folyadéktér és vizeletminta nélküli klomerulárisfiltráció-meghatározás eredményének kiszámitását hajtja végre[6].

5. programunk folyadékszcintillációs spektrométerben, quenchelt mintákkal felvett AES-hatásfok összefüggési görbe pontos kiszámitását biztositja.

A 6. program az előző eljárással nyert görbe segitségével ismeretlen aktivitásu minták AES és spm-adatainak ismeretében, a ^{14}C és ^{3}H aktivitását dpm-re számitja át.

^{14}C és ^{3}H-et keverten tartalmazó minták egyes komponenseinek tiszta aktivitásának meghatározására a Cs.7. programot alkalmazzuk. A mérni kivánt minta AES értékéből, a ^{14}C és ^{3}H mérésére választott csatornák cpm-értékeiből a minta tiszta ^{14}C- és ^{3}H-aktivitását dpm-ben kapjuk meg.

8. programunk a szcintigráfiás eredmények számitógéppel történő automatikus kiértékelésének első lépését biztositja. A program a leletező orvos által kódolt pajzsmirigy-szcintigram eredményét lelet formájában, folyamatosan, szöveg-kiirással készíti el.

Eljárásaink második csoportját a szcintigráfiás vizsgálat után alkalmazott adatfeldolgozó programjaink képezik. A programok sorszámát, kódjelét és cimét a 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat

Sorszám	Kódjel	Program
1.	Os.1.	$^{113}In^{m}$ bomláskorrekciója Scinticart Numeric készüléknél
2.	Os.2.	Statisztikus simitóeljárás különböző konfigurációkkal és sulyozással
3.	Os.3.	Iterációs eljárás
4.	Os.4.	Vektorgradiens módszer
5.	Os.5.	Maradéktáblázatos eljárás
6.	Os.6.	Flexibilis területkiemelő módszer /ROI/
7.	Os.7.	Statisztikus simitás, többlépcsős értéklevonás kiemelt területen
8.	Os.8.	Páros szerv kvantitativ értékelése

1. programunk a viszonylag kis sebességü Scinticart Numeric-kal, $^{113}In^{m}$-mal jelölt preparátumokkal készitett különböző szervszcintigramok adatainak a vizsgálat kezdeti időpontjára történő bomláskorrekcióját hajtja végre. A 30 - 50 perces felvételi idő alatt ugyanis a 100 perces fizikai félidejü $^{113}In^{m}$ bomlá-

sa már nem hanyagolható el, és igy a mérési adatokat a vizsgálat kezdeti idő-

2. programunk bármely nagy szervről készitett szcintigram adatait tetszés szerint választható konfigurációval és sulyozással simitani képes. A jelentős statisztikus ingadozás miatt simitóeljárás végzése minden további bonyolultabb matematikai eljárás alapját képezi, de már önmagában is javulást eredményez a felvételek megitélésében.

Os.3.-as programunk az alkalmazott kollimátor karakterisztikus tulajdonságait figyelembevevő iterációs eljárást végzi el[7].

A 4. program az un. vektorgradiens módszer végzésére szolgál. Ez az eljárás lényegében egy igen erősfoku simitóeljárásként fogható fel[8].

A szcintigráfiás adatok feldolgozására kifejlesztett következő programunk az un. "maradéktáblázatos" eljárás, amely az iterációs módszerhez hasonlóan a készülék kollimátorának karakterisztikáját figyelembe veszi, de az iterációnál egyszerübb, időben gyorsabb eljárás[8].

6. programunk az adatmátrix egy vagy több, figyelmet érdemlő kiválasztott területének vagy területeinek teljesen flexibilis kiemelését hajtja végre /ROI = region of interest/.

Az előző módszerrel kiemelt simitását, majd négy lépésben végrehajtott 20 - 20%-os értéklevonást végez el Os.7. kódjelü programunk.

A 8. program alkalmas páros szervek vizsgálatánál /vese, tüdő/ a jobb és bal oldali fél összaktivitásának és részaktivitásának meghatározására. Az eljárás lehetővé teszi a félszerv felső, középső és alsó harmadának egymáshoz, illetőleg az ellenoldali harmadokhoz történő százalékos viszonyitását is.

A második csoportba tartozó programok, hosszabb vagy rövidebb félidejü izotóppal végzett szcintigráfiás vizsgálatok után, bő választékot nyujtanak a szükségesnek itélt matematikai eljárás kiválasztására és lehetőséget nyujtanak a Scinticart Numeric logaritmikus kijelzés helyett az adatok lineáris megjelenitésére is.

A jövőben a problémaorientált programok számát növelni kivánjuk. Elsőként izotóptárolási programot, izointenzitás-görbéket megjelenitő eljárást, pajzsmirigy-szcintigráfiánál automatikus kvantitativ kiértékelő módszert kivánunk kifejleszteni. Eddigi tapasztalataink hazai viszonylatban is igazolják az univerzális digitális számitógépek felhasználásának reális lehetőségét.

IRODALOM

1. Brown, D.W., Groome, D.S., JAMA, 203 /1968/ 131

2. Tauxe, W.N., JAMA, 205 /1968/ 283

3. Cohen, M.B., Zimmerman, K., Patban, D.D., Radiology, 93 /1969/ 1117

4. Bruno, F.P., Brookeman, V.A., Williams, C.M., Radiology, 94 /1970/ 197

5. Csernay L., Csirik J., Izotóptechnika, 14 /4-5/ /1971/ 71

6. Csernay L., Csirik J.,Kisérletes Orvostudomány, megjelenés alatt

7. Csernay L., Csirik J., Orvosi Hetilap, 112 /1971/ 13

8. Csirik J., Csernay L., Orvos és Technika, megjelenés alatt

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 12. szám

Autoradiográfiás megfigyelések szemcsehatár-diffuziós folyamatokról

BARTHA L., KOZMA L.
MTA Müszaki Fizikai Kutató Intézete, Budapest

^{204}Tl szemcsehatár-diffuziójának vizsgálata. A diffuziós állandó számitása Le Claire módszerével, az autoradiogramról készült ekvidenzitogram alapján. A Suzuoka által leirt szemcsehatár-diffuziós jelenség megfigyelése szinterelt volfrámmintákban végbemenő öndiffuzió során.

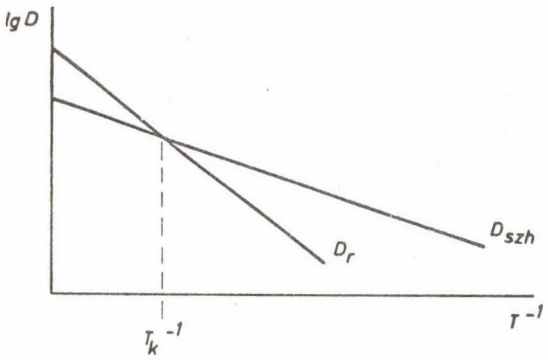
Ауторадиографические наблюдения процессов, протекающих на границах зерен Барта, Л., Козма, Л.

Обнаружение диффузии ^{204}Tl на границе зерен в олово с помощью ауторадиографии. Вычисление коэффициента диффузии методом Леклера, опираясь на эквиденситограммы. Обнаружение описанного Судзуока явления диффузии протекающей при аутодиффузии в образце спекшегося вольфрама.

Autoradiographic Observations on Grain-Boundary Processes
Bartha L., Kozma L.

The detection of grain-boundary diffusion of ^{204}Tl in tin by autoradiography. Calculation of diffusion coefficient by means of the Le Claire method using equidensitogram. Observation of the grain-boundary diffusion phenomenon explained by Suzuoka in the case of self-diffusion in sintered tungsten sample.

A diffuziós anyagtranszport a kristályos szilárd fázisban az anyagnak három, egymástól jól elkülönithető elemében, jellegzetes mechanizmuskülönbségekkel és igen különböző sebességekkel megy végbe. Ezek az elemek a kristályrács, a rácsban lévő hibahelyrendszerek - elsősorban szemcsehatárok - és a szabad felületek. Az anyag tömegének tulnyomó része ép rácstartományban helyezkedik el /10 μm élü kockákból álló anyagban az atomok 10^{-2}%-át tekinthetjük szemcsehatár-környezetbe tartozónak/, ezért - noha a három jellegzetes mozgásforma: a rácsdiffuzió, a szemcsehatárdiffuzió és a felületi diffuzió közül általában az előbbi a leglassubb és mindenképpen a legnagyobb aktiválásienergia - igényü -, a transzportált anyagmennyiség tekintetében a szerepe kiemelkedő. Ez a tendencia különösen magas hőmérsékleten válik érezhetővé, mert az aktiválási energiákban mutatkozó nagy különbség miatt a diffuzióállandók /D/ hőmérsékletfüggése egy adott rendszerben általában az 1. ábrán feltüntetett séma szerint alakul.



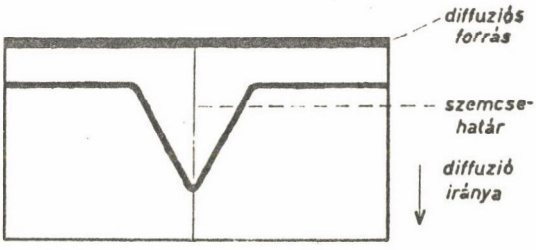
1. ábra

Rács- és szemcsehatárdiffuzió-állandó hőmérsékletfüggésének sematikus képe.

A T_k kritikus hőmérséklet fölött tehát, amely a gyakorlatban az anyag abszolut olvadáspontjának 50-70%-a, maga a rácsdiffuzió sebessége is tulhaladhatja a szemcsehatárdiffuzió sebességét.

A fémón érdekes kivétel ez alól a szabály alól, mert benne a szemcsehatárdiffuziós folyamatok sebessége egészen az olvadáspontig jóval meghaladja a megfelelő rácsdiffuziós folyamatok sebességét. Ez azért is szembeötlő, mert az ón olvadáspontja anomáliát mutat abban a tekintetben, hogy mig az összes fémek $T_{forrpont}/T_{o.p.}$ hányadosának értéke $\sim 2-3$ között van, addig az ón esetében ez 5,86 /még további két kivétel a gallium és az indium/.

Tekintettel arra, hogy diffuziós jelenségek vizsgálata - a lassu folyamat és igy a vizsgálati idő hosszu volta miatt - általában magas hőmérsékleten történt, a szemcsehatárdiffuzió létezésének észlelése aránylag későn történt meg, aprószemcsés polikristályos testek diffuziós anomáliája formájában, első modelljét pedig csak 1951-ben alkotta meg Fischer /1/. A modell - számos közelitő feltevés alapján - lehetőséget nyujtott a szemcsehatárdiffuzió-állandónak kisérleti adatok alapján történő számitására. Modellje szerint a diffuziós profilt a 2. ábrán látható séma alapján képzeljük el.



2. ábra

Szemcsehatár-diffuzió okozta ekvikoncentrációs profil sematikus képe.

Az autoradiográfia volt az első olyan kisérleti módszer, amely ennek a képnek a helyességét szemléletesen igazolta.

Radioaktiv anyagok diffuziója polikristályos fémekben és a próbatestről készitett autoradiogramok bizonyitották be közvetlenül, hogy ez a sematikus kép valóban a tényleges helyzetet ábrázolja. A 3. ábra képei a ^{204}Tl izotópnak ón próbatestbe történt diffuziója után kialakult eloszlását mutatják ugy, hogy a próbatesteket a diffuzió irányával különböző szögeket bezáró sikban metszettük, s ezeket a sikokat autoradiografáltuk.

A ferde metszéssel mintegy megnagyitottuk a behatolási képet, s ezzel az esetleg csak kis mélységü behatolást is jól érzékelhetővé tettük. Az ábrák jól mutatják a metszési szögnek ezt a "nagyitó" hatását.



3. ábra

^{204}Tl diffuziós behatolása ón fémbe.
a/ 196 °C, 187 óra, metszési szög 45°
b/ 137 °C, 186 óra, metszési szög 3°
N : 5x

Korábban leirtunk olyan fotometriás eljárásokat /2/, amelyek alkalmasak arra, hogy velük egyrészt a Fischer eredeti modellje, másrészt a Le Claire /3/ által módositott számitási mód szerint egyetlen szemcsehatárban is meghatározhatjuk a szemcsehatárdiffuzió-állandót.

A Fischer-elmélet szerint a D_{szh} meghatározásához a diffundáló anyag koncentrációeloszlását, Le Claire szerint pedig azt a szöget kell meghatároznunk, amelyet a diffundáló anyag egy tetszőleges ekvikoncentrációs vonala a szemcsehatár sikjával bezár. Ez utóbbi meghatározására különösen alkalmas az autoradiogram ekvidenzitográfiás kiértékelése alapján nyert ekvidenzitogram bármely ekvidenzitje, azaz ekvikoncentrációs vonala. A 4. ábra egy autoradiogramot és róla készült ekvidenzitogramot mutat be.



4. ábra

^{204}Tl diffuziós behatolása ón fémbe. 170 °C, 309 óra, metszési szög 12°
a/ autoradiogram, b/ ekvidenzitogram
N : 5x

Az ekvidenzitogram jelzett szemcsehatárán határoztuk meg az ekvikoncentrációs vonalak emlitett hajlásszögét, s Le Claire alábbi egyenlete alapján számitottuk a D_{sz} értékét:

$$\frac{D_{szh}\, d}{D_r} = 2(\pi D_r t)^{1/2} \operatorname{ctg} \alpha$$

t - diffuziós idő

d - a szemcsehatár szélessége

α - a szemcsehatár sikja és az ekvikoncentrációs vonal által bezárt szög

D_{szh} - szemcsehatárdiffuzió-állandó

D_r - rácsdiffuzió-állandó

A D_r rácsdiffuzió-állandó értékeit korábbi munkáinkból ismertük /4/.

Az I. táblázat ugyanazon rendszerben különböző módszerekkel mért D_{szh} értékeket tartalmazza.

1. táblázat

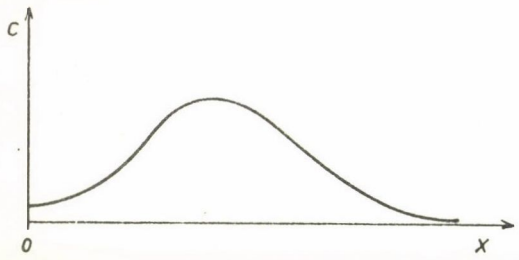
Ón szemcsehatárokban végbemenő diffuzió D_{szh} adatai

Diffuziós hőmérséklet °C	D_{szh} $cm^2 s^{-1}$		
	Egyetlen szemcsehatárban mérve		Sok szemcsehatárban mérve fotometriásan
	fotometriásan	ekvidenzitográfiásan	
210	$3,7.10^{-4}$	$1,8.10^{-4}$	$2,7.10^{-4}$
170			$1,45.10^{-4}$
137	$2,5.10^{-6}$		$0,63.10^{-4}$

Az egyedi szemcsehatárokban mért D_{sz} értékek eltérése a sok határban mért értékektől megmagyarázható a szemcsehatár-diffuziónak a szemcsék relativ orientációjától való nagymértékü függése alapján.

A szemcsehatárokban a diffuzió által létrehozott, monoton csökkenő koncentráció helyett esetenként a diffundáló anyag eltérő koncentráció-eloszlásával is találkozunk. Suzuoka /5,6/ elméletileg kimutatta, hogy megfelelő feltételek esetén /igen vékony diffuziós forrás, a D_r, D_{szh} és D_f diffuzió-állandók megfelelő viszonya, azaz alkalmas, általában alacsony kisérleti hőmérséklet/ az 5. ábra szerinti koncentrációeloszlás állhat elő a határban.

A szemcsehatár-folyamat nagy sebességgel elszállitja a diffuziós forrás anyagát a felületről ugy, hogy az pótlódni nem tud. A szemcsékben a diffuzió sebessége igen kicsi, felületükön tehát a forrás koncentrációja változatlan. Tekintve, hogy a határban nincs anyagutánpótlás, igy egy maximummal biró széles diffuziós anyaghullám halad előre.



5. ábra

Diffundáló anyag koncentrációeloszlása szemcsehatár mentén, Suzuoka szerint.

A képnek igen kevés bizonyiléka van az irodalomban, mert a szükséges feltételek ritkán találkoznak. Autoradiográfiásan tudtuk detektálni a jelenséget ^{185}W öndiffuziója esetén olyan szinterelt volfrám próbatesten, amelynek egyik része igen nagy, másik része igen apró kristályokból állt. A minta felületét igen vékony /< 0,1 μm/ ^{185}W tartalmu volfrámréteggel vontunk be, majd a volfrám szempontjából igen alacsony hőmérsékleten, 1000 °C-on hevitettük vákuumban 240 órán át. A próbatest autoradiográfiásan eredetileg homogén feketedést mutató felületének képe a fenti folyamat után a 6. ábra a/ képén látható módon változott meg.



6. ábra

Szinterelt W-fémrud felületén létrejött koncentrációeloszlás ^{185}W-izotóp 240 órai, 1000 °C-on történt diffuziója után
a/ autoradiogram, b/ metallográfiás csiszolat

A b/ ábra a minta metallográfiás képe, amelyen alul nagy kristályokat, felül pedig mikrokristályos sávot látunk. Az autoradiogramon a kristályhatároknak megfelelő helyeket fehér vonalak vannak, ami a Suzuoka-modellnek felel meg. A kristályokba nem történt diffuzió, mig a mikrokristályos sávból a volfrám ugyancsak bediffundált az anyagba. Tekintettel e sáv igen apró /5-15 μm φ/ kristályszemcséinek óriási szemcsehatárfelületére, a jelenséget ugyanugy értelmezhetjük, mint a nagykristályok közötti határok felületre kibukkanó szakaszának kiürülését. Az ábra egyuttal annak is bizonyitéka, hogy - a bevezetőben emlitett általános helyzettel szemben - megfelelő körülmények között az anyagtranszportban a szemcsehatárdiffuzió domináns szerepet játszhat.

A szerzők köszönettel tartoznak H. Baumbachnak /Zentralinstitut für Isotopen- und Strahlenforschung, Leipzig/, az ekvidenzitogram elkészitéséért.

IRODALOM

1. Fischer, J. C., J. Appl. Phys. 22 /1951/ 74
2. Bartha, L., Szalay, T., Kém. Közl. 32 /1969/ 145
3. Le Claire, A.D., Phil. Mag. 42 /1951/ 468
4. Bartha, L., Szalay, T., J. Appl. Rad. Isotopes 20 /1969/ 625
5. Suzuoka, T., Trans. JIM 2 /1961/ 25
6. Suzuoka, T., J. Phys. Soc. Jap. 19 /1964/ 839

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 1971. 12. szám

A mérési geometria szerepe a radioaktiv izotópos nedvességmérés egyes gyakorlati problémáinál *

TÓTH E., VERECZKY L.
MTA Izotóp Intézete, Budapest

A mérés maximális érzékenységet biztositó hatósugarának kiszámitása neutronfizikai meggondolások alapján.

Роль геометрии измерения в некоторых задачах определения влажности с помощью радиоактивных изотопов
Тот, Э., Верецки, Л.

Вычисление оптимального с точки зрения чувствительности радиуса измеряемой области на основе нейтронно-физических рассуждений

The Role of Measurement Geometry in Some Practical Problems of Radioisotopic Moisture Determination
Tóth E., Vereczky L.

Calculation of the maximum sensitivity range of measurement /radius of sphere of information collection/ based on neutron physics.

Az anyagok nedvességtartalmának meghatározása és mérése az ipar különböző területein és a mezőgazdaságban jelentős feladat. A jó minőségü öntvények előállitásának alapvető feltétele a jó formázóhomok, melynek egyik lényeges jellemzője a nedvességtartalom. Porszén tüzelésü erőmüvek szénőrlő malmai optimálisan 7% körüli nedvességtartalomnál dolgoznak, és ehhez hasonlóan a kokszolandó szénnél is 6-8% közötti nedvességtartalmat kell biztositani. A mezőgazdaságban a növények számára kedvező öntözőviz-gazdálkodás teszi szükségessé a talajnedvesség meghatározását.

A viztartalom meghatározása különböző módszereinek általában közös hátrányos tulajdonsága, hogy a mérés nem végezhető folyamatosan, és a vizsgálat csak igen kis mennyiségü anyagmintára terjedhet ki. A neutronmoderációs elven történő nedvességmérés alapján azonban lehetővé vált nagyobb tömegü minták folyamatos értékelése és igy megfelelő nedvességszabályozó automatikák tervezése.

Nem célunk a neutronmoderációs nedvességmérés elvi és gyakorlati problémakörének, illetve a mérőberendezésnek részletes ismertetése. Számitásaink és méréseink alapján csupán néhány megjegyzést kivánunk tenni a mérés geometriáját és nedvességmeghatározás hatósugarát illetően.

---

* Az IMEKO 1971. okt.5-8 között Esztergomban rendezett szimpóziumán elhangzott előadás.

A neutronmoderációs nedvességmérés elve

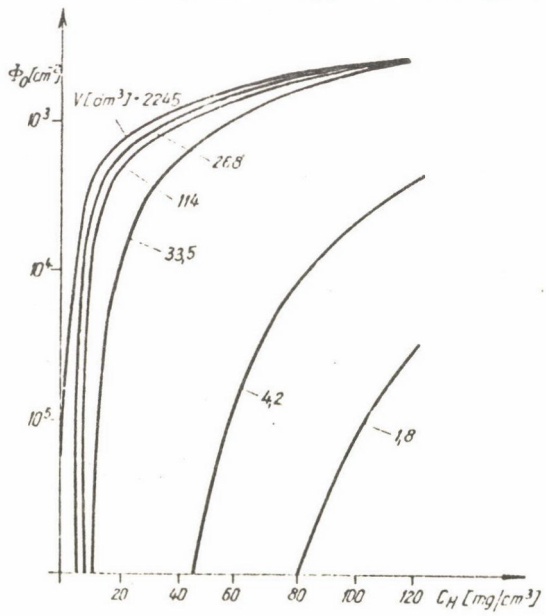
A neutronok kölcsönhatása az anyaggal igen sokrétü. Valamely közeg nedvességtartalmának kimutatása szempontjából a rugalmas szóródás a legfontosabb. Néhány MeV kinetikus energiával rendelkezõ gyorsneutronok a vizmolekulában lévõ hidrogénmagokkal rugalmasan ütközve lelassulnak, és energiájuk a hõmozgás kinetikus enegiájával /néhány század eV/ összemérhetõvé válik: termalizálódnak.

A termikus neutronok fluxusának nagysága a neutronforrás közelében arányos lesz a mérendõ anyagban lévõ H-magok térfogatkoncentrációjával. Ez azt jelenti, hogy pl. növekvõ H-tartalom esetén a termikus neutronok sürüsége nõ. Ezt a sürüséget a csak lassuneutronokra érzékeny detektorokkal mérhetjük. A lassuneutronok detektálása igy lehetõvé teszi a nedvességtartalom meghatározását.

Mérésérzékenység a neutronos nedvességmérésben

A neutron lassitasának elvén müködõ nedvességmérõ berendezés lényegében három részbõl áll: a gyorsneutronokat szolgáltató radioaktiv forrásból, a lassuneutronokat érzékelõ és intenzitásukkal arányos elektromos impulzussürüséget elõállitó detektorból, illetve a kapott jeleket erõsitõ és számláló egységbõl.

A mérendõ anyagban a pontszerü sugárforrás körül kialakuló termikus neutronfluxus a forrás közvetlen környezetében a legnagyobb, majd a távolság növekedésével fokozatosan csökken. Célszerü tehát a detektort a forráshoz közel elhelyezni, igy növelhetjük a mérés érzékenységét.

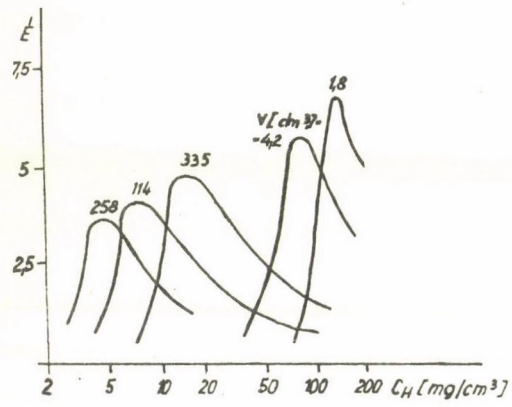


1. ábra

A lassuneutron-fluxus a hidrogéntartalom függvényében

Ismert térfogatu, gömbszimmetrikus elrendezés esetén - ahol a gyorsneutronforrás és a lassuneutron-detektor a gömb alaku mérendõ közeg középpontjában van -, a Φ_0 lassuneutron-fluxus eloszlását a hidrogéntartalom /C_H/ függvényében az 1. ábra mutatja. Paraméterként a gömb térfogata szerepel.

Az ábra alapján érdekes következtetést vonhatunk le. A különbözõ nedvességtartalmak mérésénél a mérendõ közeg térfogata lényeges szerepet játszik. Kisebb nedvességtartalomnál nagyobb térfogat, nagyobb viztartalomnál kisebb térfogat esetén lesz a mérés érzékenysége nagyobb. Pontosabb képet ad a 2. ábra, amely a mérésérzékenység változását mutatja a hidrogéntartalom függvényében.



2. ábra

A mérésérzékenység változása a hidrogéntartalom függvényében

Ezek szerint a különböző nedvességtartalmu anyagok mérése akkor optimális, ha a bemérésre megfelelő térfogatu anyagot veszünk.

Hatósugár meghatározása

A neutronmoderátoros nedvességmérésnél gyakran felmerül a kérdés, hogy adott sugárforrás és lassuneutron-detektor esetén gyakorlatilag mekkora térfogatból kapjuk az információkat. A forrás körül izotróp anyageloszlást feltételezve azt mondhatjuk, hogy azon gömb R_h sugarát, amely gömbön kivül lévő hidrogénatomok koncentrációja már nem befolyásolja a gömb középpontjában mért termikus neutronfluxust, a nedvességmérés hatósugarának nevezzük. Elvben ez az éles határvonal természetesen nem létezik, hiszen az igen távol lévő hidrogénmagokról is visszaszóródhatnak neutronok, de sokkal kisebb valószinüséggel, mint a forrás közelében lévőkről. Hogy a távolabb lévő hidrogénmagok mégis mennyiben befolyásolják a mérés eredményét, annak elsősorban a mérőmüszer érzékenysége szab határt.

Az a tény, hogy a hatósugár meghatározásánál a mérőeszköz lényeges szerepet játszik, nem zárja ki annak lehetőségét, hogy csupán számitással határozzuk meg a hatósugár függését a nedvességtartalomtól.

Ismerve az adott hidrogéntartalmu, R sugaru gömb középpontjában a termikus neutronfluxust $/\Phi(R)/$, az a legkisebb $R = R_h$ érték a nedvességmérés hatósugara, melyre $\frac{d\,\Phi(R)}{dR} \cong 0$. Igy R_h-ra a következő kifejezést kaptuk:

$$R_h = k\ C_H^{-\frac{1}{2}},$$

k - a vizsgálandó anyagtól és a mérőberendezés érzékenységétől függő állandó,

C_H - a közeg hidrogéntartalma mg/cm^3-ben.

Közönséges vizben az R_h hatósugár meghatározására méréseket is végeztünk. Neutronforrásként 100 mCi aktivitásu, 2.10^5 neutron/s neutronhozamu Am-Be pontforrást, a lassuneutronok detektálására ^6Li-tartalmu szcintillációs detektort használtunk. A lassuneutronok fluxusának megfelelő elektromos impulzusokat impulzusátlagmérővel mértük, és a ratemeterhez a másodpercenkénti

impulzusváltozás folyamatos regisztrálására vonalirót csatlakoztattunk. Az összeállitott mérőberendezés ipari mérésekre is alkalmas.

A laboratóriumi mérések szerint vizben a hatósugár $R_h = 18 \pm 2$ cm-nek adódott. Számitással a fenti képlet alapján a hatótávolság $R_h = 19{,}2$ cm, ami jól egyezik a mérés eredményével.

A következőkben rátérünk egy konkrét ipari alkalmazás rövid ismertetésére. A neutronmoderációs nedvességmérés jól alkalmazható pl. a szén nedvességtartalmának folyamatos meghatározására.

A radioaktiv izotópos nedvességmérés gyakorlati megvalósitása

Az ismertetendő vizsgálatokat szénszáritó üzemben végeztük. A gyakorlati munkánál a mérési geometriával kapcsolatos vizsgálatok eredményeit messzemenően figyelembe vettük.

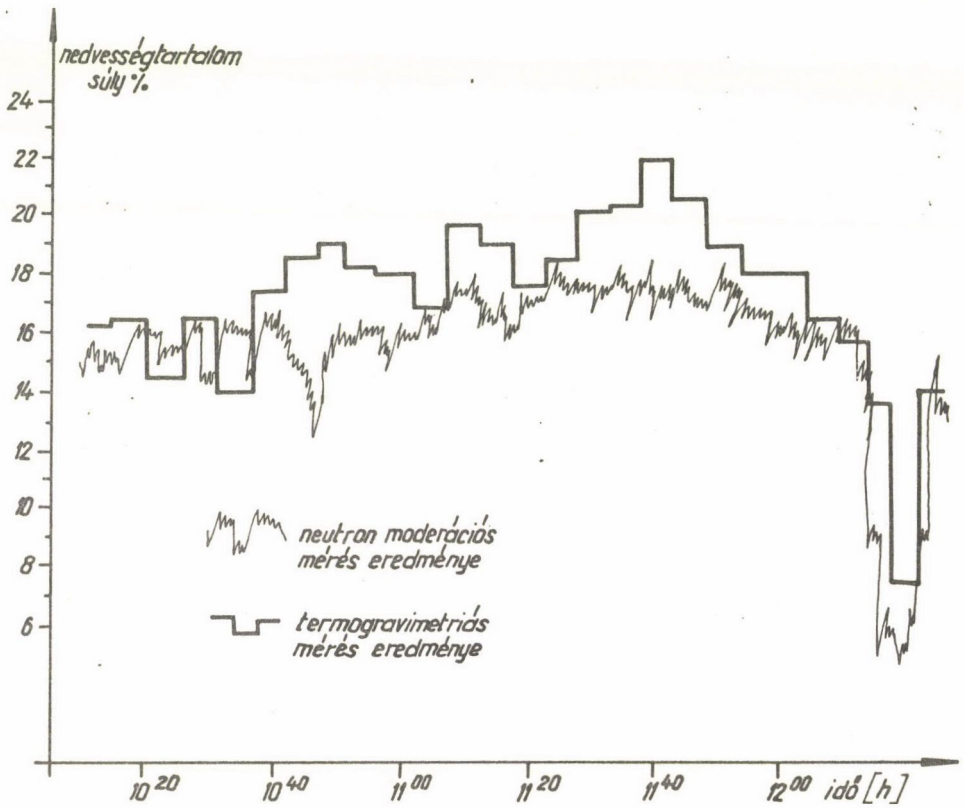
A szénszáritó feladata, hogy a különböző komponensü és 6-30% nedvességtartalmu szenet további felhasználás céljaira 6-8% -ra száritsa, gázfütésü száritódobok segitségével. A száritódobok elpárologtató kapacitása adott, ezért a kivánt nedvességérték beállitása az adagolásnak a viztartalomtól függő változtatásával érhető el. Ezért az adagolás előtt szükséges a szén nedvességtartalmának meghatározása.

Meg kell jegyeznünk, hogy a neutronmoderációs nedvességmérés elvéből következik, hogy a módszer a mérendő közeg nedvességtartalmát térfogatszázalékban adja, azaz a térfogategységben lévő viztartalom mennyiségét mutatja. Igy a vizsgált anyag sürüségének változásával a térfogategységben lévő hidrogénkoncentráció is változik. Gyakorlati szempontok viszont azt kivánják, hogy a mérendő anyag egységnyi sulyára vonatkoztatva határozzuk meg a viztartalmat, azaz a nedvességértéket sulyszázalékban adjuk meg.

Az elvégzett mérések eredménye szerint a sürüség számottevően nem változik különböző szénfajták esetében sem. Igy a szén nedvességtartalmának ingadozására jellemző impulzusszám-változást nem kell a szénsürüségtől függően helyesbiteni, elegendő egyetlen hitelesitési görbe felvétele, és ez érvényes az összes szénfajtára és keverékeikre.

A méréssel egyidőben termogravimetriás ellenőrzés céljaira mintákat vettünk. A radioaktiv izotópos és termogravimetriás mérési eredmények összehasonlitásánál a módszer saját hibája mellett figyelembe kell venni, hogy a mérés fokozottan érzékeny a nedvesség helyi inhomogenitásaira /csak néhány gramm szén kerül vizsgálatra, mig a radioaktiv izotópos mérés kb. 30 cm sugaru anyaggömb teljes térfogatának átlagát adja/.

A 3. ábra mutatja a folyamatosan mért nedvességértéket, feltüntetve az 5 percenként vett minták laboratóriumi eredményeit is. A neutronmoderációs nedvességmérés szerint a szén viztartalma 6-30% között mozog. Ezen a tartományon belül az elérhető mérési pontosság ±1%, mely az ábráról közvetlenül is leolvasható, a vékony, folytonos görbe statisztikus jellegü ingadozásából.



3. ábra
A nedvességtartalom időbeli változása

A neutronmoderációs nedvességmérés geometriai tényezőit illetően a következőket állapitjuk meg:

1. anyagok nedvességtartalmának neutronmoderációs elven történő mérésekor a mérésérzékenység növelhető, ha a nedvességtartalomnak megfelelő térfogatot mérjük. Nagyobb viztartalom esetén nagyobb mennyiségü anyag mérése látszik célszerünek.
2. Neutronfizikai meggondolások alapján meghatározhatjuk a konkrét mérés hatósugarát, vagyis a mérendő anyagnak az a térfogatát, amelyből a nedvességmérés során az információkat kapjuk.

A MTA Izotóp Intézetének Nukleáris Elektronikai Osztálya 1965. óta végez neutronos nedvességmérést az ipar számos területén. Ezek közül olyan módszert ismertettünk, amely alkalmas a szén nedvességtartalmának üzemi körülmények között történő meghatározására. Jelenleg az Intézet már saját gyártmányu, integrált áramkörös berendezéseit alkalmazza.

IRODALOM

1. Würte, K., Beckurts, K.H., Elementare Neutronenphysik
2. Hartmann, W., Messenverfahren unter Anwendung ionisierender Strahlung
3. Glastene, S., Edlung, M.C., Az atomreaktorok elméletének alapjai
4. Westmeyer, A., Kernenergie 6 /1963/ 6
5. Larch, S., Z. Geophys. 29 /1963/
6. Neutron Moisture Gauges, IAEA Tech. Rep. Ser. No 112 /1970/
7. Johannes, E., Atompraxis 11 /1965/ 6

HIREK

A Magyar Tudományos Akadémia támogatásával az Izotóp Intézet 1972. szept. 4. és 6. között rendezi meg a radioaktivizotóp-termelők 4. találkozóját /Fourth Meeting of Radioisotope Producers/.

Az európai izotópelőállító centrumok szakembereinek összejövetelére először 1964-ben Párizsban került sor. Ezt követte az 1965-ös belgrádi és dubrovnyiki, valamint az 1967-es madridi rendezvény, amelyeken már Magyarország képviselői is résztvettek.

Az 1972-es budapesti konferenciára 23 ország képviselői kaptak meghivást, és minden remény megvan arra, hogy a korábbiakban kialakult közvetlen légkör fenntartása mellett, több beszámolóra, ill. előadásra és gondolatébresztő vitára nyilik lehetőség. A rendezvény elsődleges célja a kölcsönös tájékoztatás, a fejlődés irányának és ütemének értékelése, egymás munkáinak, ill. lehetőségeinek felmérése. Egy-egy ország eredményeinek átfogó ismertetése természetesen csak azon államok esetében lehetséges, amelyekben centralizált szervezetü, állami központok végzik a radioaktiv anyagok előállitását és forgalmazását. Az eddigi tapasztalatok ennek ellenére azt bizonyitották, hogy - a kimondottan gyártási titkokat leszámitva - valamennyi intézmény őszintén kimutatta eredményeit, és egyuttal feltárta nehézségeit is.

Remélhető, hogy az idei rendezvény is előmozditja és kiszélesiti a nemzetközi együttmüködést, egyben tudományos szempontból is értékes felmérésre nyujt alkalmat.

KONFERENCIÁK

A radioaktiv izotópok bányászati és kohászati alkalmazásával foglalkozó 4. kollokvium, 1971. május 12-13, Freiberg /NDK/
Isotopenpraxis, 1971. október.

A környezeti radioaktivitás gyors mérési módszerei, NAÜ szimpózium, 1971. julius 5-9, Neuherberg /NSzK/
Atomnaja Energija, 1971. december; Atomic Energy Review, december.

I. Nemzetközi Geokémiai Kongresszus, 1971. julius, Moszkva
Atomnaja Energija, 1971. december.

A radioökológia alkalmazása az ember és környezete védelmére
Nemzetközi Szimpózium, 1971. szeptember 7-10, Róma.
Énergie nucléaire, 1971. október.

2. szeminárium a tenger radioökológiájáról, 1971. szeptember 20-24, Hamburg-Sülldorf /NSzK/
Kerntechnik, 1971. december.

Radioaktiv anyagok magtechnikai berendezésekből való üzemszerü eltávolitása, Megbeszélés, 1971. november 9., Köln /NSzK/
Kerntechnik, 1971. december

IZOTÓPTERMELÉS

10 éve müködik a bolgár Fizikai Intézet szovjet gyártmányu reaktora. Jelenleg 44-féle izotópot állitanak elő segitségével orvosi, ipari és geológiai célra.
Applied Atomics, 1971. december 15.

IZOTÓPOK AZ IPARBAN

A szovjet népgazdasági kiállitáson 1971. junius 14-17 közt tapasztalatcserét rendeztek az AUSZ RRP relés radioizotópos rendszernek az iparban való felhasználásáról. Az AUSZ /összetett egységesitett rendszer/ a rigai Radioizotópos Müszerkutató Intézet gyártmánya. Általános és speciális felhasználásra szolgáló blokkokból épithető fel.
Atomnaja Energija, 1971. december.

A Szovjetunió licenciát adott el az Energy Science Incorporated amerikai társaságnak, élelmiszer és gyógyszer sterilezésére, valamint polietilén besugárzására használható, 1-40 MeV energiáju gyorsitók amerikai, mexikói és kanadai eladására és előállitására. A berendezéseket a novoszibirszki Magfizikai Intézet dolgozta ki. Egy 1 MeV-os, 8 kW keresztmetszeti teljesitményü, 70% hatásfoku gyorsitó sokkal könnyebb és kisebb, mint a hasonló amerikai gyártmányu berendezések.
Applied Atomics, 1971. október 27; Atomwirtschaft, 1972. január.

A holland Sikkens Groep NV az amerikai Ford-csoporttól Európára megvette a jogot elektronbesugárzásos lakk-keményitésre.300 kV-os berendezést épitenek Sassenheimben, bevonatos szalagok és lemezek tömeges kezelésére.
Isotopenpraxis, 1971. november-december.

Az ausztráliai Dandenongban 1971. juliusában üzembe helyezték az Atomic Energy of Canada, Ltd. által épitett γ-besugárzó berendezést, amellyel egész Ausztrália orvosi termékeit sterilezik. Az elektronikusan vezérelt berendezés 24 órás üzemben dolgozik.
Isotopenpraxis, 1971. november-december.

St. Gallenben üzembe helyezték Svájc első olyan besugárzó berendezését, amelyet a butor- és épitőiparban lakkrétegek száritására használnak. A max. 1,3x2 m-es lemezek kezelésére alkalmas, 600 kV-os elektrongyorsitó elektronárama 50 mA. A kezelés sebessége, a lakkréteg vastagságától függően, 5-15 m/perc.
Isotopenpraxis,1971. november-december.

IZOTÓPOK A MEZŐGAZDASÁGBAN

Az Élelmiszer- és Mezőgazdasági Világszervezet és a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség rendezésében Bécsben december 13-20 között szimpózium foglalkozott az izotópok és magsugárzás felhasználásával a talaj és a növény közti kapcsolat, ezen belül erdészeti problémák kutatására. A szimpóziumon több mint 100 kutató vett részt 37 országból, ezen kivül 6 nemzetközi szervezet képviseltette magát.
IAEA Press Release,1971. december 13.

Az EGK Bizottsága egységes szabályzatot készit a besugárzott élelmiszerek kereskedelméhez. Az EGK e téren az alábbi kutatási programokat koordinálja: mezőgazdasági termékek besugárzásával kapcsolatos technológiai és tudományos-müszaki problémák kidolgozása; a burgonya csirázása vegyi és sugárzásos gátlásának összehasonlitása; a besugárzott élelmiszerek azonositási módszereinek kutatása.

Az EGK országai között még csak Hollandia adott engedélyt besugárzott élelmiszerek forgalomba hozatalára /champignon, burgonya, spárga, földieper, füszernövények, garnélarák/. Forgalmazásuk során eddig pozitiv tapasztalatokat szereztek.
Isotopenpraxis, 1971. november-december.

1545 72

A Svájci Szövetségi Gyümölcs- Szőlőtermesztési és Kertészeti Kutató Intézet /Waedenswil/ γ-besugárzó üzemet rendelt a Sulzer-cégtől. A sugárforrás nedves tárolásu. Biológiai rovarirtásra, termesztési, mikrobiológiai kisérletekre és élelmiszerbesugárzásra fogják használni, elsősorban kutatóintézetek. Applied Atomics, 1971. október 27.

VEGYES HIREK

1971. december 9-én a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség kormányzótanácsa ugy döntött, hogy a Kinai Népköztársaságot illeti Kina képviselete az Ügynökségben. IAEA Press Release, 1971. december 9.

Az NDK Isocommerz GmbH kiadványsorozatot indit Izotópok és nukleáris sugárzások a tudományban és technikában cimmel. A már megjelent 1. szám az élelmiszerek sugárzásos kezelésével /Die Strahlenbehandlung von Nahrungsmitteln/, a megjelenés alatti 2. szám izotópos kopásvizsgálattal foglalkozik /Verschleissuntersuchungen unter Verwendung radioaktiver Nuklide/. A kiadványok az alábbi cimen rendelhetők meg: Isocommerz GmbH, 705 Leipzig, Permoserstrasse 15, DDR.
Isotopenpraxis, 1971. november-december.

A Természet Világa 1971 decemberi számának Modern módszerek és uj eredmények a pleisztocén kutatásában c. cikke foglalkozik a hőmérsékletingadozásnak a geológiai rétegekben található $^{16}O/^{18}O$ arányával való megállapitásával. A ^{18}O képződése a levegőben a nap élénkebb tevékenysége időszakában meggyorsul; ugyanakkor a hőmérséklet is nő. Igy a geológiai rétegekbe a levegőből bekerülő oxigén $^{16}O/^{18}O$ arányának változása a rétegek kialakulásakor uralkodó hőmérsékletváltozásra utal. A cikk továbbiakban foglalkozik röviden a kor ^{14}C-nel, hélium-, ólom-, ^{230}Th-, argon- és stroncium-módszerrel végezhető meghatározásával is.

MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA