

FIZIKAI SZEMLE

Az
Eötvös Loránd
Fizikai Társulat
Lapja

TARTALOMJEGYZÉK:

- Györgyi Géza:* Az elektron
Fényes Tibor: Rádióaktív α bomlás elméletéről
E. Schatzmann: Kritikai megjegyzések a Nyugat-Európában és Amerikában elterjedt kozmogóniai elméletekről

A FIZIKA TANÍTÁSA

- Madas László:* Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat Tanszerkiállítására
Kassai Ernő: Eszköz az egyenletes körmozgás és rezgőmozgás kapcsolatához

EGYESÜLETI ÉLET

A FIZIKAI TUDOMÁNY HALADÁSÁBÓL



Felelős szerkesztő: Szamosi Géza

Szerkesztőbizottság:

**Bodó Zalán, Csekő Árpád, Faragó Péter, Keszthelyi Lajos, Marx György, Szamosi Géza,
Szalkai Ferenc, Szigeti György, Tarján Imre, Turiné Frank Zsuzsa, Vermes Miklós**

Szerkesztőbizottság titkára: Turiné Frank Zsuzsa

Szerkesztőség: Budapest, V., Reáltanoda utca 13—15. Eötvös Loránd Fizikai Társulat
Távbeszélő: 187-423

Kiadóhivatal: Akadémiai Kiadó, Budapest, V., Alkotmány utca 21.
Távbeszélő: 111-010 *

Terjeszti a Posta Központi Hírlapiroda Vállalat
Budapest, V., József nádor tér 1. Telefon: 180-850
Előfizetés, személyes ügyfélszolgálat József nádor tér 1, üzlethelyiség. Telefon: 183-022
Előfizetés egy évre 30,—, félévre 15,— Ft; egyes szám ára 6,— Ft

Megjelenik évente hatszor

ОГЛАВЛЕНИЕ

- Г. Дьердьи: Электрон
П. Феньеш: О теории радиоактивного α -распада
Е. Шацман: Критические замечания по космогоническим теориям, распространенным в Америке и западной Европе
- Преподавание физики*
- Л. Мадаш: Выставка общества физиков им. Л. Этвеша по демонстрационным приборам
Э. Кашаи: Прибор для демонстрации связи между равномерного-кругового и гармонического движения
Из жизни, общества физиков
Из успехов физических наук

A kiadásért felel: az Akadémiai Kiadó igazgatója

Műszaki felelős: Szöllösy Károly

A kézirat beérkezett 1954. XII. 20. Pédányyszám: 1400. Terjedelem: 4 (A/5) ív 21 ábrával

Ez a folyóirat MNOSZ 3405 és 5602Á szerint készült

Akadémia nyomda, Gerlóczy utca 2. — 35081 — Felelős vezető: ifj. Puskás Ferenc

A FIZIKAI SZEMLE V. ÉVFOLYAMÁNAK TARTALOMJEGYZÉKE

TUDOMÁNYOS CIKKEK

A IV. Magyar Fizikus Vándorgyűlés	185
A Szovjetunió segítsége a magyar népnek	95
Albert Einstein.....	96
<i>A. Einstein:</i> Hogyan született meg az általános relativitáselmélet	101
<i>Berényi Dénes:</i> Gamma spektroszkópia I.	167
<i>Berényi Dénes:</i> Gamma spektroszkópia II.	163
<i>Bozóky László:</i> A röntgenegységgel kapcsolatos elvi és mérési kérdésekről	60
<i>Deézi Irén:</i> Schmid Rezső	178
<i>Dukáti Ferenc:</i> Fizikai mennyiségek elnevezése és jelölése	144
<i>Fényes Tibor:</i> Rádióaktív a bomlás elméletéről	10
<i>Gyarmati István:</i> Szily Kálmán	147
<i>Györgyi Géza:</i> Az elektron	3
<i>Horváth János:</i> Enrico Fermi	139
<i>L. Infeld:</i> A relativitáselmélet története	96
<i>Jakucs István:</i> Segner András	65
<i>Keszthelyi Lajos:</i> Az elemek periódusos rendszere	40
<i>Román Pál:</i> A fizikai vakuum	50
<i>Sándor Endre:</i> Finomszerkezet vizsgálat röntgensugarakkal I.	103
<i>E. Schatzmann:</i> Kritikai megjegyzések a Nyugat-Európában és Amerikában elterjedt kozmogóniai elméletekről	15
Szabadságunk tizedik évfordulójára	35
<i>Szigeti György:</i> Visszatekintés az Eötvös Loránd Fizikai Társulat eddigi működésére	36
<i>Tarján Imre:</i> Tanulmányút a Szovjetunióban	38

A FIZIKA TANÍTÁSA

<i>Goll György:</i> Fényelektromos hatás kimutatása ködfénylámpával	75
<i>Huszka Ernőné:</i> A Thomson-képlet mennyiségi igazolása a középiskolában katódoszcilloszkóppal	114
<i>Kassai Ernő:</i> Eszköz az egyenletes körmozgás és rezgőmozgás kapcsolatához	25
<i>Madas László:</i> Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat tanszerkiállítása	20
<i>Madas László:</i> Kísérletek az univerzális fázisjelzővel	190
<i>Marx György:</i> A mechanika alaptörvényeinek szerepe az oktatásban	69
<i>Mátraié—Tarján Imre:</i> Demonstrálás függőleges síkban	116
<i>Vozáry Pálné:</i> Gázok hőkitágulási együtthatójának meghatározása Melde-féle csővel	157

KÖNYVSZEMLE

Acta Physica IV. kötet 1—2 füzetének ismertetése	87
IV. kötet 3. füzetének ismertetése	124
A Magyar Tudományos Akadémia Központi Fizikai Kutatóintézetének Közleményei	
III. kötet 1—2. szám	125
III. kötet 3—4. szám	195
<i>Faragó Péter—Pócza Jenő:</i> Elektronfizika	84
<i>Horváth Árpád:</i> A varázsinga	84
<i>D. Ivanenko—A. Szokolov:</i> Klasszikus térelmélet	164
<i>B. Ljapunov:</i> Harc a sebességért	85
Magyar Fizikai Folyóirat II. kötet 4—5—6. füzetének ismertetése	85
III. kötet 1—2. füzetének ismertetése	126
III. kötet 3—4. füzetének ismertetése	194
<i>Simonyi Károly:</i> Villamosságtan	162
<i>J. C. Slaters</i> Mikrohullámú elektronika	85
<i>Valkó I. Péter:</i> Érzékszerveink és a technika	164
A FIZIKAI TUDOMÁNY HALADÁSÁBÓL	32, 88, 195
EGYESÜLETI ÉLET	25, 76, 117, 158, 194
FELADATOK	76, 123

FIZIKAI SZEMLE

AZ EÖTVÖS LORÁND FIZIKAI TÁRSULAT LAPJA

V. évfolyam

I. szám

1955. február

Az elektron*

Ma, amikor a kísérletező fizikusok kb. 20 fajta elemi részecskét ismernek már és gyakran tudósítanak arról, hogy a kozmikus sugárzásban vagy a nagyfeszültségű gyorsítóberendezésekkel előállított mesterséges sugárzásban újabb és újabb részecskéket figyeltek meg, az elméleti kutatók fáradozásai elsősorban arra irányulnak, hogy az új részecskék helyét az elmélet épületében kijelöljék, és viselkedésükre, tulajdonságaikra (tömegükre, töltésükre, élettartamukra stb.) helyes matematikai összefüggéseket adjanak meg. Azt lehetne gondolni, hogy csak ezek, a kutatások előterében álló kérdések jelentenek problémát az elemi részek elméletében. Valójában azonban ez nincs így. Az elektron, amelyre azt mondhatnánk, hogy a legismertebb elemi részecske, ugyancsak elég sok problémát ad az elméleti fizikusoknak. Pedig igen sok tulajdonságát ismerjük, a fizika legutóbbi évszázadának legtöbb felfedezésében főszereplő volt az elektron. Már M. Faraday elektrokémiai törvénye (1833) utalt arra, hogy az anyag atomossága az elektromosság atomosságával kapcsolatos: sejteni lehetett, hogy van a természetben egy legkisebb töltésadag. Faraday azonban igen óvatos volt: nem feltételezett többet annál, mint amit kísérletei kényszerítő erővel mutattak. Ő az atomizmust inkább hasznos feltetésnek tekintette, mint kétségtelenül igazolt ténynek. Az elektromosság akkoriban ismert más jelenségei még nem utaltak nyíltan egy legkisebb töltés létezésére. Más irányú tapasztalatok csak 1869 után kezdtek gyűlni, amikor a vákuumtechnika annyira kifejlődött, hogy a (már Faraday által is használt) gázkisülési csövekben meg lehetett figyelni a katódsugárzással kapcsolatos jelenségeket (amelyeket ma pl. a rádiók »varázs-
szem«-éről jól ismerünk). 1884-ben jött Schuster arra a gondolatra, hogy a katódsugárzás anyagi részecskékből (korpuzkulákból) áll, amelyek a csőben levő gázok molekuláinak szétbomlása révén keletkeznek, és az anód-katód közötti elektromos térben felgyorsulnak. A W. C. Röntgen által

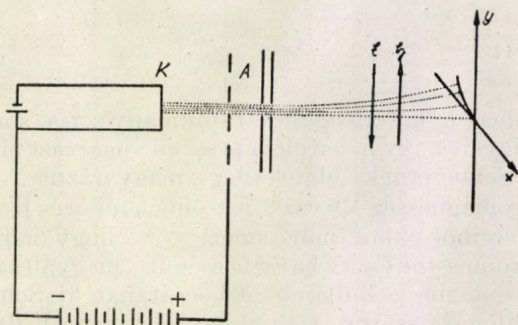
1895-ben a katódsugarak tanulmányozása során megfigyelt nagy áthatolóképességű sugárzást sikerült Schusternek elméletileg magyaráznia. Az elektromágnesség Maxwell-féle elméletéből és Hertz kísérleteiből ekkor már ismert volt, hogy mozgó elektromos töltések, ha sebességük megváltozik, elektromágneses hullámokat bocsátanak ki. Schuster felfogása szerint a Röntgen-féle sugarak ilyen elektromágneses hullámok, amelyek a katódsugarakban mozgó töltések lefékezésékor keletkeznek.

A katódsugarakról ekkor még jóformán nem tudtak többet, mint azt, hogy töltések áramlása. A töltéshordozók »egyéniségére« vonatkozó tudásunk elsősorban Lénárd Fülöp, J. J. Thomson és P. Zeeman fontos megfigyeléseiből és H. A. Lorentz elméleti megfontolásaiából származik. Lénárdtól való az első becslés a katódsugarakban haladó töltéshordozók — melyeket Stoney elektronoknak nevezett el — »méreteire«. Ő vékony alumíniumlemezen tanulmányozta a katódsugarak áthatolóképességét és azt találta, hogy ha az abban haladó töltések méreteinek sokkal kisebbeknek kell lenniök, mint az atomoknak, akkor már ismert, 10^{-8} rendű a kiterjedése. J. J. Thomson ugyanebben az időben az elektron tömegének meghatározására végzett méréseket. Elektromos és mágneses tér hatásának tett ki katódsugarakat és a mért eltérésekből (1. ábra) meg tudta határozni töltésük és tömegük viszonyát (fajlagos töltés). Az elektron töltése negatívnak bizonyult. Igen fontos felismerés volt az, hogy a kapott érték teljesen független a csőben levő gáz vagy a katód anyagi minőségétől. Másik fontos eredmény az volt, hogy az elektronok töltésének és tömegének viszonya kb. 2000-szer akkora, mint az ionizált hidrogénatom fajlagos töltése. Nem látszott valószínűnek, hogy itt az egyes töltéshordozók töltése 2000-szerese legyen az elektrokémiából, vagy a csősugarakból jólismert pozitív ionokénak, hiszen Schuster feltételezése szerint ezek a töltéshordozók semleges molekulák szétbomlása révén keletkeztek. Ezért feltételezték azt, hogy az elektron töltése ugyanakkora, mint egy hidrogénioné, csak hogy negatív. Ekkor viszont a tömegének kellett kb. 2000-szer kisebbnek lennie a hidrogénatom tömegénél. Ettől fogva

* Ebben a cikkben nem foglalkozunk az elektron spinjének és mágneses momentumának kérdésével és az elektron nem-elektromágneses természetű kölcsönhatásaival. [Az utóbbival kapcsolatban lásd Marx György cikkét a Fizikai Szemle III. évf. 1. számában: A β -bomlás és a neutrínó.]

a katódsugarak töltéshordozóinak határozott egyénisége kidomborodott: az atomoknál sokkal kisebb tömegűek és mindenféle anyagban jelen vannak, tehát bizonyára az atomok alkotórészei.

Thomson eredményei alapján nyomban megalkotta az első atommodellét. Elképzelése szerint az atom egy kb. 10^{-8} cm nagyságú pozitív gömbalakú töltésfelhő, amely kifelé azért látszik semlegesnek, mert benne negatív elektronok vannak.



1. ábra

Thomson e/m -mérési módszere. A K katódból kilépő elektronok az A anód hatására felgyorsulnak és ezután egymással párhuzamos és az elektronok sebességére merőleges ξ elektromos és ϵ mágneses térbe jutnak. Ezek eltérítő hatása olyan, hogy a különböző sebességű elektronok az x, y síkban parabola mentén csapódnak be. A parabola méreteiből kiszámítható az e/m fajlagos töltés.

Thomson elképzelései erős támaszra találtak egy optikai felfedezésben, amely Zeeman névéhez fűződik. Ő még egy évvel Thomson mérései előtt tapasztalta, hogy ha egy fényforrást mágneses térbe helyezünk, az általa kibocsátott fény rezgésszáma megváltozik. Pontosabban mondván az egyes színeképvonalak két, ill. három részre válnak szét. Lorentz kísérlete meg a jelenség elméleti magyarázatát az elektronról alkotott — előbb elmondott — felfogás alapján. Feltételezte, hogy az anyag által kibocsátott fény úgy jön létre, hogy az atomban levő elektronokra, ha egyensúlyi helyzetükből kimozdulnak, visszatérítő erő hat, amelynek hatására rezgőmozgást végeznek. A rezgő elektronok — gyorsulásuk miatt — sugárzást bocsátanak ki. Ha mágneses tér hatása alá helyezük a fényforrást, az módosítani fogja az elektronok rezgésének frekvenciáját. Ez okozza a színeképvonalak eltolódását, ill. szétválását.

Lorentz számítással meghatározta a rezgésszám $\Delta\nu$ megváltozását és azt találta, hogy az

$$\Delta\nu = \frac{eH}{4\pi mc},$$

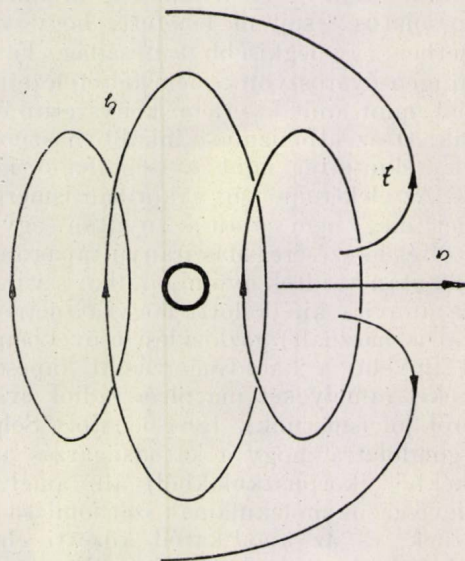
ahol H a mágneses térerősség, c a fény sebessége, e az elektron töltése és m a tömege. Az elektron elméletének nagy sikere volt az, hogy az e/m

fajlagos töltés Lorentz számításai és Zeeman mérései alapján ugyanakkorának adódott, mint Thomson kísérletei alapján.

Az első sikert követte a többi. Lorentz kitűzte az elektronelmélet programját: az anyagok összes elektromos, mágneses és optikai tulajdonságait értelmezni akarta annak alapján, hogy az elektromos és mágneses teret, a fényhullámokat az anyagban az elektronokkal való kölcsönhatás módosítja.

Az elmélet nagy sikerei közé tartozik a fényhullámok törésmutatójának a rezgésszámtól való függésének értelmezése, a rezgőmozgást végző elektronok rezonanciájának figyelembevételével, a diamágneses jelenségek magyarázata, amelyről a Fizikai Szemle olvasói Neugebauer Tibor cikkében részletesen olvashattak, a fényszórásnak, a színeképvonalak szélességének és sok más jelenségnek elméleti értelmezése.

Az elméleti kutatás — látva az elektronok jelentőségét az anyag és elektromágneses tér kölcsönhatásainak magyarázatánál — hamarosan kiterjeszkedett magának az elektronnak a vizsgálatára. Meghatározták az elektromos töltések és az elektromágneses terek közötti kapcsolatot megadó Maxwell-féle egyenletekből a mozgó elektron által keltett elektromos és mágneses teret. A számítás eredménye az volt, hogy ha egy elektron mozgásba jön, úgy mágneses tér alakul ki körülötte. A mágneses tér időbeli változása miatt az elektron mozgását gátolni igyekvő elektromos térerősség indukálódik (éppúgy, amint az indukciós tekercsbe kapcsolt áram mágneses tere akadályozza az áram folyását — Lenc-törvény (1. 2. ábra).



2. ábra

Ha az elektron v sebességét megnöveljük, a körülötte kialakult ξ mágneses tér változása folytán elektromos erőter indukálódik. Ez az elektron helyén párhuzamos annak sebességével, s minthogy az negatív töltésű, gátolja v növekedését.

Ez az eredmény igen érdekes. Tegyük fel egy pillanatra, hogy az elektronnak nincsen tömege, csak töltése. A tömegnélküli elektron gyorsításához — azt hinnénk első látásra — nem kell erőt kifejtenünk. Az előbbi megdölgölás azt mutatja, hogy ez nincs így: a felgyorsítás pillanatában fellépő indukált elektromos térerősség hatását le kell győznünk; mégis kell erőt kifejtenünk az elektron gyorsításához. — A tömegnélküli elektronnak az elektromágneses hatások folytán *tehetetlensége van!* Ezt a felfogást úgy is ki lehet fejezni, hogy az elektronnak mechanikai tömege nincs, hanem elektromágneses tömege van. Úgy látszik tehát, hogy a mechanika egyik alapvető mennyiségét, a tömeget sikerült visszavezetni egy elektromos mennyiségre, a töltésre! Ez igen vonzó gondolat. Más mechanikai mennyiségek megfelelőjét is megtalálhatjuk az elektromos mennyiségek között. Az elektron mozgásbahozatalakor kialakított mágneses tér létrehozására munkát kell végezni. A mágneses energia az elektron sebességének négyzetével arányosnak adódik és ez előtt, mint szorzó, ott áll az elektron tehetetlenségét megszabó elektromágneses tömeg fele. Azaz: a mágneses energia éppen a mozgási energia megfelelőjének látszik. — A mechanikának az elektromágneses jelenségekre való visszavezetésével különösen Max Abraham foglalkozott sokat 1900 körül, a mechanikai impulzust is sikerült elektromágneses mennyiségekre visszavezetnie. Az elektromágneses mechanika nagy sikerének tekintették azt, hogy Abraham számításai szerint az elektromágneses tömeg nem állandó mennyiség, hanem a sebességtől függő. Ebben az időben váltak ismeretessé Kaufmann kísérleti eredményei, aki a fénysebességet megközelítő sebességű elektronoknál tömegnövekedést tapasztalt. Abraham nyomban levonta a következtetést: az elektron tömege nem »mechanikai«, hanem tisztán »elektromágneses« tömeg.

Az elektronelmélet sikerei mellett hamarosan megmutatkoztak fogyatkozásai is. Az egyes anyagok színképvonalainak frekvenciáit nem lehetett az atomban rezgő elektron feltételezésével elméletileg levezetni. A fémek fajhőjére is helytelen érték adódott az elektronelméleti elképzelések alapján.

A tapasztalattal össze nem egyeztethető eredmények mellett elvi nehézségek is jelentkeztek az elméletben. Az elektron belső szerkezetét, töltéeloszlását kísérletileg nem lehetett felderíteni, ezért Lorentz és Abraham elméleti megfontolásokkal próbált következtetni arra. Számításai során kiadódott, hogy elektront nem lehet pontszerűnek tekinteni, ekkor ugyanis az elektromágneses tömegre végtelen nagy érték adódnék. Az elektromágneses tömegre akkor kapták a kísérletileg megfigyelt $m = 9,105 \cdot 10^{-28} g$ értéket, ha az elektront kicsiny gömbnek tekintették és ennek sugarát $r_0 = 2,8 \cdot 10^{-13} cm$ nagyságrendűnek vették. Itt kezdődtek a nehézségek. Egy ilyen kiterjedt töltésgömb tisztán elektromos

erők hatására nem lehet egyensúlyi állapotban, okvetlenül szétvetné a »részei« között ható elektrosztatikus taszítás. Erre Poincaré hívta fel a figyelmet. Ő úgy próbálta megoldani a nehézségeket, hogy feltételezett egy »kohéziós nyomást«, amely a taszító elektromos erőkkel egyensúlyt tart.

Ez azonban logikai ellentmondást visz be az elméletbe; ugyanis az elektronelmélet célkitűzése az, hogy az anyag alkotórészeinek kölcsönhatását tisztán elektromos erőkre vezesse vissza. Ugyanakkor viszont az elektron elméletében a mondott okok miatt be kell vezetni a *nem elektromos természetű* kohéziós nyomást. Ez végeredményben azt jelenti, hogy az elmélet nem képes ellentmondásmentesen teljesíteni célkitűzését.

Egy másik hasonló természetű ellentmondás az, hogy az elektronelmélet feltételezése szerint az anyag elektromos töltést viselő alkotórészeinek kölcsönhatását az éter közvetíti, amelynek mechanikai tulajdonságokat: kompresszibilitást, rugalmasságot stb. tulajdonítottak. Ez ismét arra mutat, hogy a jelenségek *tisztán* elektromágneses értelmezése nem lehetséges, mindenképpen kénytelenek vagyunk az elméletbe valami idegen elemet beengedni.

Forradalmian új szempontokat adott az elektronról alkotott felfogásunkhoz a relativitáselmélet, mely 1905-ben született meg Lorentz és Poincaré előkészítő munkája nyomán, Einstein felismerései alapján. A relativitáselmélet eredményeiből kiadódott, hogy az anyagi testek tömege a következőképpen függ a v sebességtől:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Einsteinnek ez az eredménye attól függetlenül érvényes, hogy mechanikai vagy elektromágneses tömegről van-e szó.

Amint az elektron fajlagos töltésének meghatározására szolgáló, Kaufmann által kezdeményezett mérések pontossága megengedte, összehasonlították a mérési eredményeket az Abraham-féle elektronelméletből levezetett képlettel és a relativitáselmélet idézett képletével. Különösen Guye és Lavanchy (1921) pontos mérési eredményeinek feldolgozása során tűnt ki, hogy a relativitáselmélet képletével jó egyezés áll fenn, viszont az Abraham-féle képlettől szisztematikus eltérés mutatkozik.

A relativisztikus tömegnövekedési képlet igazolása az elmélet nagy sikere volt, de az elektron tulajdonságainak megismeréséhez vezető úton csak újabb nehézséget vetett fel. Abraham azt gondolta, hogy tömegnövekedés csak elektromágneses tömeg esetén lép fel, s éppen ezt a jelenséget akarta arra használni, hogy vele az elektron tömegének elektromágneses eredetét bizonyítsa.

A relativitáselmélet képlete nem adott lehetőséget ilyen döntésre, mert mindenféle tömegre egyaránt érvényes.

Abraham és Einstein képlete között azért van eltérés, mert Abraham feltételezte, hogy az elektron merev, töltéseloszlása nem változik a mozgás folytán. A relativitáselmélet viszont arra az eredményre vezet, hogy az elektron a mozgás irányával párhuzamos irányban belapul.

Az elektron elektromágneses tömegével kapcsolatos nehézségek azonban a relativitáselméletben sem küszöbölődnek ki. Nevezetesen az elektromágneses tömegre csak azzal a feltétellel érvényes az

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

tömegnövekedési képlet, ha az elektronban ható belső erők egyensúlyban vannak, vagyis, ha a taszító elektrosztatikus erőket valamilyen »kohéziós nyomás« ellensúlyozza. Ellenkező esetben a tapasztalatnak ellentmondó

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \left(1 + \frac{v^2}{3c^2} \right)$$

képlet volna érvényes.

Az elektron elektromágneses tömegének beható vizsgálatával Lorentz foglalkozott. Ő azt a kérdést vetette fel, hogy hogyan hat vissza az elektronra a saját elektromágneses tere.

A választ a következő megfontolás alapján adta meg: Képzeljük az elektront kicsiny gömbnek, amelyben a töltés gömbszimmetrikusan oszlik el (például az egész térfogatában egyenletes sűrűséggel, vagy a felületén). Az elektron mozgása során a töltéseloszlás egyes részeiből elektromágneses hatások indulnak ki, amelyek c sebességgel terjednek tova. Az így kialakuló tér az elektronra visszahat. Az így előálló »sajáterő«:

$$\mathfrak{R}_s = -\frac{4}{3} \frac{U_0}{c^2} \ddot{\mathbf{r}} + \frac{2}{3} \frac{e^2}{c^3} \dot{\mathbf{r}} + O\left(\frac{r_0}{\lambda}\right)$$

Az első tagban U_0 az elektron elektrosztatikus energiáját jelenti, $\ddot{\mathbf{r}}$ a gyorsulást, $O\left(\frac{r_0}{\lambda}\right)$ pedig olyan tagokat, amelyeknek nagyságrendje a megelőzőknél legalább annyiszor kisebb, mint amennyiszor az elektronsugár kisebb az elektron által kibocsátott elektromágneses hullámok hullámhosszánál. Ez a tag a gyakorlatilag előforduló esetekben elhanyagolható.

Lorentz szerint az elektron mozgásegyenlete így írandó fel:

$$m_m \ddot{\mathbf{r}} = \mathfrak{R}_k + \mathfrak{R}_s = \mathfrak{R}_k - \frac{4}{3} \frac{U_0}{c^2} \ddot{\mathbf{r}} + \frac{2}{3} \frac{e^2}{c^3} \dot{\mathbf{r}} + O\left(\frac{r_0}{\lambda}\right)$$

Itt \mathfrak{R}_k jelenti az elektronra ható külső (nem saját-) erőt. Az egyenlet azt fejezi ki, hogy az elektron (mechanikai) tömegének és gyorsulásának szorzata a külső és sajáterők összegével egyenlő. A mozgásegyenlet még így is írható:

$$\left(m_m + \frac{4}{3} \frac{U_0}{c^2}\right) \ddot{\mathbf{r}} = \mathfrak{R}_k + \frac{2}{3} \frac{e^2}{c^3} \dot{\mathbf{r}} + O\left(\frac{r_0}{\lambda}\right)$$

Ez az egyenlet formailag teljesen olyan, mintha az elektron tömege nem m_m , hanem $m = m_m + 4U_0/3c^2$ volna. Valóban, az U_0 elektrosztatikus energiával arányos tag éppen az elektron említett elektromágneses tömegének kifejezése.* A kísérletekben, amelyekben az elektron tömegét határozzák meg, csak a teljes, $m = m_m + 4U_0/3c^2$ tömeget lehet észlelni. Ezért az elektron tömegéből, sajnos, nem lehet következtetni elektrosztatikus energiájára és ezen keresztül alakjára és töltéseloszlására.

Lorentz egyszerűségénél fogva előnyben részesítette azt a feltevést, hogy az elektron m_m nem-elektromágneses (mechanikai) tömege zérus, és az egész m tömeg $4U_0/3c^2$ -el egyenlő. Az elektron stabilitását biztosító kohéziós nyomás önkénymentes bevezetésére Lorentz sem talált módot és elmélete ezért nem adott minden kérdésre végső választ.

A Lorentz-féle mozgásegyenlet elvi fogyatékoságai mellett bizonyos sikerekkel dicsekedhet. Az egyenlet közelítő megoldásával sikerült az atomban rezgő elektronok mozgását megvizsgálni, és itt az adódott eredményül, hogy az elektron csillapodó rezgőmozgást végez és így csak véges hosszúságú hullámvonulatokat képes kibocsátani, ami már az optikából régebről ismert volt.

Az elektron mozgásának tanulmányozása felé akkor fordult fokozottabban a figyelem, amikor Rutherford az egyes anyagokon végzett α -részecske szórás kísérletekből arra következtetett, hogy az elektronok az atomban nem helyezkedhetnek el egy 10^{-8} cm méretű pozitív töltésű gömbben, meghatározott nyugalmi helyzetben, hanem egy kb. 10^{-12} – 10^{-13} cm sugarú pozitív vonzócentrum (atommag) körül kell keringeniük kb. 10^{-8} cm távolságban.

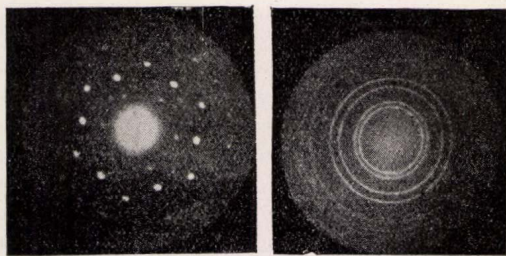
Rutherford elgondolásának nagy nehézsége volt az, hogy az elektronnak sugárzása révén fellépő energiavesztés miatt igen rövid idő alatt ($\sim 10^{-23}$ sec) spirális pályán bele kell esnie a magba.

Nyomban támadtak elméleti próbálkozások a Lorentz-egyenletek olyan módosítására, amelyek megengedik az elektronok stabilis keringését a mag körül. Ezek azonban inkább matematikai természetűek voltak, mint fizikai lényegyet érintők. Bohr atomelméletének nagy sikere (az egy-

* Feltűnhetik, hogy a relativitás elméletének eredményével szemben, amely szerint U_0 energiának a tömege U_0/c^2 , itt fellép egy $4/3$ tényező. Ennek oka az, hogy nem vezettük be az elektront összetartó kohéziós nyomást. Ennek figyelembevételével tűnik csak el a $4/3$.

szerűbb atomok szinképének értelmezése, a stabilis elektronpályák meghatározására szolgáló szabályok, az elemek periodusos rendszerének magyarázata) azt a meggyőződést juttatták előtérbe, hogy az atombeli mozgásokra egyáltalán nem lehet alkalmazni Lorentz egyenletét, hanem itt az elektron viselkedésére a Bohr-féle kvantum-szabályokból lehet következtetni.

A Bohr-elmélet továbbfejlesztésére irányuló törekvés vezette de Broglie-t az anyag hullámtulajdonságainak felfedezésére. Ezt az egész fizikai világképünket átalakító felismerést hamarosan követte a kísérleti igazolás: az elektronokkal előállított interferencia (3. ábra) (Davisson



3. ábra

Elektronokkal előállított interferencia-képek Laue és Debye-Scherrer módszere szerint. A fehér foltok, ill. gyűrűk mentén a ψ -hullám intenzitása nagy, ezért az elektronok a legnagyobb valószínűséggel ezekre a helyekre esapódnak be.

és Germer). A hullámok tehát jelen vannak pl. egy katódsugár elektronnyalábjában, csak még azt nem tudjuk, hogy mi hullámszerű? Az elektron anyaga van hullámszerűen elkenve a térben? A fizikusok nem ezt a felfogást fogadták el, mert ez nehézségekre vezetett. M. Borntól származik az elektronhullámot jellemző ψ függvény ma általánosan elfogadott értelmezése: Az elektronok pontszerűek, csak a mozgástörvényeik olyanok, hogy bizonyos helyeken nagyobb valószínűséggel (»szívesebben«) tartózkodnak, mint másutt. Az elektronnyaláb viselkedését leíró ψ hullámfüggvény $|\psi|^2$ abszolút-értékének négyzete (a hullám intenzitása) éppen azt adja meg, hogy valamely pont bizonyos környezetében milyen valószínűséggel található a pontszerű elektron. Pontszerűnek azért tekintik az elektront az elméleti fizikusok, mert az elektron viselkedését lehető legpontosabban leíró Dirac-féle hullámegyenlet sem tartalmaz olyan kifejezést, amely az elektron nem pontszerű voltát tükrözné.

*

Az elektronok hullámtulajdonságainak és az azokat leíró kvantummechanikának felfedezése után szinte általánosan elfogadták az elektron pontszerűségéről alkotott felfogást.

Ilyen vélemények még a klasszikus elmélet oldaláról is elhangzottak. Frenkel 1925-ben fejezte ki azt a nézetét, hogy az elektron *elemi*, tehát oszthatatlan volta nem egyeztethető össze a kiterjedt elektron Abraham- és Lorentz-féle modelljével. Ezért ő az elektront pontszerűnek tekintette. Ez a felfogás azonban azzal a nehézséggel jár, hogy egy ponttöltés elektrosztatikus energiája végtelen nagy $\left[\sim \left(\frac{e^2}{r} \right)_{r=0} \right]$, s így a pontszerű elektron elektromágneses tömegére végtelen nagy érték adódna.

A pontszerű elektron elméletében még szaporodtak a nehézségek, amikor az elektromágneses sugárzás kvantum (foton) tulajdonságait kezdték tanulmányozni a kutatók.

A sugárzáselmélet arra az eredményre vezetett, hogy ha pl. egy hőszugárzással telt üreg hőmérsékletét egyre csökkentjük és ilyen módon elvonjuk a sugárzás energiáját (elfogyasztjuk a fotonokat), úgy az üregben levő energiának egy bizonyos részét nem lehet elvonni. Ha ν jelenti valamely, az üregben jelen volt fényhullám rezgésszámát, úgy $h\nu/2$ az elvehetetlen energiának az illető frekvenciához tartozó része az elmélet szerint. Minthogy az üregben végtelen sokféle rezgésszámú fény lehetséges, ezek összes »elvehetetlen« energiája — vagy szokásos elnevezése

szerint: zéruspontenergiája $-\sum_{k=0}^{\infty} h\nu_k/2$ végtelennek adódik. Ezt szemléletesen úgy lehet fel-

fogni, hogy a fény- és hőhullámokban jelen levő elektromágneses rezgések még akkor sem szűnnek meg egészen, ha a hőszugárzó üreget az abszolút zérusfokra hűtjük is energiaelvonással. (A zéruspontrezgések következményeit legújabb kísérletileg igazolták.)

Az elektron természetesen mindenütt ki van téve ezen »zéruspontrezgések« hatásának és követi őket. Az elektron e kényszerített rezgőmozgásának energiája a számítás szerint végtelennek adódik, ha pontszerűnek tekintjük.

Az elmondottakból az látható, hogy noha a hullámmechanika kézenfekvővé tette az elektron pontszerűségét, annak elfogadása nagy nehézségeket von maga után. Mind az *elektrosztatikus sajátenergia*, mind a transzverzális zéruspontrezgések hatására kialakuló *transzverzális sajátenergia* végtelennek adódik. Az előbbi már a kvantum jelenségek felfedezése előtt, a klasszikus elméletben is fennállt, a transzverzális sajátenergia a kvantumelméletben lépett fel ($\hbar \rightarrow 0$ esetén a zéruspontrezgések eltűnnek.)

Az elektronelméletben a kvantum hatások figyelembevétele nemhogy kiküszöbölte volna a klasszikus elmélet abszurd eredményeit, hanem újabb divergens tagok léptek fel.

Ezek a tények arra indították Diracot, hogy a nehézségeket először a klasszikus elméletből igyekezzék kiküszöbölni. Véleménye szerint egy ellentmondásmentes klasszikus elektronelmélet át-

ültetése a kvantumelméletbe a kvantumos jelenségek kevesebb nehézséggel járó magyarázatát tenné lehetővé.

Dirac (1938) azt tűzte ki célul, hogy a Lorentz által végzett számításokat az elektron mozgásegyenletének meghatározására úgy módosítsa, hogy az előbbivel szemben emelhető kifogásokat kiküszöbölje.

Az első kérdés: fenntartható-e az elektron tömegének elektromágneses eredetére vonatkozó Lorentz-féle elképzelés? Dirac lemond erről, arra hivatkozva, hogy a neutron felfedezése óta (1932) ismerünk olyan tömeget, amelynek nem elektromágneses természete biztos. Ezért nem tenné egységesebbé a tömeg eredetéről való felfogásunkat, ha az elektron esetében el is fogadnánk Lorentz feltevését.

Dirac, Frenkel érveléséhez csatlakozva, pontoszerűen feltételezi az elektront. Így neki is szembe kell néznie a végtelen nagy elektrosztatikus sajátenergiával. Ez a nehézség így küszöbölhető ki: valamely töltésselátás energiája az a munka, amelyet akkor végzünk, amikor a szóbanforgó töltésselátást létrehozunk, összerakjuk egyes töltésadagokból. Az elektron esetében ilyenről nem lehet szó, hiszen az egy elvileg oszthatatlan, legkisebb töltésadag. Ezért a végtelennek adódó elektrosztatikus sajátenergiát, mint fizikailag értelmetlen kifejezést elhagyjuk. Ez az eljárás önkényesnek tűnhetik, Dirac azonban nem egy fizikailag minden tekintetben kielégítő elméletre törekszik, hanem egyelőre csak egy ellentmondásmentes számítási módra, amelyből a fizikai eredmények kiszámíthatók és amelyben divergenciák nem lépnek fel.

Eredménye a következő: Lorentz egyenlete egy, az energia- és impulzus-megmaradási tételekre alapozott, relativisztikusan invariáns számítás eredményeként adódik, és benne már nem szerepelnek az elektronsugárral arányos tagok $\left[O\left(\frac{r_0}{\lambda}\right) \right]$. Dirac szerint az elektron közelítésektől mentes mozgásegyenlete

$$m \ddot{\mathbf{r}} = \mathfrak{R}_k + \frac{2}{3} \frac{e^2}{c^3} \dot{\mathbf{r}} \cdot \dot{\mathbf{r}} \mathbf{r}.$$

Sajnos, az egyenlet megoldásai között vannak olyanok, amelyek fizikailag értelmetlenek, pl. ilyenek: szabad elektron magára hagyva nagymértékben gyorsuló mozgást végez,* vagy a H -atomban a proton körül keringő elektron ahelyett, hogy a sugárzási veszteségek miatt beleszökken a magba, spirális alakú pályán távolodik tőle. Dirac ezzel kapcsolatban feltételezte, hogy egyenletének csak bizonyos »fizikai« megoldásai felelnek meg a valóságban létrejövő moz-

* A mozgást az $\mathbf{r} = \mathbf{r}_0 \exp(3 mc^2 t / 2e^2)$ képlet írja le. Minthogy az elektron külső erő hatása nélkül gyorsul, ezt az esetet az irodalomban »önmagát gyorsító elektron«-nak nevezik.

gásoknak, míg az előbb említettek, mint »nem fizikai« megoldások, elvetendőek. — Ez az eljárás nem egyértelmű és önkénymentes, hiszen ilyen módon bizonyos kezdeti feltételek mellett egyáltalán nem jöhetne létre mozgás. Eliezer azt is megmutatta, hogy pl. a H -atom magja körül keringő elektron esetében egyáltalán nincs »fizikai« megoldás.

Számos javaslat keletkezett a nehézségek megoldására, amelyek közül a legvalószínűbbnek Möglich, Rompe és Caldirola elgondolása látszik, azonban a problémát végleg megoldottnak máig sem tekinthetjük. E szerzők feltételezik azt, hogy az elektron viselkedése nem folytonosan változó időben történik, hanem az idő mintegy ugrásszerűen telik, $\tau = 2e^2/3mc^3 = 10^{-23}$ sec adagokban. A mozgást nem differenciaegyenlet írja le, hanem differenciaegyenlet, amely azt fejezi ki, hogy az elektrorra a t pillanatban ható erő a $t + \tau$ időben érvényes sebességét határozza meg. A feltevés alapján igen ésszerű mozgásegyenletekre jutnak, amelyek pl. azt adják eredményül, hogy szabad elektron konstans sebességgel mozog, a H -atomban keringő elektron a sugárzási veszteségek miatt a maghoz közeledik, energiája csökken stb.

Az említett kutatók a Dirac-féle elméletből adódó helytelen eredmények okát abban látják, hogy Dirac egyenlete az elektron mozgását szerintük helyesen leíró

$$\mathfrak{R}_k(t) = m \frac{v(t + \tau) - v(t)}{\tau}$$

differenciaegyenletből τ magasabb hatványainak meg nem engedett elhanyagolásával adódik.

Az idő kvantáltságának bevezetésére azonban megnyugtató elméleti alapok nincsenek, ha az sok nehézséget meg is szüntetne.

*

Az elektronelmélet sajátenergia-problémájával Born, Infeld és Bopp foglalkoztak. Ők a Maxwell-egyenleteket úgy változtatták meg, hogy 1. az elektrotechnikában használatos télerősség-értékek esetén ne változzék meg alakjuk, 2. a pontoszerű elektron 10^{-13} cm nagyságrendű környezetében úgy változzék meg a tér, hogy az elektrosztatikus sajátenergia végesnek adódjék. Elméletüknek számos vonzó vonása van, azonban matematikai nehézségek állnak a továbbfejlesztés útjában; az önmagát gyorsító elektron problémájára ezek az elméletek nem adnak választ. (A Born—Infeld elmélet a vákuum polarizációjára vonatkozóan tett érdekes kijelentéseket.)

*

Az előbbiekből arra kívántunk rámutatni, hogy annak ellenére, hogy az elektron szinte az utolsó félévszázad minden jelentős fizikai felfedezésében (Röntgen, rádióaktivitás, tömegnöve-

kedés, anyaghullámok stb.) szerepet játszott és így sok tulajdonsága ismert (ezeket használja fel a technika számos elektronikus berendezésben), mégsem mondhatjuk, hogy az elektronnál ellentmondásmentes felfogás alakult ki.

Máig sem tisztázott kérdés az elektron »struktúrájának« és a tömeg természetének kérdése, ezenkívül nem ismerjük az elektronnak a klasszikus elmélet keretében érvényes, a sugárzási visszahatásról is számotadó, helyes mozgásegyenletét.

Az elektron szerkezetét érintő elméletek két irányban próbálkoztak: Vagy, mint Lorentz, feltették, hogy az elektron kiterjedt töltésgömb, amelynek elektrosztatikus sajátenergiája véges. Eszerint a sajátenergiához tartozó tömeg ad számot az elektronnak egész tehetetlenségéről. Más szóval e felfogás szerint az elektron teljes tömege elektromágneses tömeg. Nem lehetett azonban értelmezni azoknak az erőknek az eredetét, amelyek az egynemű töltésből álló elektronban fellépő taszítással egyensúlyt tartanak. (Amint említettük, ilyen összetartó erők létezését a relativisztikus tömegnövekedési képlet érvényessége is megköveteli.)

A másik irány Frenkel és Dirac felfogása szerint úgy került meg az elektron struktúrájának kérdését, hogy azt pontszerűnek tekintette. Ekkor azonban a tömeg természete magyarázatlan maradt, és a sajátenergia végtelennek adódott. A végtelen sajátenergia kiküszöbölése máig is megoldatlan feladat. Az egyenletekből formálisan úgy szokták eltávolítani, hogy felteszik, hogy a végtelen m_e elektromágneses tömeg mellett létezik még egy m_m nem elektromágneses természetű, mechanikai tömeg. A kísérletekben a kettő elkülönítve nem észlelhető, csak együtt, ezért fizikailag észszerű m_m -et úgy megállapítani, hogy

$$m_e + m_m = m_0 = 9,105 \cdot 10^{-23} \text{ g}$$

legyen. Ezt az eljárást nevezzük a tömeg renormálásának. Természetesen ez nem végleges megoldás, hanem ama hallgatólagos feltevésen alapszik, hogy egy későbbi, jobb elmélet, amely, amellet, hogy a mostani elmélet tapasztalat által igazolt következményeit szolgáltatja, kis térrészekben úgy fog módosulni, hogy m_e -re véges eredményt ad. Ekkor már m_m is véges lesz és nem $-\infty$.

A mozgásegyenlet problémájában a cél az, hogy a jól ismert megmaradási tételekkel és a relativisztikus invariancia követelményeivel összhangban álló egyenlethez jussunk, amely minden esetben ésszerű, a tapasztalattal összhangban álló eredményt ad. Minden tekintetben kielégítő válasz erre a problémára nincs ma még.

A fenti nehézségekhez, amelyek már a klasszikus elmélet keretei között is fellépnek, a kvantumtulajdonságok figyelembevételkor még hozzájárul a transzverzális sajátenergia problémája.

Az elmélet fejlődése elsősorban akkor várható, ha a 10^{-13} cm nagyságrendű térrészekben és a 10^{-23} sec nagyságrendű időtartamok alatt lefolyó jelenségekről való tudásunk szaporodik, valamint az elektron nem elektromágneses természetű tulajdonságainak megismerésétől.

Einstein szavai szerint »az elektron *idegen* az elektrodinamikában«; a tisztán elektromágneses hatásokat figyelembe vevő elektronelméletek Abrahamtól Diracig és azóta is állandó nehézségekkel küzdöttek. A nem elektromágneses tulajdonságokról azonban nem tudunk sokat, ezért a nehézségekből kivezető Poincaré-féle »kohéziós nyomást« nem lehetett mélyebben megindokolni.

A fejlődés útját Arnold Sommerfeld szavai így jelölik meg »Elektrodynamik« c. könyvében: »Csodálatos volna, ha az elemi részek alapproblémáját szellemes tanácsokkal lehetne megoldani. Ma meg vagyunk győződve arról, hogy ehhez még nagyon sok kísérleti előkészületre lesz szükség.«

Györgyi Géza

Központi Fizikai Kutató Intézet

Irodalom:*

1. Lorentz: Theory of Electrons. Leipzig. 1916.
2. Rosenfeld: Theory of Electrons. Amsterdam. 1951.
3. Eliezer: Reviews of Modern Physics. 19, 147, 1947.
4. Steinwedel: Fortschritte der Physik. 1, 1. 1953.
5. Ivanenko, Szokolov: Klasszikus térelmélet. Akadémiai kiadó. 1954.

* Ez a felsorolás csak a legátfogóbb, összefoglaló közleményekre szorítkozik, amelyeken eredeti munkákra vonatkozó utalások is találhatóak.

Társulatunk az ezévi vándorgyűlést augusztus végén Egerben tartja meg. Előadások bejelentésével és a részvétellel kapcsolatos tennivalókról Társulatunk tagjait körlevélben értesítjük. Az érdeklődőknek felvilágosítást nyújt a Társulat titkársága (Telefon: 187-423.)

A radióaktív α -bomlás elméletéről*

I. A Geiger—Nuttall-törvény régi és egyik újabb alakja

A természetben található anyagok egy része α -bomlást mutat. Ez annyit jelent, hogy az illető elem atommagjaiból önként, minden külső behatás nélkül, bizonyos jól definiált elektromos töltéssel és tömeggel rendelkező részecskék, ú. n. α -részek lépnek ki. A kísérletek kiderítették, hogy az α -részecskék összetett részecskék, nevezetesen négy elemi építőközből: két protonból és két neutronból épülnek fel.

Az α -részek kibocsátását rendszerint, de nem mindig, elektromágneses, ú. n. γ -sugárzás is követi.

Ha mármost az α -bomlás természetét közelebbről meg akarjuk vizsgálni, mindenekelőtt az a feladat, hogy a bomlásban szerepet játszó mennyiségek közül minél többet lemérjünk és próbáljuk meg a mennyiségek közötti összefüggést lehetőleg zárt formulákban megadni. Ilyen mérhető mennyiség például az α -rész energiája, amit megmérhetünk úgy, hogy mágneses térben az α -sugarakat körpályára kényszerítjük. Ha az α -rész energiája nagy, a kör sugara is nagy, ha kicsi, akkor a sugár is kicsi. A kör sugarának ismeretében az α -rész energiája megfelelő matematikai összefüggés segítségével kiszámítható. Mérhetjük úgyszintén azt az időt is, amely alatt az α -sugárzás intenzitása egy bizonyos tetszőleges előző értékhez viszonyítva felére (felezési idő: T) vagy e -ed részére (T_e) csökken. Az $1/T_e$ értéket bomlási állandónak nevezzük és szokásosan λ -val jelöljük.

Nem sokkal az α -bomlás felfedezése után, 1911-ben Geiger és Nuttall, akik erre vonatkozóan sok mérést végeztek, felállítottak egy pusztán tapasztalati összefüggést:

$$\ln \lambda = \ln \frac{1}{T_e} = A + B \ln E,$$

amely az esetek többségében helyesen írja le a bomlási állandót, mint az α -részecske energiája (E) függvényét. Az A és B az egyes radióaktív családokra (amilyenek pl. az urán vagy thórium család) jellemző állandók.

A törvény szemléletesen azt jelenti, hogy az az atommag, amelyik nagy energiájú sugárzást bocsát ki, hamar elbomlik (T_e kicsi).

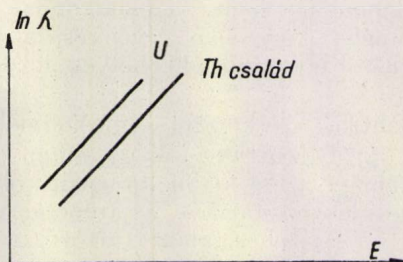
Mivel a kicsiny relativisztikus korrekciótól eltekintve: $E = \frac{1}{2} mv^2$, a törvényt a következő alakban is írhatjuk:

$$\ln \lambda = A' + B' \ln v$$

ahol v az α -részecske sebessége a magon kívül.

* Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat Debreceni Csoportjának ülésén elhangzott előadás.

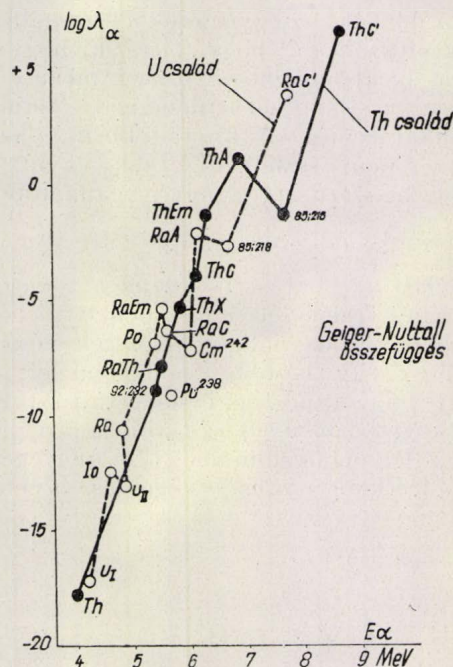
Egyes szerzők az E előtti \ln -t el szokták hagyni: $\ln \lambda = A'' + B'' E$. E formula jelentése grafikusán az 1. ábrán látható.



1. ábra. A magból kirepülő α -részecske energiája (E) és bomlási állandója (λ) közötti összefüggés a $\ln \lambda = A'' + B'' E$ formula szerint.

Hogy a törvény többféle alakban is megállhat egymás mellett, ennek az az oka, hogy lényegében egyik sem pontos.

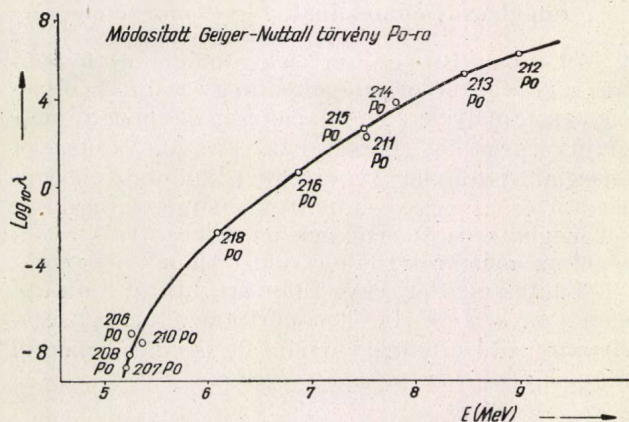
Van ezenkívül e törvényeknek egy közös nagy hibája, az t. i., hogy az állandókat az egyes családokra vonatkozóan adják meg. Ez ma már módosításra szorul. Nézzünk meg ugyanis egy újabb méréseredményeket is tartalmazó ábrát:



2. ábra. Empirikus összefüggés az α -részecskék energiája (E_α) és bomlási állandója (λ_α) között (újabb mérés-eredményeket is figyelembe véve). λ_α sec^{-1} egységben.

Láthatjuk, hogy az egyes családok görbéi összefonódnak, azaz a görbék iránytangensei csak igen durván állandók egy családon belül.

A formulák és a kísérleti eredmények között sokkal jobb egyezést kapunk, ha az egyenlő rendszámú, de különböző tömegszámú atommagokhoz tartozó pontokat kötjük össze egy görbével. Erre a tényre az α -bomlás kvantummechanikai elmélete mutatott rá — mint később látni fogjuk —, valamint 1942-ben Berthelot, később Biswas és mások is. Hogy a kísérleti eredményeknek megfelelő pontokat összekötő görbe mennyivel simább, azt a következő ábráról láthatjuk:



3. ábra. $\lambda \text{ sec}^{-1}$ egységben

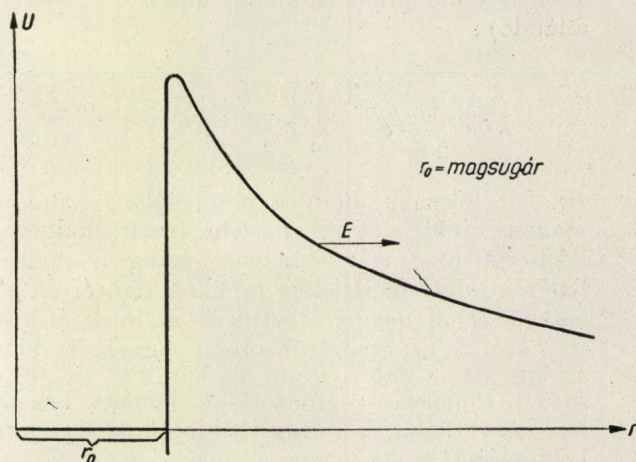
Láthatjuk, hogy a Geiger—Nuttall-törvény által a $\log \lambda$ -ra megkövetelt monoton növekedés, E növekedésével, mennyivel jobban teljesül, mint az előbbi esetben, ahol a görbén több le- és felugrást találunk. Még itt is vannak eltérések, melyek okát később látni fogjuk.

2. Az α -bomlás kvantummechanikai elmélete

Mindenekelőtt a potenciálhegy fogalmával kell tisztában lennünk. Ha egy atommaghoz, melynek elektromos töltése pozitív, egy α -részt közelítünk, a részecskét a mag elektromos erőtere taszítani fogja. Bizonyos távolságban azonban a magerők vonzása legyőzi a taszítást, a mag befogja az α -részt. A részecske potenciális energiájának (U) változása a hely függvényeként 4. ábrán.

Az α -bomlás értelmezésének fő nehézsége az, hogy — mint Rutherford kísérleteiből kiderült — olyan α -részek lépnek ki a magból, amelyeknek észlelt energiája kisebb a potenciálfal magasságánál, tehát látszólag nincs elég energiájuk a magerők vonzásának legyőzésére. Ezt a rendkívül meglepő tény 1928-ban G. Gamownak és tőle függetlenül E. U. Condon- és R. W. Gurneynek sikerült értelmezni:

a) A kvantummechanika szerint egy részecske — bizonyos valószínűséggel — akkor is keresztül tud hatolni egy potenciálfalon, ha energiája kisebb, mint a fal magassága. Legyen egy tetszőleges alakú potenciálfalunk:



4. ábra. Egy α -részecske potenciális energiájának (U) változása a magközponttól számított távolság (r) függvényében

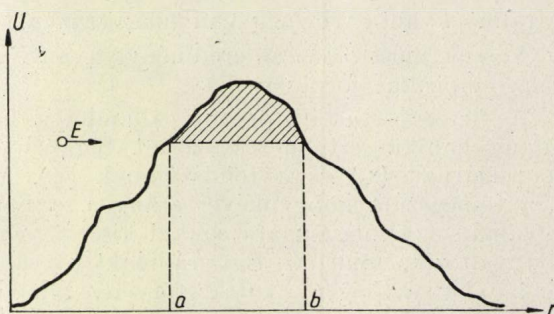
Közeledjék a fal felé egy M tömegű, E energiájú részecske. A Schrödinger-egyenletből kiindulva levezethető, hogy az áthatolás valószínűsége (P), vagy más néven az átérésztőképesség:

$$P \approx e^{-2 \int_a^b \sqrt{\frac{2M}{\hbar^2} [U(r) - E]} dr}$$

ahol e a természetes log alapszáma,

$$\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1,054 \cdot 10^{-27} \text{ erg. sec.}$$

Láthatjuk, hogy az érkező részecske áthatolási valószínűsége igen erősen függ a potenciálfal magassága és a részecske energiája közti különbségtől és a falvastagságtól.



5. ábra. Egy önkényesen választott potenciálhegy.

b) Ha feltesszük, hogy az α -részecske már a magon belül ki van alakulva és ott v_i sebességgel mozog, az α -részecske időegység alatt feltehetőleg $v_i/2r_0$ -szor ütközik a potenciálfalba ($r_0 = \text{magsugár}$). Minden beütközéskor P valószínűsége van annak, hogy kilép a magból. Tehát annak a valószínűsége, hogy az α -rész időegység alatt

kisugárzódik (ami tulajdonképpen a λ -bomlási állandó):

$$\lambda \approx \frac{v_i}{2r_0} e^{-2 \int_a^b \sqrt{\frac{2M}{\hbar^2} [U(r) - E]} dr}$$

Ha feltételezzük, hogy a potenciálhegy alakja a magon kívül a Coulomb-féle taszításnak megfelelő, a magsugár értékénél pedig a magerők fellépte miatt meredeken csökken zéró érték alá: ezzel $U(r)$ -et meghatároztuk és az integrál kiszámítható. A v_i -t vehetjük olyan nagyságrendűnek, amint azt a falon kívül észleljük: $\approx 10^9$ cm sec⁻¹. Elméleti megfontolások mellett közelítőleg közvetlenül is meggyőződhetünk e feltevés helyességéről, ha néhány mag ismert Z rendszám, E , r_0 , λ értékeiből az utóbbi formulánk segítségével kiszámítjuk v_i -t.

A számításokat következetesebb kvantummechanikai úton, de bizonyos közelítések segítségével elvégezve, a következő eredményre jutunk:

$$\ln \lambda = \underbrace{\ln \frac{a}{r_0^2} + b \sqrt{Z-2}}_A \sqrt{r_0} - \underbrace{c(Z-2)}_B \frac{1}{v}$$

ahol a }
 b } ismert állandók.
 c }

Ma már vannak ennél a közelítésekkel kiszámolt formulánál pontosabb, de egyúttal lényegesen bonyolultabb kifejezések.*

Szemléletesen összefoglalva az eddigieket, a következőt mondhatjuk: Ha az atommagból kilépő α -részecske energiája nagy, akkor a magerők vonzását könnyebben le tudja győzni: ezért hamarabb kilép, azaz az illető sugárzó elem hamar elbomlik. Ezzel a Geiger—Nuttall-törvény tartalma kvalitatíve meg van magyarázva.

Vessük most össze az eredményt kvantitatíve is az empirikus formulával.

A Geiger—Nuttall-törvény állandói a kvantummechanikai értelmezés szerint függvényei a magsugárnak (r_0) és a rendszámnak (Z). Mivel r_0 a tömegszám köbgyökével arányos, a bomlás folyamán egy mag sugara sokkal kisebb mértékben változik, mint Z . Egy rádióaktív családon belül tehát a Geiger—Nuttall-törvény állandói a Z csökkenésével változnak. Innen érthető, hogy ha $Z = \text{konstans}$ magokra alkalmazzuk a Geiger—Nuttall-törvényt, miért kapunk jobb egyezést a tapasztalattal: ekkor az állandók — eltekintve a magsugár kismértékű változásától — valóban

* Ezeknél a relativisztikus korrekcióit is figyelembe vesszük. Tekintettel vannak arra a tényre is, hogy a bomlási energiát nem 100%-osan viszi magával az α -részecske, hanem a maradék mag is nyer kinetikus energiát, ami visszalökődésében jelentkezik.

állandók lesznek. Ezzel a törvény Berthelot és mások által megadott módosítása érthetővé vált.

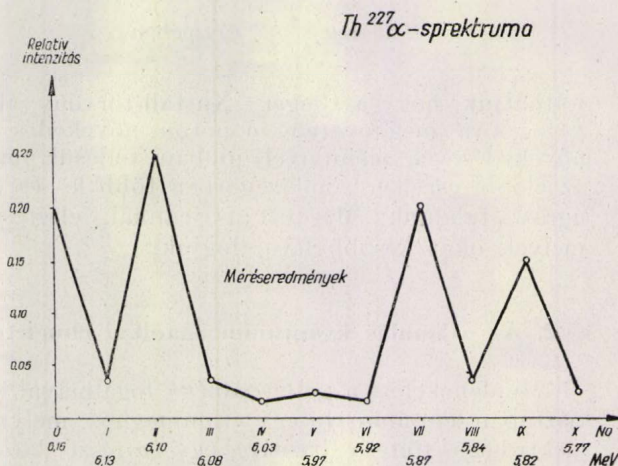
A Geiger—Nuttall-törvényben $\ln v$ és nem $-\frac{1}{v}$ szerepel. Mindkét függés azonban azt jelenti,

hogy $\ln \lambda$ monoton nő v -vel és a numerikus számítások azt mutatják, hogy számértékileg is jó az egyezés.

3. Az α -sugarak finomsztruktúrája. Az α -részek impulzusnyomatékának figyelembevétele

1930-ban Rosenblum elektromágneses felbontás segítségével megfigyelte, hogy vannak olyan elemek, amelyek nem tökéletesen homogén energiájú α -részeket bocsátanak ki. Az α -sugarak energiái viszonylag kis értékkel különböztek egymástól és az egyes csoportok energiája diszkrét, jól meghatározott értéknek mutatkozott. A jelenséget az α -sugarak finomsztruktúrájának nevezzük.

Tüntessük fel egy finomsztruktúrát mutató elem, pl. a Th^{227} 11 α -csoportjához tartozó relatív intenzitásértékeket, mint a bomlási energia függvényét.



6. ábra. Empirikus összefüggés a Th^{227} egyes α -csoportjainak bomlásenergiája és relatív intenzitása között

Az eredmény nagyon meglepő, és pedig azért, mert mind a Geiger—Nuttall, mind a kvantummechanikai bomlás törvény szerint a kisebb energiájú csoportokhoz egyértelműen egyre kisebb intenzitásoknak kellene tartozni. Hiszen minél kisebb az α -rész energiája, annál valószínűlenebb, hogy a potenciálfalon át tud hatolni. (Az ábrán az intenzitás várható eloszlását kisebbedő energiaértékekkel monoton csökkenő függvény ábrázolná.)

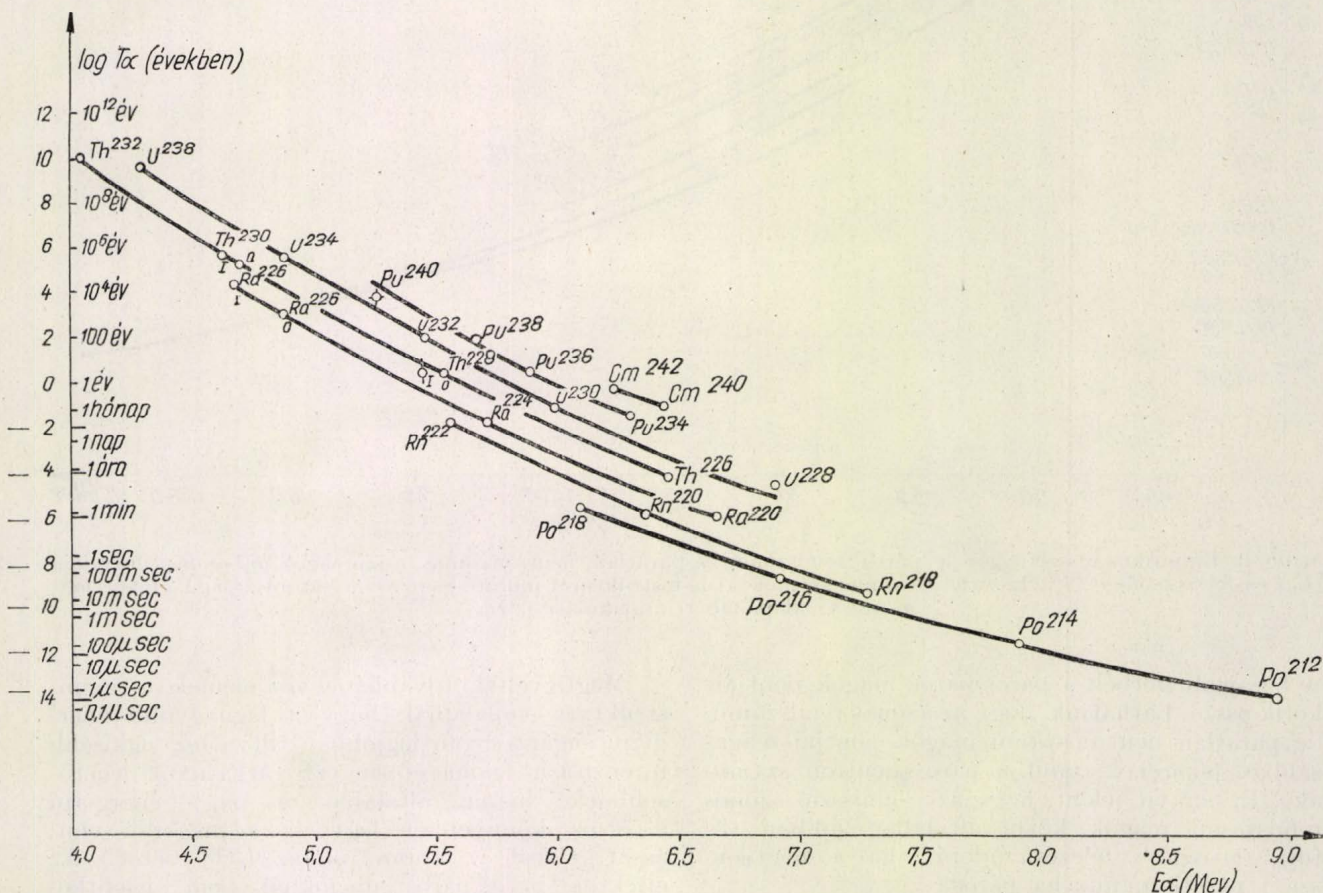
A jelenség magyarázatára Gamow 1933-ban feltételezte, hogy egyes α -részeknek a magon belül lehet impulzusnyomatéka. A feltevés nem azt jelenti, hogy az α -résznek spinje van, hanem hogy a magon belül (peremén) keringő mozgást végezhet.

A fellépő centrifugális erő kifelé igyekszik taszítani az α -részecskét, ugyanúgy, mint a Coulomb-erőhatás. Ez más szavakkal azt jelenti, hogy az elektrosztatikus taszító potenciálhoz hozzáadódik a centrifugális taszító potenciál és így a keringő mozgást végző α -részecskére más lesz a potenciálfal alakja, mint az impulzusnyomaték nélküli α -részecskére.

Az egyes csoportokhoz megfelelő impulzusnyomaték értékét rendelve a szeszélyes intenzitás-változást többé-kevésbé meg lehet magyarázni.

4. A magtípus befolyása az α -homlásra

Az újabb mérési eredmények alapján 1950-ben I. Perlman, A. Ghiorso és G. T. Seaborg észrevették, hogy az α -sugárzás felezési idejének log-a és a bomlás energiája közötti összefüggés görbéje sokkal simább lefutású lesz, ha azonkívül, hogy az állandó rendszámhoz tartozó magok pontjait kötjük össze, még azt is kikötjük, hogy egy görbén csak azonos típusú magok pontjai szerepeljenek.



7. ábra. Empirikus összefüggés a páros rendszámú és páros neutronszámú atommagok α -bomlási energiája (E_α) és felezési ideje (T_α) között.

Az impulzus nyomatéktól függően más és más lesz a fellépő α -sugárzás erőssége.

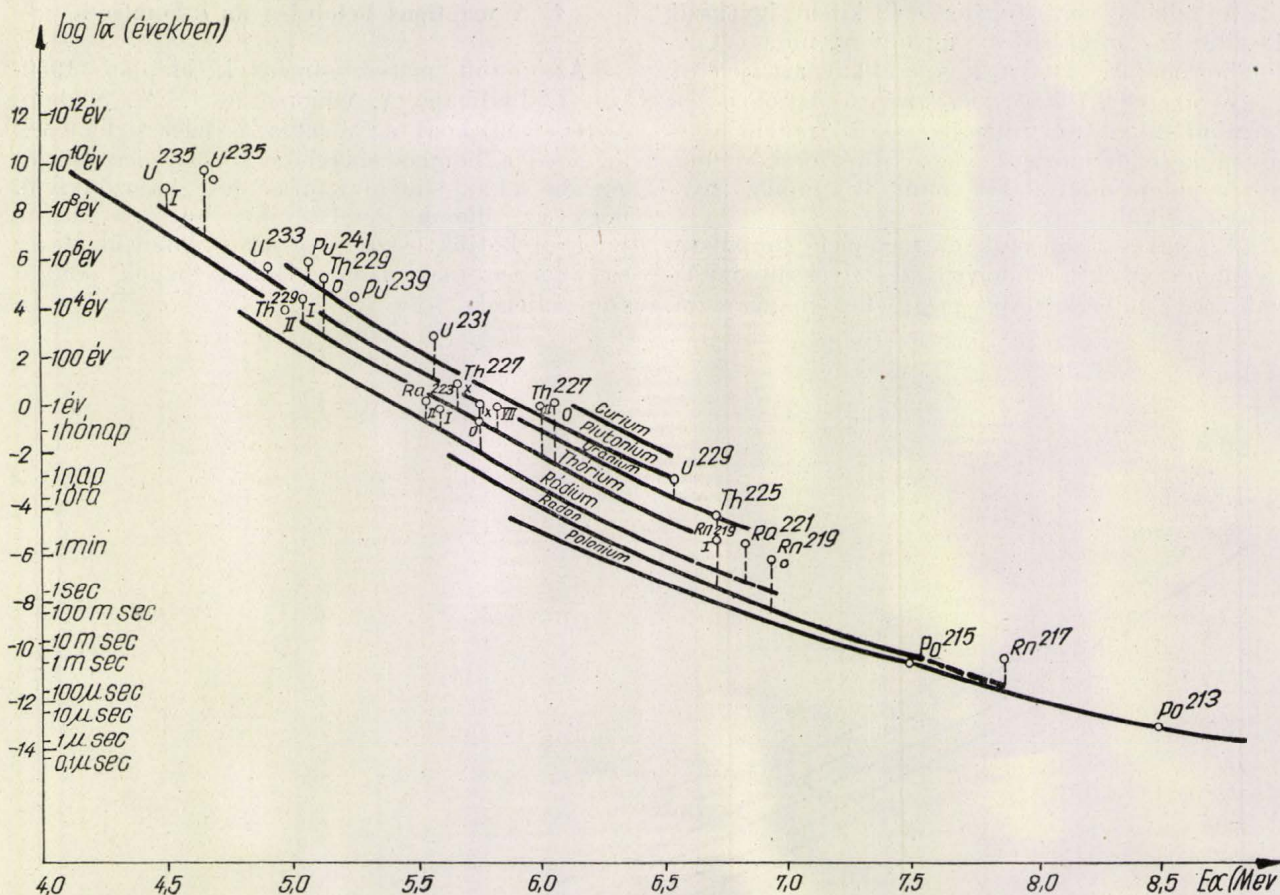
Gamow beépítette ugyan elméletébe matematikailag is ezt az effektust, de két pontatlanságot elkövetett. Egyrészt feltételezte, hogy a keringő mozgást végző α -rész is ugyanannyiszor ütközik a potenciálfalba, mint a rezgőmozgást végző, másrészt a megnagyobbodott taszító potenciál ellenére továbbra is feltételezte, hogy a potenciálfal a magsugár értékénél merőlegesen csökken zéró érték alá. Gamow és Rosenblum numerikus számításai viszont arra utalnak, hogy az elmélet, ha még nem is tökéletes, de jó nyomon jár.

Tehát az α -bomlás energiáját E_α -vel, a felezési idejét T_α -val jelölve pl. a következő görbét kapjuk: (Az ábra könnyebb megértése érdekében megjegyezzük, hogy

$$T_\alpha = \frac{0,693}{\lambda} \Bigg)$$

Láthatjuk, hogy a kísérleti eredményeknek megfelelő pontokat milyen szabályos görbeseregbe sikerült rendezni.

A következőkben vizsgáljuk meg pl. a Z páros, N páratlan magok esetét:



8. ábra. Empirikus összefüggés a páros rendszámú és páratlan neutronszámú atommagok α -bomlási energiája (E_α) és felezési ideje (T_α) között. (A római számok a finomszerkezetet mutató elem rövid hatótávolságú csoportjait, az „o” az alapállapotú átalakulást jelzik)

A berajzolt görbék a páros-páros magok pontjait kötik össze. Láthatjuk, hogy az azonos rendszámú, de páratlan neutronszámú magok pontjai magasabban fekszenek, mint a páros neutron számúaké. Ez annyit jelent, hogy az α -emisszió azonos rendszámú magok közül általában jobban tiltott (hosszabb felezési idejű), ha a neutronszám páratlan, mintha páros.

A többi magtípust is megvizsgálva, végső fokon arra az eredményre juthatunk, hogy a páros-páros magokhoz viszonyítva az összes többi magtípus α -bomlása általában jobban tiltott.

Elvileg lehetne arra gondolni, hogy a késleltetettséget a mag spin-változásával magyarázzuk. Ekkor azonban nagy spin-változásokat kellene feltételezni, ami észszerűtlen lenne, különösen mint általános jelenség, mivel az α -bomlásnál az anya- és leánymag ugyanolyan típusúak. Másrészt az α -bomlás egy esetében, amikor az U^{235} α -sugárzással átalakul Pa^{231} -é, mind az U^{235} , mind a Pa^{231} alapállapotának spinjét sikerült lemérni: a különbség egy vagy két egységnyi-nek adódott. Hogy az U^{235} alapállapot átalakulását pusztán a spin-változással meg tudjuk magyarázni, kb. 10 egységnyi spinváltozást kellene bevezetni.

Megfigyelték továbbá egyes elemek α -finomszerkezetű vonalainál, hogy a legnagyobb energiájú sugárzás van legjobban tiltva (ez legkisebb intenzitású), noha éppen ezt várhatnánk legerősebbnek, hiszen általában a nagy energiájú α -részek könnyebben legyőzik a magerők vonzását. (Lásd az ábrán pl. az U^{235} esetét.) Az effektus páros-páros magoknál nem jelentkezett.

A megfigyelt jelenséget Perlman és munkatársai azzal magyarázták, hogy a késleltetett bomlást mutató magokban az α -rész kialakulásához viszonylag hosszú idő kell. Valószínűleg ugyanis egy olyan magban, amelyben valamilyen nukleon típusból páratlan számú van, a páratlan nukleon kinetikus energiája nagy, és így a kirepülő α -résznek várhatóan alkotó része lesz. Ahhoz azonban, hogy alacsonyabb energiájú nukleonokkal (köztük antiparallel spinűvel) társuljon, idő szükséges, annyi is inkább, mivel esetleg a visszamaradó nukleonok közül egynek vagy többnek meg kell változtatni kvantumállapotát.

E föltevésekből az is következik, hogy a páratlan nukleont tartalmazó magoknál a finomszerkezetű vonalak közül a legnagyobb energiájú

sugárzás intenzitása viszonylag kicsi lesz, mert a nagy energiájú nukleon nehezen társul más nukleonokkal, hogy α -részecskét alkosson.

Az új α -sugár-spektrumok és az elmélet közötti összefüggéssel kapcsolatban megemlítendő, hogy a páros-páros magok görbáját a Gamow-formulának egy pontosabb alakja,

$$r_0 = 1,48 \cdot 10^{-13} \cdot \sqrt[3]{A} \text{ cm} \\ (A = \text{tömegszám})$$

magsugárral számolva, 1%-on belül írja le az esetek többségében. Ez igen jó egyezés, ami arra utal, hogy a páros-páros magoknál Gamow alapfeltevését, hogy t. i. az α -rész a magban ki van alakulva, helyesnek tekinthetjük.

5. Nem centrális Coulomb-kölcsönhatás a maradék maggal

A harmadik effektus, amitől a Gamow-formula tökéletesítését remélhetjük, a következő: Lehetséges, hogy bizonyos esetekben a kilépő α -részecske elektromos tere átrendezi a visszamaradó atommag alkatrészeit elektromos taszítása folytán. Az átrendezéshez energia szükséges, ami a kirepülő részecske energiáját megváltoztatja, így a potenciálfalon való áthatolóképessége is megváltozhat. Elképzelhető az az eset is, hogy az α -részecske a mag átrendeződése folyamán energiát nyer.

Az effektus kvantitatív megbecslésére M. A. Preston végzett számításokat 1949–50-ben. Számításaiból kiderült, hogy a Perlman, Ghiorso és Seaborg által leírt, kiváltképpen tiltott alapállapotú (legnagyobb bomlási energiájú) átalakulások intenzitásának leírásánál ez a jelenség lényeges szerepet játszhat.

A nem centrális Coulomb-kölcsönhatás mellett lehetséges, hogy az éppen emittált α -részecske protonjai és neutronjai, valamint a maradék mag felületi nukleonjai között egy rövid hatótávolságú Yukawa-típusú erőhatás is fellép. Ezt az effektust M. L. Chaudhury tárgyalta egy 1952-ben megjelent dolgozatában.

A kutatás további feladata, hogy a 3., 4. és 5. pontban említett három effektust is figyelembe vevő egységes, exact elméletet megteremtse.

6. Gyakorlati alkalmazások

Gamow formulája lehetőséget ad arra, hogy a szükséges paraméterek ismeretében pusztán számítás útján olyan mennyiségeket, mint a magsugár, bomlási állandó, bomlási energia, meghatározhassunk. Különösen fontos lehet ez pl. a transzurán elemeknél.

Érdekes követelményei vannak Gamow elméletének a magmodell szempontjából. Pl. a páros-páros magoknál fel kell tételeznünk, hogy az α -részecske a magon belül ki van alakulva. Gamow megfontolása arra is utal, hogy a magon belül (a mag peremén) az α -rész keringő mozgást végezhet.

Fényes Tibor

Kísérleti Fizikai Intézet, Debrecen

IRODALOM

- G. Gamow, G. L. Critchfield: Theory of Atomic Nucleus and Nuclear Energy-Sources, 1949.
 S. Biswas: Phys. Rev. 75, 530 (1949).
 I. Perlman, A. Ghiorso and G. T. Seaborg: Phys. Rev. 77, 26 (1950).
 I. Perlman and T. I. Ypsilantis: Phys. Rev. 79, 30 (1950).
 M. A. Preston: Phys. Rev. 82, 515 (1951).
 M. L. Chaudbury: Zeitschrift für Physik 133, 561 (1952).

Kritikai megjegyzések a Nyugat-Európában és Amerikában elterjedt kozmogóniai elméletekről*

Mindenekelőtt meg kell határozni, mit értünk kozmogóniai elméleten. A Föld, az égitestek: a Hold, a Nap, a bolygók, a csillagok az interszteláris ködök, a csillagrendszerek, a

* E. Schatzman francia csillagász a MTESZ vendégeként tartózkodott hazánkban és 1954 szept. 9-én előadást tartott. Előadásában sok értékes szempontot vetett fel. Gyakran egyéni nézeteket ismertetett, keveset szólt a kozmogónia pozitív eredményeiről és meg sem kísérelte a szovjet tudomány eredményeinek méltatását. Az előadás szövegét azért közöljük, mert érdekes fényt vet bizonyos nyugati kutatási irányzatokra. Felhívjuk az olvasó figyelmét a Magyar Tudományos Akadémiának a Naprendszer és állócsillagok keletkezéséről tartott ankétjának anyagára (MTA III. Oszt. Közl. III. kötet, 4. szám 1954., IV. kötet, 2. szám, 1954), ahol erre vonatkozólag részletesebb tájékoztatást talál.

csillaghalmazok, a galaxisok és galaxis-rendszerek nem voltak meg mindig abban az alakban, ahogy mi ismerjük őket. Az anyag fejlődése során különböző formákon mentek át. A kozmogónia az anyagnak egyik létezési formájából egy másik létezési formájába való átmenetének tudománya, az égitestek speciális esetére vonatkozhatva.

A múltban a kozmogónia tisztára spekulatív tudomány volt. A természeti folyamatok ugyanis egy megszakítatlan láncot alkotnak. Ha azután valamelyik láncszemet nem ismerték, azt régebben spekulációval helyettesítették. Csak a legutolsó időben, különösen Ambarcumjan munkásságának eredményeként lett a kozmogónia valóban tudomány. Mindamelllett a kozmogóniát most is

mélyrehatóan befolyásolják tudománytalan fel-fogások, amelyekre erősen rányomja bélyegét az idealizmus. A kozmogóniai elméletek kritikája szükséges ahhoz, hogy szigorúan tudományos, materialista alapon vethessük fel a világ eredetének problémáját.

Egy kozmogóniai elmélet csak akkor kerülheti el a pusztá spekulációt, ha tekintettel van az anyag mozgási törvényeire, a legáltalánosabbakra és legspeciálisabbakra egyaránt.

Tekintetbe kell elsősorban venni az anyag mozgásformáinak változási törvényeit, amelyek a megmaradási törvényekben jutnak kifejezésre, és pedig a tömeg megmaradásának törvényében, az impulzus megmaradásának, az impulzus momentum megmaradásának és az energia megmaradásának törvényében. A XIX. században a Laplace-féle elmélet elvetésének fő oka, hogy ez az elmélet nem volt tekintettel az impulzusmomentum megmaradási törvényére. Emlékezzünk, hogy a Laplace által elképzelt ősköd összehúzódott, amint belőle a bolygók és a Nap képződtek. Ezen összehúzódás folyamán a Nap forgássebességének mindjobban növekednie kellett, amint a zsineg végén körben mozgó kő is sokkal gyorsabban kezd forogni, ha a zsineget meg rövidítjük. Ezzel ellentétben a Nap igen lassan forog maga körül, kb. 27 nap alatt tesz meg egy fordulatot.

Végsősorban az égitestek anyagának mozgási részlettörvényeit kell tekintetbe venni és vizsgálni. Nem szabad ezeket képzeletből kigondolt törvényekkel helyettesíteni.

A továbbiakban csak a Naprendszer eredetére és a kozmológiai (a világegyetem tágulására vonatkozó) elméletekre térek ki.

Emlékezzünk mindenekelőtt a Naprendszer lényeges sajátosságaira. A Naprendszer lényegében a Naptól és 9 bolygóból áll. Ehhez hozzá kell venni a rendszerhez tartozó bizonyos számú objektumot, a bolygók holdjait és néhány tízezer aszteroidát, amely közül a legnagyobbak az átmérője sem haladja meg a 300 km-t. Az üstökösöket, a meteoriteket, a meteorokat és az interplanetáris port és gázt.

A bolygók mind ugyanabban az értelemben keringenek a Nap körül. Pályáik majdnem ugyanabban a síkban vannak és majdnem köralakúak. A bolygópályák átmérője a Naptól távolodva szabályosan nő. Mindenekelőtt állapodjunk meg a megfigyelési tényeknél és jegyezzük meg a Naprendszernek említett szabályosságait. Ezek nem lehetnek a véletlennek eredményei. A bolygók napköri mozgása eleget tesz a Kepler törvényeinek és az általános tömegvonzás szabja meg azt. De ezek a törvények nem adnak erről számot, hogy miért mozognak a bolygók pályáikon minden irányban és hogy miért vannak ezek a pályák mind közelítőleg ugyanabban a síkban. Ezen jelenségek okait csak a Naprendszer keletkezési törvényeiben lehet megtalálni. Ugyanakkor meg kell magyarázni a Naprendszer egyéb

tagjainak, a holdaknak, aszteroidoknak, üstökösöknek stb. tulajdonságait is.

Az első tudományos kozmogónia Descartes kozmogóniája volt. Posthumus munkájában (*«Le Monde en traité de la lumière»*) Descartes vizsgálta az anyag szerkezetét és fejlődését a világegyetemben. Descartes elmélete a Naprendszer örvényelmélete volt. Tisztán kvalitatíve a mozgás megmaradásának elvére támaszkodva, Descartes kimondta az anyag mozgásának átalakulását hővé és fénné. A Nap kialakulásában látta a bolygók és holdak keringőmozgásának és a bolygók szilárdságának okát. Ennek a processzusnak merész általánosításával, prófétaszerűen jelentette, hogy bolygórendszer sok van.

De Descartes szerint a bolygókat az ég anyaga a Nap körül örvénylő mozgásban ragadja magával. Csodálatos intuíció: Descartes elmélete az anyagnak az anyagra való, az éter által közvetített hatásáról csupán kvalitatív, kevésbé direkt volt, kevésbé egyszerű, mint Newton általános gravitációs törvénye. Newton azonban a távolhatás nehéz ideáját hozta be, melyről az egész XVIII. században vitatkoztak. Éppen úgy, mint a bolygók mozgásáról szóló elméletét, Descartes zseniális kozmogóniáját is félretették.

Kant elmélete 1755-ből van. Laplaceé 1796-ból. Az egyik szerint éppúgy, mint a másik szerint, a Naprendszer az ősködből keletkezett, de a Kant-féle elméletben szereplő köd független meteorok rajaiból áll, a Laplace-féle köd ezzel szemben valódi gázköd, amely már eredetileg egyenletes forgásban volt. De akármilyen jelentősek is Kant és Laplace gondolatai, különösképpen az a gondolat, hogy a Naprendszer szabályosságait a kialakulása körülményeiből magyarázzák meg, igen sok fontos körülményt mindketten elhanyagoltak, vagy ezek jelentősége volt előttük ismeretlen. Nem vették tekintetbe az impulzusmomentum megmaradásának elvét, míg az energia megmaradása, melyet a XIX. század első felében fedeztek fel, még ismeretlen volt. A mozgás átalakulási törvényeinek, különösképpen az impulzusmomentum megmaradásának tekintetbe vétele 1860-ban Fouché által, maga után vonta Kant és Laplace Naprendszer keletkezésére vonatkozó elméletének elutasítását.

Minthogy a Kant—Laplace elmélet nehézségei leküzdhetetlennek látszottak, 1900-ban felújított formában visszatértek a Buffon-féle katasztrófa elmélethez. Chamberlain és Moulton azt képzelték, hogy egy csillag haladt el a Nap közelében és ekkor a Nap anyagából egy filamentum szakadt ki, amely azután bolygókra darabolódott. Az így kialakult bolygók mind ugyanabban az értelemben keringenek a Nap körül. A katasztrófaelméletet mélyebben Jeans és Jefeys dolgozták ki. Szerintük a körülvevő gáznak ellenállása a bolygók pályáit addig kerekítette, míg azok majdnem köralakúak lettek.

A katasztrófa-elmélet nehézségei lassanként mindjobban előtérbe kerültek. Elsősorban a csil-

lagok belső szerkezetére vonatkozó kutatások révén meglehetősen pontosan megismertük a sűrűség eloszlását a Nap belsejében. Kiderült, hogy az anyag a Nap középpontja felé erősen koncentráldódik, úgyhogy a Nap centrális sűrűségének aránya a középsűrűséghez kb. 150 : 1. Ebből következik, hogy már ahhoz is, hogy a Napból valamilyen kevés anyag szakadjon ki, hatalmas dagályhullámnak kellett lennie, de ez is csak a Nap és a csillag igen közeli találkozásakor keletkezhetett. De ekkor az impulzusmomentum megmaradási elve szerint az összeütközés alkalmával keletkezett bolygók csak olyan kis távolságban keringhetnek a Naptól, amely jóval kisebb a Merkúr pályájának sugaránál. Ezzel szemben, ha az impulzusmomentum olyan, hogy a keletkező bolygók a jelenlegi távolságokban keringenek a Nap körül, akkor az »összeütközés« olyan távoli, hogy a csillag csak parányi redőt kelt a Nap felszínén és nem szakad ki anyag.

Ahhoz, hogy a kiszakadt anyag összehúzódhassék, az kell, hogy sűrűsége elég nagy legyen, hogy legalábbis egyensúlyba kerülhessen a gravitációs erők hatása alatt. De ilyen sűrűség a Napban csak nagy mélységben fordul elő, ahol a hőmérséklet igen magas, egymillió fok körül van. Spitzer kimutatta, hogy a sugárnyomásnak a gáznemű anyagra kifejtett hatására az anyag-töredék néhány perc alatt szétrobban és gáznemű burkot képez a Nap körül.

Tehát a katasztrófa-elmélet csak amiatt a tájékozatlanság miatt tudott felszínre kerülni, amely a csillagok és a Nap belső szerkezetét illetőleg a század elején uralkodott.

Lyttleton vizsgálta egy csillagnak egy kettős csillaggal való ütközését, hogy elkerülje az impulzusmomentumra vonatkozó nehézségeket. Az ütközés után a magános csillag és a kettőscsillag egyik komponense eltávozik a végtelenbe. Egy gázfilamentum képződik, amely bolygókra oszlik, és ezek keringeni kezdenek a megmaradó csillag, a Nap körül. De amint Luyten kimutatta, az így keletkezett filamentum tömege túlságosan kicsi ahhoz, hogy számot adjon a bolygók keletkezéséről.

Mint tudjuk, a Jeans és később Lyttleton által felállított katasztrófa-elmélet kedvező fogadtatásra talált. Az ilyen katasztrófák ritka előfordulása miatt bolygórendszer csak igen kivételesen alakulhat ki, és ebből arra következtettek, hogy ember is csak egyetlen helyen fordulhat elő a világmindenségben. Ilyen nyilvánvalóan fideista tételekből kiindulva fékeztek le a kozmogóniai elméleteknek speciálisan a csillagok közötti ütközés elméletének fejlődését.

Modern formájában a ködelmélet a bolygóknek a már kialakult Nap körül forgó ködből való keletkezését vizsgálja. Ily módon a nap impulzusmomentumára vonatkozó nehézséget, ha nem is oldották meg, legalább kikerülték. Ezzel szemben igen sokat foglalkoztak az ősködben lezajlott fizikokémiai processzusokkal, hogy megmagya-

rázzák a bolygók kémiai összetételében mutatkozó különbségeket. Valóban a bolygóknak, azok átmérőjének, spektrumának megfigyelése, tömegük meghatározása az égimechanika segítségével, belső szerkezetük elmélete annak elfogadásához vezetett, hogy a Vénusz, a Föld és Mars nagyjából ugyanolyan kőzetekből áll, ezzel szemben a Merkúr kétségen kívül ettől különböző összetételű kőzetből. A Jupiter és Szaturnusz majdnem kizárólag hidrogén és hélium keverékéből, Uranusz és Neptunusz pedig főleg víz, metán és ammóniák keveréke. A bolygók közötti különbségek nemcsak kvantitatívek, nemcsak tömegükben különböznek, hanem éppen úgy fizikokémiai tulajdonságaikban is. Mindig világosabban látszik az is, hogy a bolygók távolsági törvényét nem lehet egyszerű interpolációs formulával megadni, mint pl. a Bode—Titius törvény, hanem alapvetően, az ősködben levő sűrűségeloszlásnak és a kondenzációs folyamatoknak megfelelően alakult ki.

Weizsäcker elmélete, ennek ter Haar által javított változata és Kuiper-féle változata olyan elméletek, amelyek az ősköd turbulenciáján alapszanak. De a turbulencia bevezetése ellentmondásokra vezet. Taylor és Jeffreys szerint nem lehetséges, hogy turbulencia lépjen fel olyan forgó anyagban, amelyben az impulzusmomentum a tengelytől való távolsággal nő. Sőt ter Haar szerint az ősköd a turbulenciától olyan gyorsan, kb. 1000 év alatt szétfoszlana a térben, hogy semmiféle szabályos kondenzációnak nem lehet ideje kialakulni.

A Naprendszer keletkezéséről szóló jelenlegi elméletek alapos átvizsgálásából arra az eredményre jutunk, hogy bár nagy haladást jelentenek a régi elméletekkel szemben, távol vannak attól, hogy megoldják a Nap és bolygók egyidejű keletkezésének problémáját. Ez annak a következménye, hogy a számbaveendő processzusok rendkívül sokoldalúak, és szerephez jut a fizikának szinte minden ismert és ismeretlen törvénye. A Naprendszer kialakulásának leírása megköveteli, hogy egységesen vegyük számításba az ismert processzusokat, de szükségyszerűen spekulációval helyettesíti a hiányzó láncszemet. Csak az égi jelenségek figyelmes észlelése újabb, az égen lejátszódó folyamatok felfedezése fogja lehetővé tenni, hogy szilárd alapot adjunk a Naprendszer kozmogóniájának. Egy ilyen út az, amelyet Ambarzumján szovjet csillagász követ az asszociációknak nevezett csillag-csoportosulásokra vonatkozó vizsgálataival. Ez az az út, amely a kozmogóniából igazi tudományt csinál.

*

Van egy terület, ahol még inkább szabad tere van a spekulációnak és a kreacionista felfogásnak, mint a Naprendszer kozmogóniájában, ez a világegyetem és fejlődésének tana: a kozmológia. Mindenekelőtt foglaljuk össze röviden a megfigyelési tényezőket. A XVIII. századtól kezdve

a csillagászok kezdenek kételkedni abban, hogy a Tejút a végtelenségig tart. Herschelnek tulajdonítják a Világegyetem elnevezést. Eközben a gázködök és a korongalakú csillagrendszer közötti különbséget csak 1867-ben Huggins munkássága alapján bizonyították be kétségkívül, minthogy a gázködök emissziós színeképet adnak, a galaxisok pedig a csillagokéhoz hasonló abszorpciós színeképet. Annak ellenére, hogy 1885-ben és 1895-ben két ködfoltban fedeztek fel novát, — egy csillag explozióját, amikor is a csillag fényessége hirtelen többmilliószorosára nőtt, — mégis 1917-ig kellett várni egy másik ködfoltbeli novának a felfedezésére, és az ezután következő munkák bizonyították be véglegesen a ködfoltok Tejútrendszeren kívüli voltát, a Naptól való óriási távolságukat és gigantikus méreteiket.

A megfigyelési módszerek haladásával az ismert extragalaktikus ködök száma óriási mértékben nőtt, a jelenlegi távcsövekkel elérhető galaxisok sok számát több milliárdra becsülik. A legközelebbi galaxisok megfigyelése mutatja, hogy vannak óriási galaxisok, mint az Andromedaköd, amely egymillióhatszázezer fényévre van tőlünk, átmérője százezer fényév és kb. százmilliárd csillagból áll, de vannak törpe galaxisok is, néhány százmillió csillaggal. A galaxisok nem egyenletesen töltik ki a teret, hanem halmazokban és rendszerekben csoportosulnak.

Már régóta megfigyelték a legtávolabbi galaxisok által kibocsájtott fénysugaraknak vörös felé való eltolódását. Úgy látszik, mintha Dopplereffektusról volna szó, bár km/sec-ben kifejezve ez az eltolódás óriási nagy, a legnagyobb, amit ismerünk, 65 000 km/sec. Az intergalaktikus tér legátlátszóbb részében úgy látszik, hogy ez az eltolódás arányos a távolsággal, éspedig a vöröseltolódás milliőfényévenként 85 km/sec.-val nő.

A világegyetemnek a maga egészében való leírása már régi probléma. A múlt század végén C. Neumann és H. V. Seeliger egészen a végtelenig egyenletes sűrűségű anyageloszlásokat vizsgált. Ugyanilyen módon vizsgálta Einstein, Friedmann, de Sitter, Lemaitre, Eddington a relativisztikus világegyetemeket. Ha feltesszük, hogy az anyag egyenletesen oszlik el a tér minden irányában, akkor az általános relativitás-elmélet egyenleteit eléggé tudjuk specializálni ahhoz, hogy kiszámíthassuk a világegyetem modelljeit. Az ilyen modelleknek az az előnye, hogy megvilágítják a relativitáselmélet egyenleteinek tulajdonságait, de egyetlen esetben sem szabad ezeket a bennünket körülvevő világegyetem valódi ábrázolásának tekinteni. Némely teoretikus elvi magasságra emeli a homogén és izotróp univerzumnak egyszerűsített hipotézisét.

Mindezen elgondolások kiindulásául találjuk azt az eszmét, hogy a világegyetem a maga egészében egyedül való objektumnak tekinthető. Ha a világegyetem egyedülálló objektumnak tekinthető, és mi nem foglalunk el kitüntetett helyet a világegyetemben, abból azonnal következik,

hogy a világegyetemnek minden pontjában ugyanazokkal a tulajdonságokkal kell rendelkezni, azaz homogénnek és izotrópnak kell lenni.

Itt látjuk a konfúziót a véges és végtelen között, amely abban áll, hogy a végtelen világegyetemre alkalmazzuk a végesnek a sajátosságait.

Ezt az ellentmondást az idealisták nem ismerik fel és elvetik a végtelenséget, elvetik az anyag tulajdonságainak végtelen változatosságát térben és időben. A világegyetemet mint egyedül való objektumot tárgyalva ezek a sokoldalú tulajdonságok redukálódnak, a világegyetem térben vagy az időben véges lesz, vagy pedig az időben is és a térben is. Kimondják, hogy az egész világegyetem kiterjedőben van. Ez az expanzió véges idővel ezelőtt kezdődött.

A világegyetem-modellek expanziójából szükségszerűen következik a spektrálvonalaknak a távolsággal növekedő vörös-eltolódása. A megfigyelhető vörös-eltolódást azonosították a homogén és izotróp világegyetem-modellek alapján elméletileg előrelátottal és ebből következtettek a világegyetem kiterjedésére. Ezen elmélet szerint (tekintetbevéve a csillagászati távolságmérés legújabb revízióját is) a világegyetem expanziója három-négymilliárd évvel ezelőtt kezdődött. Minden csillagászati objektum: a Nap és bolygók, a csillagok és a csillagrendszerek, a galaxisok és a galaxishalmazok, az interstelláris anyag és a kozmikus sugarak ugyanabban az időpontban egyidejűleg keletkeztek.

Igen sok argumentumot hoztak össze, hogy ezt az elméletet igazolják. Vizsgáljuk meg, miért nem tekinthetjük megalapozottnak ezeket az érveket:

1. Először is az anyag eloszlása a térben sem nem egyenletes, sem nem izotróp. Shapley megfigyelései már 1935-ben a déli éggömbön a galaxisok térbeli eloszlásában nagymértű egyenlőtlen-ségekre utaltak. A galaxisok megszámlálásából kimutatták, hogy azok halmazokban, asszociációkban, sőt szupergalaxisokban tömörülnek.

2. A műszerek tökéletesedésével az anyag új előfordulási formáit fedezték fel a galaktikai térben: igen halvány és aránylag kevés csillagból álló galaxisokat, intergalaktikus abszorbeáló anyagok zónáit, továbbá galaxisok között elnyúló fényes sávokat. Zwicky az anyag térbeli sűrűségét így újra felbecsülte. A régi 10^{-28} vagy 10^{-29} gr/cm³ sűrűség helyett a sűrűségre 10^{-26} , sőt 10^{-25} g/cm³ adódott. De ilyen sűrűségek mellett az Einstein-féle világegyetem sugara 140, illetve 45 millió fényév. Ezzel szemben biztos, hogy a legnagyobb teleszkópokkal a teret kétmilliárd fényévig tudjuk átkutatni. Tehát az általános relativitás-elméletből levont következtetések és az anyagnak a megfigyelésekből adódó térbeli sűrűsége között ellentmondás mutatkozik.

3. Zwicky a színeképvonalak vöröseltolódásának kérdésére egy új bizonyítási elméletet keresett. Hogy a bizonyítás helytálló legyen, a módszernek

függetlennek kell lennie a távolságmeghatározásuktól. Egy ilyen eljárás a galaxishalmazokon alapszik. Még 10 évvel ezelőtt is csak néhány tucat galaxishalmazt ismertünk. Jelenleg, a Palomár-hegyi Schmidt-teleszkóp segítségével milliószámra fedezhetünk fel ilyen halmazokat, ami lehetővé teszi, hogy statisztikai vizsgálatokat végezzünk rajtuk. Zwicky megvizsgálta a galaxishalmazok számát mint szögátmérőjük függvényét. A γ és $\gamma + d\gamma$ látószög értékek közt látható halmazok számának arányosnak kell lenni

$\frac{1}{\gamma^4}$ -nel, ha a galaxisok a valóságban nem távolodnak tőlünk. Ha pedig a galaxisok távolodnak tőlünk, akkor az $\frac{1}{\gamma^4}$ -t korigálni kell $[1 - v(\gamma)c]^{-3}$

faktorral és ily módon 20 percnyi ívre, amelyre $v = 60$ ezer km/sec adódik, a korrekciós faktor egyenlő 2-vel. A Párisi Institut d' Astrophysique egy legújabb konferenciáján Zwicky kijelentette, hogy 400 galaxisra vonatkozó statisztikai vizsgálatok alapján a korrekciós faktornak nem találta szükségességét.

4. A galaxisok száma, amelyeknek radiális sebességét ismerjük, kb. 500 és ezeket a radiális sebességeket éppen az intergalaktikus tér leglátványosabb részeiben határozták meg. De nem ismerjük, minthogy erre vonatkozólag nem végeztek méréseket, hogy milyenek lehetnek a radiális sebességek az ég más részein. Nagyon oktalannak látszik, hogy általános törvényszerűséget vezessünk le olyan megfigyelési anyagból, amely millióból legfeljebb egy galaxishalmazt tartalmaz. Zwicky megemlítette, hogy egy 3 galaxisból álló csoportban, amelynek tagjait fényes anyagvonulatok kötik össze és így biztosan a tér ugyanazon részében vannak, 2 galaxisnak a radiális sebességére 7000, a harmadikéra pedig 129 km/sec. adódik. Már ez a rendkívüli eltérés is a legnagyobb kétséget támasztja a vöröselvölődésnek a távolságtól való függésére vonatkozó Hubble-Humason-féle törvénnyel szemben.

Ezekhez a megfigyelésekből levont argumentumokhoz néhány elméleti argumentum csatlakozik.

5. Az elképzelt homogén világegyetemmodellek egyike sem stabilis egy lokális perturbációval szemben. A sűrűségnek egy lokális megnövekedése tovább folytatódik. Ebből következik, hogy egy homogén világegyetem feltételezése már önmagában véve is ellentmondás. Ha ugyanis ilyen világegyetem volt is, nem maradhatott homogén.

6. Minden jel arra mutat, hogy a galaxishalmazok statisztikus egyensúlyban levő rendszerekből állanak. A legnagyobb galaxisok a centrum felé különülnek el, a galaxisok eloszlása a halmaz gravitációs terének megfelelő egyensúlyi eloszlás. De az idő, amely szükséges az egyensúly kifejlődésére sok nagyságrenddel nagyobb, mint amióta az expanzió megindult volna. (Százmilliárd év, hárommilliárd évvel szemben.)

7. A földi radikatív elemek, mint pl. az urán, legalább 7 milliárd évvel ezelőtt keletkeztek. A naprendszerben a Földön és a meteoritokban található radikatív elemeknek keletkezését illetőleg semmi cünk sincs feltételezni, hogy az egész világegyetem egyszerre ment át azon a különleges hőmérsékleti és sűrűségi állapotokon, amelyek az elemek kialakulásához szükségesek. (Gamow különösképpen védelmezi az elemeknek egy univerzális primitív anyagból való kialakulásának elméletét. Márpedig egyáltalán nem szükséges, hogy ezek a feltételek, mint pl. a több milliárd foknyi hőmérséklet, univerzálisak legyenek. Elég, ha ilyen feltételek 5 milliárd évvel ezelőtt a térnek csak egy korlátozott részében voltak meg és ezáltal született meg az anyag, amelyből később a Nap és Naprendszer kialakult.)

Nyilvánvaló tehát, hogy a világegyetem expanziójának kreacionista elmélete nem tartható. Mindazonáltal legújabbban még sokkal fantasztikusabb elméletek láttak napvilágot. Az expanziós elmélet néhány ellentmondásának tudatában Hoyle, Bondi, McCrea megkísérelte azok megoldását. Hogy régebbre telessék a galaxisok és galaxisrendszerek kifejlődésének idejét, feltették, hogy a világegyetem sűrűsége állandó marad az expanzió ellenére is. Ezt az anyag állandó teremtődése teszi lehetővé, amelynek mértéke literenként és milliárd évenként 1 proton. Ezt a teremtődést azzal a »tökéletes« kozmológiai elvvel igazolják, mely szerint a világegyetem minden pontban és minden időben ugyanolyannak mutatkozik. Ez az elv az expanzióval egyidőben csak az anyag állandó teremtődését feltételezve tartható fenn. De amint azt már 1935-ben Dingle professzor a Royal Astronomical Society elnöke megjegyezte, itt valamilyen alapvető elvről van szó.

Nem fontos számunkra, hogy a pápa 1951-ben elvetette az anyag állandó teremtésének elméletét és előnybe helyezte a *fiat lux* jelszót, amelynek Lemaitre, Eddington és Gamow voltak a bajnokai. Mindezen elméletekben kísérletet látunk arra, hogy tudatosan vagy nem tudatosan újra bevigyenek a tudományba idealista, kreacionista felfogásokat. Csak a materialista elgondolások, a világegyetemben előforduló természeti jelenség tudatos, objektív vizsgálata, az anyagmozgási törvények keresése teszi lehetővé a csillagászoknak, hogy az égitestek keletkezésének törvényeit tisztázzák. A gyors fejlődésben s a krízis karakterisztikus állapotában levő jelenségek vizsgálata, az ellentétek felkutatása a dolgok lényegében, a törekvést, hogy ne tartsuk abszolútumnak a relatív igazságokat, ne tulajdonítsunk nemlétező tulajdonságokat az anyagnak, fogják lehetővé tenni, hogy megtalálhassuk a világmindenség fejlődésének körülményeit.

Valamennyi ország tudósai a természet törvényeit kutató állandó munkájuk által hozzájárulnak ahhoz, hogy megállapíthassuk az embernek és a Földnek a helyzetét az univerzumban.

Evry Schatzman Paris.

Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat tanszerkiállításához

A Társulat októberi tanszerkiállítása a hazai fizikatanítás szempontjából különleges jelenség volt és különleges jelentőségű is. Először történt, hogy számos egyetemünk, főiskolánk és középiskolánk együttesen állították ki demonstrációs anyaguknak azt a részét, amely a megszokott anyaghoz képest újszerűnek és az oktatás különböző fokozatain a korábbi megoldásoknál hasznosabbnak ígérkezett.

A látott anyag elgondolkoztató fejlődéstörténeti szempontból is. A kis helyen elférő rengeteg kísérleti eszköz önkéntelenül is eszünkbe juttatta Guericke barokk kísérletének nagy méreteit, amihez még valóságos szabadtéri színpad kellett. Ennek megfelelően: legalább annyira társadalmi esemény volt, mint fizikai kísérlet.

Igen érdekes volt egymás mellett látni a különböző demonstrációs stílusokat. Tudott dolog, hogy a fizikai kísérletezésnek is minden korban megvan a maga sajátos stílusa, másfelől pedig egyidejűleg is igen különböző demonstrációs stílusok érvényesülhetnek akár néhány erőteljesebb pedagógiai egyéniség kezdeményezéseiből, akár pedig az egyre jobban felismert célszerűség vagy még gyakrabban: a helyi kényszerűség indításából. A kiállítás tanulsága szerint továbbá vannak demonstrációs irányzatok, amelyek egy különleges szempontot hangsúlyoznak (pl. az univerzális használhatóságú eszközöket) vagy olyan rendszerek, amelyek a kísérleti anyag egészét átfogó egységes alapelvek szerint, szabványosított szerkezeti elemekből építik fel az egész demonstrációs anyagot. (Volkman, Roller—Pricks, Bretschneider.) A legújabb fejlődésben kétségtelenül az univerzalitás és a szabványosítás elvei a vezető szempontok a demonstrációs technikánál is. A nagy méretek lassan eltűnnek a kísérletezésből és a még jól látható kisméretű eszközök válnak általánossá, különösen az elektromos bemutatásoknál. Korábban Kohl és Leybold, továbbá a manchesteri Cussons eléggé nagyméretű eszközei határozták meg Európa-szerte a fizikai demonstráció stílusát. Nálunk Calderoni, továbbá Erdélyi és Szabó gyártották ugyanezeket az eszközöket. A fentemlített kétségkívül mély és maradandó hatást tettek koruk fizikai oktatására azzal, hogy elég készségesen és gyorsan valóstították meg a legkiválóbb demonstrátorok ötleteit és elgondolásait.

Nem ismerték azonban fel még abban az időben, hogy a jövő az »egy eszközzel egy kísérlet« szokása helyébe az »egy eszközzel sok kísérlet« gondolatát, vagyis az univerzalitás elvét, még haladottabb fokon pedig a szabványosított alkatrészekből építő kísérletezést ülteti majd. (Phywe, Göttingen.)

A korszerű demonstráció tehát az idők folyamán a még jól látható legkisebb méretek felé fejlődött. Ezt nemcsak precíziós mechanikai és a gazdasági szempontok indokolták, hanem a gyors és könnyű kezelhetőség és szállíthatóság, valamint a kis helyigényű raktározás szempontjai is az előadó-asztalon és szertárban egyaránt. Különösen ez az utóbbi szempont vált jelentőssé korunk jellemző zsúfoltságában, amely az iskolákra is kiterjed és a fizikatanításra oly végzetes helyszűkéhez vezet. Minthogy a tanítás ma már délután és este is világszerte általánossá vált és a tanulni vágyók száma óriási mértékben növekedett, ezzel együtt járt a fizikai előadótermek forgalmának nagymértékű megnövekedése is. Nem ritka eset, hogy az előadóterem és szertár reggeltől késő estig állandó üzemben van, ennélfogva az előkészítés és leszerelés erősen korlátozott lehetőségei miatt egyszerre több tanár kísérleti anyaga, sőt közülük egynek-egynek több kísérleti anyaga is kint van az asztalon. A tanárok egyéni tanítási forgalma is jóval nagyobb térben is, időben is, mint régen. A »pendliző« tanár megszokott jelenség, akár a pendliző színész. Mindezek a körülmények követelő szükségként hozták magukkal a bemutató eszközöknek a kor adottságaihoz való alkalmazását is. Van manapság olyan összeállítás, amely az egész fizikai szemléltető anyagot (sőt, kb. 1000 kísérletet) két közepes nagyságú szekrényben tárolja. Vannak továbbá igen ügyes, kofferben hordozható összeállítások is.

A Társulat kiállítása híven tükrözte a fejlődés fentebb vázolt menetét és a felvetett demonstrációs problémákat is. Megmutatta, hogy a hazai demonstráció jelentékenyen fejlődött egy évtized alatt. De megmutatta azt is, hogy kísérletező fizikatanításunk általánosságban kvalitatív jellegű. Aránylag kevés volt a mérőkísérletezésre alkalmas anyag, ez pedig a fizikatanításra nézve káros tendencia. Okait a fizikára szánt tanulmányi időben és a gyakran csekély heti óraszámban kell keresni. A világ kultúrállamaiban különleges esetektől eltekintve heti 3 óránál kisebb óraszámokban nem tanítanak fizikát. Ezzel szemben vannak iskolatípusaink, ahol a fizikatanítás heti két órában folyik, sőt villamosságtant és elektrotechnikát tanítanak ilyen óraszámokban, noha nem vitatott tény, hogy heti két órában a kísérleti fizikát megtanítani lehetetlen, de még csak kísérletezve elmondani sem lehet. Az elmélyülés lehetőségének hiányában tehát a demonstráció csaknem kizárólag kvalitatív vagy egyszerűen csak formálissá válik. A bemutatásban uralkodóvá lesz a középfokon is a játékos barkácsolás bár népszerű, de kétes értékű szelleme.

A kiállítás anyaga a maga nemében igen változatos és ötletes volt. Az Építőipari Műszaki Egyetem Kísérleti Fizikai Tanszéke Gyulai Zoltán professzor és Levis Ernő néhány kiváló konstrukcióját hozta. Levis áramlási készüléke kétségkívül az utóbbi évek egyik legsikerültebb bemutató eszköze. Nevezetes azért is, mert az első eszköz, amely jobbnak bizonyult a jelenségesoport standard eszközénél: a Pohl küvétánál. A vele végezhető kísérletsorozat különösen alkalmas oktatófilm céljaira. A készülék lényegében vízszintes fekvésű csatorna, amelybe gumicsövön, majd egy áramvonalas terelőbetéten és terelőfésűn át áramlik a víz. A csatorna fenekének középső része üvegből van, úgyszintén a csatornába süllyeszthető hajó alapja is. Az üveglapok közötti réteg az áramlási réteg, amelynek vastagsága a hajó állítócsavarai-val változtatható, és ily módon a lamináris és turbulens áramlás minden jelensége demonstrálható. A profilok az üveglapok közé kerülnek. Az áramvonalakat festékcsíkok jelzik, amelyek a csatorna fenekén fűrt lyuksorozaton jönnek fel egy magasan elhelyezett üvegtölcsérből gumicsövön át. Egy másik magasabban fekvő lyuksorozat a vastagrétegű áramláshoz adagol festéket. Az edényt vertikális vetítőlámpa fölé helyezzük és totálreflexiósan vízszintes irányban vetítjük. Érdekes probléma a készülékkel kapcsolatban:

1. Hogyan lehetne vele a Bernoulli-törvényt demonstrálni? Ez már azért is nagy jelentőségű kérdés, mert a törvény kvantitatív kísérlete egyáltalában hiányzik és kvalitatív kísérletei is bizonytalanul sikerülnek.

2. Hogyan lehetne a készüléket alkalmassá tenni a technikailag oly káros kavitációs jelenségeknek a bemutatására?

Levis második konstrukciója az univerzális gázkiszűlési vákuumkészülék, amely lényegileg egy diffúziós szivattyú. Az elszívott gáz az elővákuumból (esetleg a szabad levegőből) szabályozható magasvákuum túszelepen át visszaadagolható a recipiensbe. Ilyen módon ott a légköri nyomástól kezdve 10^{-6} Hgmm-ig bármilyen nyomás beállítható. (A higanygőztől eltekintve. Ez esetleg kifagyasztható.) A készülékre kapcsolható segéd-eszközök cseréje a szivattyú beállítása nélkül gyorsan s üzembiztosan eszközölhető. Bemutathatók vele az összes gázkiszűlési jelenségek: katód és Röntgensugár, csősugár, a katódsugarak kilépése, stb.

Gyulai Zoltán légkompresszora egy olajos rotációs szivattyú, amelyhez légüst csatlakozik. Ebben légritka tér állítható elő, vagy bármilyen indifferens gáz komprimálható 2 atmoszféráig. A szivattyú a légüstről szétszerelés nélkül is lekapcsolható. Alkalmazása igen tágkörű. Ugyancsak Gyulai professzortól való a Millican kísérletnek egy szellemes modellje, amellyel szemléltethető, hogy a gravitáció ellenében ellenirányú elektromos térrel lehet súlyos testeket lebegtetni. Ez esetben kondenzátorlemezek közé helyezett

küvétában, üres fémgolyók paraffinolajban lebegtetetők. A jelenség vetíthető.

A Pohl-féle optikai asztal egyik hasznos újítása a Levis-Kertész-féle ívlámpa, amely teljesen stabil ívvel ég és rendkívül nagy fényerejű.



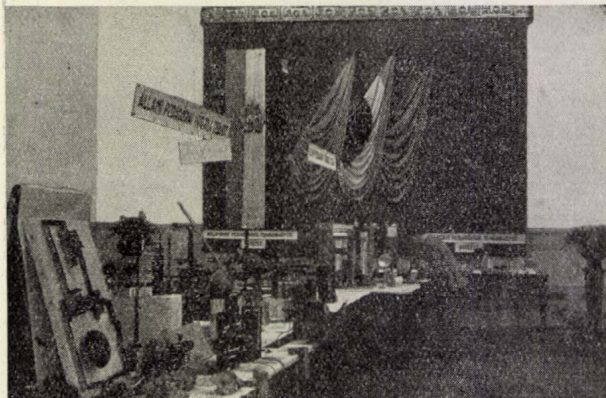
A diffúziós szivattyú és az áramlási készülék

Az elektromos és rádiótechnikai alapismeretek kialakítása szempontjából igen jelentősek azok az egyszerű, könnyen elkészíthető összeállítások, amelyeket a Központi Pedagógus Továbbképző Intézet, a Budapesti Pedagógus Továbbképző Intézet és a budapesti Pedagógiai Főiskola fizikai tanszékei állítottak ki. A KÖPTI és a BUPTI tanfolyamain készült hanggenerátor, rövidhullámú rezgéskeltő, a forgó mágnes tér és a négy-pólusú aszinkron motor modelljei mutatják, hogy a demonstrációs továbbképzésnek ott követett módszere igen jó és Bayer István, Gaál Honóra, a Kossuth-díjas Huszka Ernőné és munkatársaik érdemes munkáját dicséri. A két továbbképző intézmény eredményes munkájához jelentős mértékben járult hozzá Vermes Miklós Kossuth-díjas, akinek továbbképző kiadványai nagyszámú jobbnál jobb kísérletet és ötletet adtak a további fejlődéshez. A kiállítás rendezése és megszervezése is jórészt az ő érdeme.

A budapesti Pedagógiai Főiskola gazdag anyaga Öveges József Kossuth-díjas és munkatársaiknak igen vonzó és népszerű demonstrációs stílusát tükrözte. Ezt a stílust az egyszerűség és könnyű kivitelezhetőség mellett az ötletesség jellemzi. Különösen a lebegés kísérlete aratott osztatlan tetszést. Ennél két váltakozó áramforrásból: egy magnetoelektromos induktorból és egy reduktor 3V-os kivezetéséről táplálunk 3 zsebizzót. Az izzók fénye lebeg a hálózat és az induktor frekvenciájának különbsége miatt. A lebegések száma az induktor fordulatszámával változtatható.

A Budapesti Tudományegyetem Orvosi Fizikai Intézetének anyagát Tarján Imre és munkatársai: Tamás Gyula, Újhelyi Sándor és Voszka Rudolf állították össze. A főként piezoelektromos és elektrokinetikai kísérletekből álló anyag újszerűségével tűnt ki. Tamás Gyula a piezo-

elektromos hatáshoz szükséges nyomásingadozókat hangvillával állítja elő. Ha ezek a nyomás-változások a fémlektrodók közé helyezett kvarekristály felületét érik, akkor a rezgések ütemében töltésváltozások keletkeznek az elektrodokon. A töltésváltozásokat egy kisfrekvenciájú erősítőrácsra vezetve, a hangvilla rezgéseit halljuk. A módszer előnye, hogy a kristályoknak nem kell kimetszetteknek lennie, lehet természetes állapotú, sőt poralakú is. A jelenség



A főiskolák és továbbképző intézetek anyaga

alapja ugyanis az, hogy a megfelelően kimetszett kristályok felületeire kifejtett nyomás következtében azokon töltések keletkeznek, amelyek kis kapacitású fonalas vagy kvadráns elektrométerrel kimutathatók. A reciprok piezoelektromos hatás is bemutatatható. Ez abban áll, hogy a kvarclemezre kapcsolt váltakozó feszültség hatására periodikus nyomásváltozások lépnek fel a kristályban, aminek következtében az quasielasztikus állapotba kerül és a váltakozó feszültség frekvenciájának megfelelő rezgéseket végez. A rezgések amplitudója akkor maximális, ha az elektromos frekvencia a kristály önrezgésszámával rezonanciában van. A kristályokat nagyfrekvenciás csőgenerátorokkal keltett csillapítatlan rezgések útján hozzák rezgésbe. A kiállított eszköz két lemeze közé helyezett kristályt a rezgőkör kondenzátorával párhuzamosan kapcsolva és a generátort a kristály önrezgésszámára hangolva az rezgésbe jön és az elektrodokhoz ütődve hangot ad. A kiállított, aránylag egyszerű berendezéssel elvégezhető kísérletek jelentősek a rádiókészülékeknél az adó frekvenciájának stabilizálása, továbbá az ultrahangok előállítására szempontjából.

Tarján Imre és Újhelyi Sándor elektrokinetikai kísérleti eszközöket mutattak be. Az alapkísérletekben a paraffin és desztillált víz érintkezésekor a paraffin negatív a víz pedig pozitív töltést nyer. A kiállított porózus agyaghengerből a víz elektromos tér segítségével kiszívható, ellenkező irányú térrel pedig visszaszívható. Reciprok elektrokinetikai jelenség pl. mikor az üveg-golyó vízbeejtésekor a vízoszlop két végén poten-

ciálkülönbség lép fel. Igen érdekesek a Rayleigh-féle szórásra vonatkozó kísérleteik is.

A Pécsi Pedagógiai Főiskola jórészt Jeges Károly demonstrációs ötleteit mutatta be. Sok ügyes kísérletük keltett megérdemelt érdeklődést, mint pl. az egyfázisú indukciós motor modellje, a Brown mozgás modellkísérlete, a módosított Eötvös-inga, a telefonkagyló, mint oszcilloszkóp, az egyszerű torziós nyomatóéki készülék, a szélsatorna, főként pedig a jólismert ködkamra



A gimnáziumok és technikumok anyagából

modell. Valóban igen hasznos és eredményes eljárás arra szoktatni az általános iskolai nevelőket és tanulókat egyaránt, hogy mindent, ami csak a kezük ügyébe kerül, használjanak fel a szemléltetés érdekében.

Nem érthetünk azonban egyet az eszközöknek széles körben elterjedt következetesen játékszerű kivitelével és általában azzal a mérőkísérletezést egyre inkább mellőző irányzattal, amely az utóbbi évek folyamán a középiskolákba is átlépett már és a fizikát alig tekinti másnak, mint a barkácsolás és kezűgyeskedés korlátlan lehetőségű vadászmezejének. A konzervdoboz és a gyufaskatulya fizikájáról van szó. Kétségteljes felmerülő gondolat pl. a talált cipőpertliből húros galvanométert készíteni és minden elismerést megérdemel egy cséphadaró is mint Eötvös-inga. De ne tévesszünk célt: nem ez a tanfelszerelési kérdések megoldásának helyes útja. Legalábbis ma már nem ez. A háború utáni években valóban nagyjelentőségű volt ez az irányzat, mert csak így indulhatott meg az élet a feldúlt vagy elpusztult szertárakban. Ma azonban ez az irányzat egyenesen veszélyes, mert nemcsak a tanulót, hanem előbb — utóbb a nevelőt is hozzászoktatja ahhoz a gondolathoz, hogy ez a fizika és ennél nem több.

A helyes megoldás nyilván azzal kezdődik, hogy a tanfelszerelés feladja eddigi korszerűtlen gyakorlatát és áttér a tartósan kivitelezett korszerű és a mérőkísérletezésre is alkalmas univerzális eszközök, továbbá a fémből való, szabványosított alkatrészekből összeállított demonstrációs szerelvények gyártására. Ez ugyanis a legolcsóbb módja az általános felszerelésnek. Az

eddig követett gyakorlat rendkívül sokba került, mert a gyártott eszközök egy része eleve elavult, másrésze meg gyenge kivitelű, rövid használat után tönkremegy. (Pl. a fából készült eszközök.)

A fejlődés határozottan az univerzalitás irányába mutat. Klasszikus példája többek között az optikai korong.

A Társulat tanszerkiállítása megmutatta, hogy invencióban és konstrukciós készségben nincsen hiány. A tanfelszerelési szervek feladata már most, hogy a kiállításon látott sok jó eszköz, kiváltképpen pedig azok, amelyek univerzálisak és mérőkísérletekre is alkalmasak, ne csak kiállítási tárgyak maradjanak, hanem mihamarabb gyártás alá kerüljenek és eljussanak iskoláinkba is.

A mechanikai mérőkísérletezés terén a 75. éves jubileumát ünneplő Népszínház utcai Technikum járt elől az új univerzális abroncskészülékkel. A korábban ismert külföldi példánnyal: a Müller—Wildermuth-félével szemben a hazai abroncskészülék minden tekintetben előnyösebbnek bizonyult. Sokkal olcsóbb annál, mechanikai hatásfoka magasabb (92—95%), kezelése, vízszintezése sokkal egyszerűbb és a végezhető kísérletek száma több, mint amennyit a Müller-félével végeztek. A készülék alkalmazási lehetőségeinek további kiterjesztése is lehetséges és folyamatban is van. A végezhető kísérletek mind mérőkísérletek. Az elmúlt három év tapasztalatai szerint a nyert eredményeket pontosság és üzembiztonság szempontjából másféle készülékekkel megközelíteni sem lehetett. A készülékkel a következő mérőkísérletek végezhetőek:

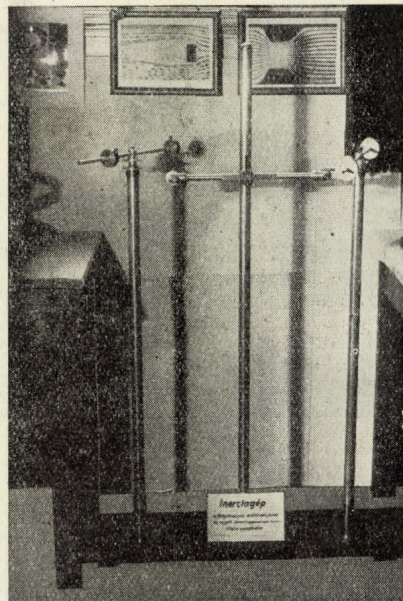
1. A tehetetlenség.
2. Az egyenletes mozgás.
3. Az egyenletesen gyorsuló mozgás.
4. A newtoni erőtvény.
5. A súlyos és tehetetlen tömeg egyenlőségének kimutatása.
6. A test tehetetlenségének az alakjától való függetlensége.
7. A munka mérése. A súrlódási munka.
8. A súrlódási erő mérése.
9. A súrlódás függése a sebességtől.
10. A hatásfok mérése.
11. Az abroncs mint gép. Az energia megmaradásának elve.
12. A rugalmas erő és munkája. Energia megmaradásának elve, változókéony erő esetén.
13. Csavarási rugalmasság. A

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \text{ képlet igazolása.}$$

14. Szögsebesség, szöggyorsulás. Az egyenletesen gyorsuló mozgás törv.
15. A forgómozgás erőtvénye.
16. A három abroncs példája.
17. A Steiner-féle tétel igazolása.
18. Körabroncs inercianyomatéka.
19. Körlemez inercianyomatéka.
20. Rúd inercianyomatéka.
21. Körgyűrű inercianyomatéka.
22. Közegellenállás. Az aerodinamikai formaellenállás mérése.

23. Az abroncskészülék alkalmazása a villamosság-tanban: a tehetetlen tömeg, mint az önindukciós tényező analogonja. (A mérőkísérlet alumíniumabroncsal végzendő.)

A készülékkel legfontosabban a mechanikai demonstráció Achilles sarka: a newtoni erőtvény igazolása oldható meg. Az a körülmény azonban, hogy az abroncs forog és nem halad, didaktikai aggályokat kelthet, mert a gyorsulás az erő karjától és a tengelytávolságtól is függ. Ez azonban a jelen esetben nem érdekel bennünket, mert ezek a fogalmak a haladó mozgásnál nem szerepelnek. A haladó mozgás szempontjából csak a gyorsulásnak az erővel való egyenes és



Az inerciagép. A Levis készülék áramlási képei

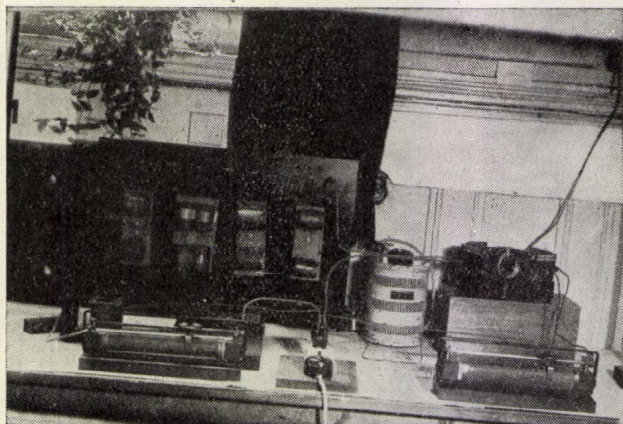
tömeggel való fordított arányossága lényeges, ez pedig mindenképpen fennáll.

Hivatalosan ma is a kocskísérlet az erőtvény igazolásának standard eszköze annak ellenére, hogy a tanár, aki ezt a mérőkísérletet tényleg megkockáztatja, alig tehet egyebet, mint hogy utólag megmagyarázza: miért nem sikerülnek ezek a mérések. A kísérlet tehát csak látszat-kísérlet. De nem egyedül áll, van párja is: az üvegcsőben mozgó buborék kísérlete. Énnél meg az a baj, hogy a tananyag elején nem tudjuk megindokolni belátható időn belül, hogy miért mozog egyenletesen a buborék. Annál kevésbé, mert a buborék kezdetben nem is mozog egyenletesen. A buborék folyadékba merülő gáz, tehát a felhajtó erő vagy annak egy komponense működik reá állandóan, a cső helyzete szerint. Mozgása ezért kezdetben egyenletesen gyorsuló, amelyet aztán az akadályozó erők: a csősúrlódás, de főként a sebességgel négyzetesen növekvő közegellenállás csakhamar egyenletessé fékeznek. Ebből látható, hogy a buborékos kísérlet a tananyag elején didaktikai képtelenség, amit nem menthet az az indoklás, hogy a kísérlet csak egyenletes mozgás pusztán regisztrálására való, okáról beszámolni tehát nem is kell.

Az ilyen esetekre nézve elvi álláspontként kellene leszögezni, hogy *iskolai kísérletként nem*

ajánlható olyan, amelynek okszerű magyarázatát egyidejűleg vagy röviddel utóbb megadni nem tudjuk, továbbá nem ajánlható olyan mérőkísérlet sem, amely a célja szerinti bizonyító mérés elvégzésére gyakorlatilag alkalmatlan.

A kiállításnak gazdag anyaga ellenére is hiányossága volt, hogy a kísérletekkel kapcsolatos didaktikai problémákhoz sem igen nyúltak a kiállítók. Az ilyen alkalmak pedig kiváló lehetőségeket nyújtanak a fentiekhez hasonló



Az alumíniumgyűrűs fázisjelző

problémák nagyobb számban történő szemléletes felvetésére. Gondolunk itt pl. olyan párhuzamos összeállításokra, vagy fényképekre, amelyek az »így helyes« és »így nem helyes« megjelölésekkel figyelmeztetnek nagyon meggyökeresedett kísérleti hibákra vagy helytelen szempontokra. Egy-két egyszerű példa:

Hogy nem az áram indukálódik, hanem a feszültség, ezt mindenki gondosan hangsúlyozza. De megindokolni sokan elfelejtik. Pedig csak egy tolóellenállás kell hozzá, amelyet a galvanométer áramkörébe iktatunk. Az ellenállás növekedésével a kitérés kisebb lesz. Az indukáló erővonalváltozás viszont nem változik az ellenállással. Ha nem változik az ok, nem változhatik az okozat sem. Az áram azonban megváltozott, tehát nem az áram az, ami indukálódik. Más példa: az indukált feszültség a szekunder menetszámmal nő. Bedugják tehát a mágneset egy kisebb, aztán egy nagyobb menetszámú tekercsbe. De ez így nincs rendben, mert az ellenállás is megváltozott. A két tekercset sorbakötve változatlan ellenállás mellett végezzük helyesen a kísérletet. Erről azonban gyakran megfelelnek a demonstrátor.

Vagy itt van az Archimedes-törvény esete. A törvény igazolása emberöltő óta a közismert mérlegkísérlettel történik, amit még soha kritika nem ért. Ez a kísérlet a jelenséget önálló törvényszerűségnek állítja be, noha az nem »törvény«, hanem csak a hatás-ellenhatás törvényének egyszerű velejárója. Demonstrálják ugyan a folyadék súlynövekedését is, de különálló kísérlettel, ami nyilvánvalóan helytelen. Ekkor ugyanis a hatás

és az ellenhatás egyik lényegesen jellemző vonását az egyidejűséget veszíti el. Van ezzel szemben olyan kísérlet, amelyben a test súlyvesztése és a folyadék súlytöbblete egyidejűleg mutatható ki. Ez a »Két mérleg kísérlete« (L. a Ped. Tud. Intézet megjelenő módszertani közleményeiben.) Nyilvánvaló ebből, hogy az ismert sablonkísérlet szűklátókörűen felépített kísérlet, amely a tulajdonképpeni törvényt elfedi és annak egy rész-eredményét emeli a törvény rangjára.

A Technikum kiállítási anyagában érdeklődést keltettek még a forgómozgások mérőkísérleteihez való inerciagép, az új Ampère-állvány, amelynél kiküszöböltük a Weinhold-féle típus drótvégeinek a higanyban előálló nagy közegellenállását.

Az univerzális fázisjelző összeállítással az önindukciónak és kapacitásnak a várható áramú körben lehetséges viszonyait mutatjuk be oly módon, hogy az eltolt fázisú váltóáramok által átjárt két tekercs szögterében alumínium gyűrűt helyezünk el. Az egyik tekercset egy ohmikus, a másikat pedig egy változtatható induktív és kapacitív ellenállású körbe iktatjuk. Ekkor a gyűrű együtt forog a forgó mágneses térrel. Forgásának sebessége és értelme a változtatható induktív és kapacitív ellenállások egymáshoz való viszonya szerint változik. A rezonancia esetét a gyűrű megállása jelzi. E kísérletek didaktikailag jobbak a lámpás kísérleteknél, mert az L és C mindhárom viszonylatának más-más forgásállapot felel meg, és így a jelenségek sokkal áttekinthetőbbek.

Vermes Miklós igen szép rácskísérletet mutatott be bordásfilmmel. Kívánatos volna ilyen bordásfilmeknek minden középiskola számára való beszerzése. Anyagában nagyon jól konstruált vetítőlámpát is láthattunk

Csekő Árpádnak különösen az oszcilloszkópja és az iskolarádiót kiegészítő vagy részben helyettesítő eszközei tetszetek.

Az Iskolai Taneszközök Gyára, a Szegedi Tudományegyetem, a veszprémi Nehézevegypari Egyetem és a Gamma is igen jelentékenyen járultak hozzá a kiállítás sikeréhez. Az I. T. G.-től igen szépen kivitelezett darabokat láttunk, de újabb demonstrációs ötleteket és eszközöket sajnos nem. Kívánatos volna, hogy a jövőben jobban szorgalmazzák a korszerű, univerzális és kvantitatív jellegű eszközök gyártását, mert úgy tűnik, hogy e tekintetben a gyár némileg elmaradt a középiskolák igényeitől.

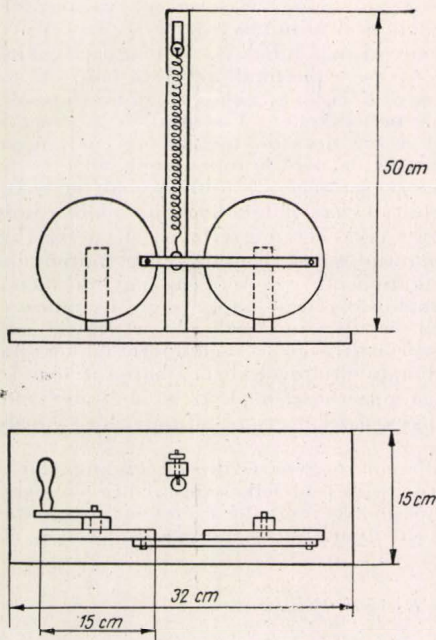
Összegezve a látottakat és lemérve azoknak tanulságait, megállapíthatjuk, hogy a fizikát tanítók ezévi seregszemléje rengeteg új útmutatást és hasznos tanácsot nyújtott mindazoknak, akik becsülik az újban is a jót és hajlamosak módszereik folytonos csiszolására Szeretnénk hinni, hogy mindezeknek hatása csakhamar jelentkezni fog a korszerűbb demonstrációs gyakorlatban is.

Madas László

Népszínház utcai Technikum

Eszköz az egyenletes körmozgás és rezgőmozgás kapcsolatához

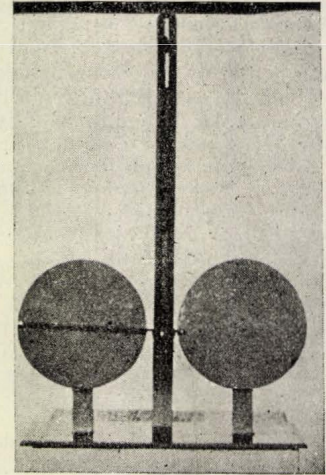
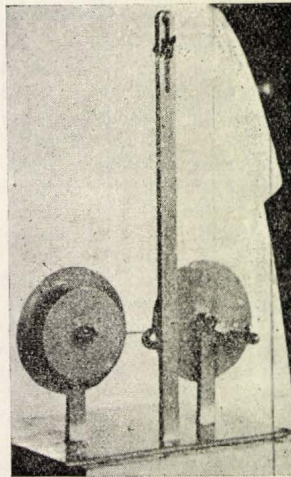
Az egyenletes körmozgás vetülete rezgőmozgás. A fizikának ezt a tételét teszi szemléletessé a leírandó készülék. A tankönyvek a kísérletet fénysugaras vetítéssel írják le. Ennek kivitelezése igen nehéz, mert vetítőgépet, sötétítést igényel. Eszközünk ezeket a nehézségeket küzdi le.



Az eszköz két állványra tengellyel szerelt körtárcsából áll. Az egyik tárcsát hajtókarral hozhatjuk mozgásba. A két tárcsa rúddal, karral van összekötve, ezáltal az egyik meghajtott kerék mozgásba hozza a másikat és a rúd a vetítősugarat képviseli. A két körlap mögött kissé háttérbe állított állványon rúgón függő súly lóg. A súlyt

úgy állítjuk be a rúgó emelésével vagy süllyesztésével, hogy a körök középpontjaival egy magasságban álljon. Ha a súlyt meghúzzuk és elengedjük, akkor a súly rezgőmozgást végez. A körtárcsa kellő szögsebességgel való forogatásával elérjük, hogy a súly a vetítősugarat jelentő rúd helyzetével megegyező állapotokban mozog.

Előfordulhat, hogy a hajtórúd átvált, tehát nem tartja meg a vízszintesen eltolódó mozgását. Ezért a két tárcsát áttétellel kell ellátni,



vagy a közvetlenül nem hajtott tárcsának lendületét lendítő kerékkel (nagyobb tömegűre méretezéssel) kell biztosítani.

Az egyik körtárcsát ellenzővel is eltakarhatjuk, hogy a figyelem még jobban a vetítősugárra irányuljon.

Kassai Ernő

15. sz. Gépip. techn. Debrecen

EGYESÜLETI ÉLET

ANKÉT A MAGYAR FIZIKAI FOLYÓIRAT-KIADÁS HELYZETÉRŐL

Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat 1954. május 17-én ankétot rendezett, melynek célja a magyar folyóirat-kiadás helyzetének megvitatása. Alábbiakban közöljük az ankét anyagának kivonatolt jegyzőkönyvét.

Szigeti György főtárgy megnyitójában kifejtette, hogy ezt az ankétot azért hívta össze a Társulat, hogy megbeszélje a magyar fizikai folyóirat-kiadás helyzetét. Három folyóiratról lesz szó:

1. Acta Physica, mely a fizika területén megszülető önálló eredményeket idegen nyelven, külföld felé közli.
2. Magyar Fizikai Folyóirat, melynek kettős célt kell szolgálnia: egyrészt magyar nyelven közli a hazai eredményeket, másrészt a külföldi cikkek összefoglalását hozza.

3. Fizikai Szemle, a Fizikus Társulat legrégebbi lapja. Célja: mind a kutató fizikusok, mind a középiskolai fizikatanárok számára ismeretterjesztő cikkek közlése.

Felkéri *Szamosi Géza* elvtársat, hogy a fent felsorolt folyóiratokról referátumát tartsa meg, egyben kéri a megjelenteket, hogy hozzászólásaikkal és javaslataikkal segítsék az egyes szerkesztőbizottságok munkáját.

Referátum

Szamosi Géza: Tisztelt Hallgatóság! Annak, hogy az Eötvös Loránd Fizikai Társulat ezt az ankétot napirendre tűzte, kettős jelentősége van: A Társulat ilyen ankéttal (a már megtartott ankét a fizikusokévről szól, az ezután tartandó tárgya a magyar könyvkiadás lesz) egyik főfeladatát akarja szolgálni: nevezetesen szabad és őszinte bírálatot támogatni a magyar fizika különböző fontos területeit. Másodszer ez az ankét hivatott a magyar fizikai folyóiratok szerkesztőbizottságait az itt elhangzó javaslatokkal munkájukban támogatni.

Mielőtt a magyar fizikai folyóiratok mai kérdéseiről kezdenénk beszélni, tekintsünk vissza a múltba, mi volt régebben ezen a területen hazánkban.

Hatásában legjelentősebb hagyományunk a *Matematikai és Fizikai Lapok*. Ezt a folyóiratot 1891-ben alapította néhány lelkes fizikus és matematikus. Szerkesztői között nem kisebb neveket találunk, mint *Eötvös Loránd*, *König Gyula*, *Fejér Lipót* és a magyar tudomány sok más kiválósága. E lapnak egészen 1943-ban bekövetkezett megszűnéséig igen jelentős szerep jutott a hazai matematikai és fizikai kultúra kialakításában. Ez a hatás köszönhető a lap szerkesztőinek és cikkíróinak, kiknek soraiban a magyar fizika és matematika legkiválóbb képviselőit találhatjuk. A lap népszerűségét emelte, hogy a fizika és matematika klasszikus cikkeit is megjelentette magyar nyelven. Ez számunkra is kövendő példa. A folyóirat értékét mindennél jobban bizonyítja, hogy benne még ma is mindig található érdekes olvasnivaló annak ellenére, hogy a tudomány azóta fejlődésének már sokkal magasabb fokán áll. A folyóirat hiányossága hogy egyrészt viszonylag nagyon kevés fizika tárgyú cikket közölt, másrészt igen kis példányszámban jelent meg.

A *Matematikai és Fizikai Lapok*at jelentőségüknél fogva említettem elsőnek, holott nem ez volt az első matematika és fizika tárgyú folyóirat. Az első természettudományokkal foglalkozó folyóirat 1871–78-ig jelent meg *Műegyetemi Lapok* címen.

1883-ban alapította a Magyar Tudományos Akadémia a *Matematikai és Természettudományi Értesítőt*. A lap először német nyelven jelent meg és csak később magyarul. A folyóiratnak különös jelentőséget ad, hogy fizikai hagyományunk legkiemelkedőbb alkotásai hasábjain jelentek meg. Így például *Eötvös Loránd* legtöbb dolgozata és *Selényi Pálnak* a nagyszögű interferenciakísérlet eredményeiről szóló cikke is. A lapnak azonban ennek ellenére nem volt olyan nagy olvasótábora, a magyar természettudományos élet kialakulására sem volt akkora hatása, mint a *Matematikai és Fizikai Lapok*nak.

A múlttól beszélve, meg kell még emlékeznünk az 1925-től 1939-ig megjelenő *Középiskolai Matematikai és Fizikai Lapokról*. Ez a folyóirat kibővítése volt a régebben 1894–1914-ig megjelent *Középiskolai Matematikai Lapoknak* és nagy szerepet játszott a hazai matematikus nevelés kialakulásában. Itt jegyezzük meg, hogy középiskolásoknak szóló matematikai folyóirat ma is van, de fizika tárgyú nincs.

A *Matematikai és Fizikai Lapok* megszűnésétől kezdve egészen 1945-ig nem volt hazánknak fizikai folyóirata. A felszabadulás után a Magyar Tudományos Akadémia kiadásában megjelent az első *Hungarica Acta Physica*. A lapot két dolog jellemezte: 1. a lelkes szerkesztés, 2. a magárahagyottság. Utóbbi főleg az anyagi vonatkozásokra állt. Ennek eredményeként a lap rendszertelenül és igen silány kivitelben jelenhetett csak meg.

A múlt rövid áttekintése után térjünk át a jelenlegi helyzetre. Ma több fizikai folyóiratunk van, mint valaha is volt. A magyar fizikai folyóirat kiadásában két tényezőnek volt nagy szerepe: Egyrészt a Magyar Tudományos Akadémia újjászervezésének (ez az *Acta Physica* újraváltoztatását eredményezte), másrészt az *Eötvös Loránd Fizikai Társulat* megalakulásának (*Fizikai Szemle*).

Ma praktikusán három folyóiratunk van:

1. *Acta Physica Hungarica*
2. *Fizikai Szemle*
3. *Magyar Fizikai Folyóirat*.

Lehetne még említeni a *Fizikai Dokumentációs Szemlét* és az *Osztályközleményeket*. Ezekkel azonban nem fogok bővebben foglalkozni. Vegyük most sorra részletesebben az egyes folyóiratokat.

1. *Acta Physica Hungarica*.

Az *Acta* külsejében méltóan reprezentál. Tartalmilag is nagy fejlődésen ment keresztül. Ez a fejlődés természetesen az egész magyar fizika fejlődésének követ-

kezmenye és egyben tükröződése is. Mindazonáltal a folyóirat még sem jelent minőségileg újat a régi *Acta*-hoz képest. A nehézség főleg a megjelenés időpontja körül van. Eddig kb. 10 szám jelent meg, és az egyes megjelenések közötti idő 8 hónap és 8 nap között fluktuál. (Például 1953. aug. végén jelent meg az utolsó *Acta* szám, holott egy újabb számra való anyag ekkor már együtt volt.) A rendszertelen megjelenés és az úgyszólván teljesen érthetetlen terjesztés a főokai annak, hogy külföldön az *Acta* nem bír kellő súllyal. Lehetetlen állapotnak kell tartani, hogy mikor a Kormány és a Magyar Tudományos Akadémia ennyi pénzt áldoz az *Acta*-ra, annak rendszeres megjelenését és megfelelő terjesztését ne lehessen adminisztratívve biztosítani.

Vannak azonban más hibák is. A magyar fizikusok egy része nem szívesen publikál az *Acta*-ban. A szerkesztőség nem is szólítja fel az egyes kiválóbb tudósokat, hogy küldjenek be cikkeket. Visszatartja a szerzőket a publikálástól a bizonytalan megjelenési idő, a nem megfelelő publicitás és más komponensek is.

Az *Acta* szerkesztőségének munkájában is vannak hibák. Előfordult, hogy indokolatlanul előbb közölt később beérkezett cikkeket, háttérbe szorítva ezzel igen érdemes és kiváló tudósokat. Érdemes megemlíteni ezenkívül, hogy alkalmasint az *Acta* az egyetlen önálló cikkeket publikáló folyóirat, mely nem nyugtázza a beérkezés idejét és a szerző csak akkor értesül arról, hogy a lap szerkesztősége a beküldött cikkét megkapta, ha sok hónap elteltével kézhez kapja a korrektúrárt. Hiányossága az elterjesztésnek az is, hogy nem emlékezik meg a magyar fizikát érintő általános és személyes dolgokról.

Összefoglalva, a magyar fizikusok alkalmasint azt várják az *Acta*tól, hogy több lelkesedéssel álljon a magyar fizikusok közösségének rendelkezésére és szolgálatára, hiszen ezért kap olyan nagy támogatást a nép államtól.

2. *Magyar Fizikai Folyóirat*.

Erről a folyóiratról nem nagyon lehet még bírálatot mondani, mivel eddig csak két száma jelent meg. Közvetlen jogelődje az *Osztályközlemények*. Utóbbi fizikai szempontból kaotikus jellegű volt, össze-vissza közölt cikkeket, nem volt megjelenési határideje, amelyet betartottak volna, teljesen rapszodikusnak jelent meg. Az sem volt tisztázva, hogy matematikai vagy fizikai cikkeket közöljön-e többségben. Egyes nézetek vannak arról, hogy ez csupán matematikai közlemények számára van fenntartva. Az valóban tény, hogy igen kevés fizikai cikket közöl. De mivel ezek elvileg »Osztályközlemények«, nem lehet megérteni, hogy miért csak a matematikával foglalkozik és miért nem foglalkozik a fizikával is. Ezt a kérdést tisztázni kellene.

A Magyar Fizikai Folyóiratra nézve a következőket lehet mondani, szem előtt tartva a régebbi folyóiratok hibáit és okulva rajtuk: Félő, hogy ez a lap egyszerűen magyar nyelvű kiadása lesz az *Acta Physica*-nak. Ez nem helyes. Felesleges, hogy az *Acta*-ban leközölt idegen nyelvű cikket szóról-szóra lefordítva magyar nyelvre a Magyar Fizikai Folyóirat leközölje. Akiknek az *Acta* cikkei szólnak, azok megértik azt ott idegen nyelven is, nem szükséges ugyanazt magyar nyelven elismételni. Ehelyett komoly, nagy összefoglaló cikkeket kell közölni. Ezek legyenek részben magyar szerzők tollából: egy bizonyos tudományágnak részletes, színvonalas tárgyalása esetleg saját tudományos eredményekkel, másrészt tartalmazza a lap külföldi szerzők összefoglaló munkáit. Ilyen módon a Magyar Fizikai Folyóirat komoly tudományos folyóirat lenne, melyet széles réteg olvashatna. Felbecsülhetetlen értéket jelentene egy nívós szakcikkkel megjelenő tudományos folyóirat mind a kutató fizikusok, mind pedig a középiskolai tanárok számára. Lényeges, hogy az egyetemet pl. a tanárjelöltek úgy hagyják el, hogy a tudomány pillanatnyi állásával tisztában legyenek, s a Magyar Fizikai Folyóirat lenne hivatva ennek továbbvitelét, fejlesztését biztosítani.

3. Fizikai Szemle.

Utóljára hagytam a Fizikai Szemlét. Ezt lehet leginkább bírálni, mivel ennek a lapnak már 4 éves múltja van. Legfontosabb problémája és ugyanakkor hibája, hogy nem tudja, mi a feladata és amit feladatának lát, az túl sok is. S, mivel sokat vállalt, nem tudja jól ellátni. Mik a feladatok?

1. Szól a középiskolai tanárokhoz. Segíteni akarja őket munkájukban.

2. Ugyanakkor, mivel a Társulat lapja, kell szólni a kutató fizikusokhoz.

3. Lényeges feladata, hogy szorosabb kapcsolatot teremtsen az iparral és a képzetlenebb mérnököket tájékoztassa a fizika fejlődéséről.

4. Kellene, hogy szóljon a lap a képzetlenebb középiskolai diákokhoz is, az ő érdeklődésüket is ki kell valahol elégíteni.

Mindezen feladatokat egyszerre megvalósítani nem lehet. Ezért is nincs a lapnak határozott profilja: általános fizikai ismereteket terjeszt. Az adott lehetőségekben belül is legnagyobb hibája, hogy még távolról sem sikerült aktivizálnia a középiskolai tanárságot. Kevés levél érkezik a szerkesztőségbe és ami még nagyobb hiba, e rétegtől kevés cikk is. A Fizikai Szemle »sokoldalúságán« bizonyos fókig enyhíteni fog a Magyar Fizikai Folyóirat megszületése.

Összefoglalva az elmondottakat: a magyar fizikai folyóirat-kiadás alapjában véve jó úton jár. A problémák megoldásához kulshelyeztet van a Magyar Fizikai Folyóiratnak. Ha ez a lap helyesen alakítja ki profilját és nem akar magyar nyelvű Acta Physica lenni, úgy a három folyóirat között jó tagozódás épülhet ki. Az Actában megjelent önálló tudományos munkákat magyar nyelven vagy röviden az Osztályközleményekben, vagy erősen kibővítve a Magyar Fizikai Folyóiratban kellene közölni. A Magyar Fizikai Folyóirat ezenkívül összefoglaló cikkeket közöljön. Ha ez a három tagozódás létrejönne, akkor lényegesen javulna a helyzet, bár maradna megoldatlan probléma: a középiskolai fizikai irodalom diákok számára való publikálása. Javaslatom e tekintetben az, hogy ezt újra közösen kellene a Matematikai Lapokkal csinálni.

Szigeti György főtítkárnak megköszöni a szép és értékes referátumot és felkéri a hallgatóságot, hogy minél számosabban szóljanak hozzá.

Hozzászólások

Tarján Ferenc: Javasolom, hogy az anyag sokrétűsége miatt az egyes felvetett problémákat külön-külön tárgyaljuk le, a hozzászólásokat is ennek megfelelően csoportosítva. Javaslatom pontokba szedve a következők:

1. A fizika és a technika között nem lehet éles határvonalat húzni, hiszen ami ma fizika, holnapra már technika, s éppen a folyóiratokra vár a feladat, hogy szorosabb kapcsolatot teremtsenek a kettő között.

2. Szamosi elvtárs által előbb említett problémákhoz, miszerint a középiskolai tanárokkal igen gyér a kapcsolat, azt szeretném hozzáfűzni, hogy annak a jelen helyzet az oka. Ugyanis régen az a réteg ment el középiskolai tanárnak, aki szegény volt, de tanulmányos és eszes. Ezzel szemben ma, mikor a kormányzat lehetővé teszi mindenki számára, hogy olyan pályára menjen, amire szeretne, mindenki mérnöknek vagy orvosnak jelentkezik és csak, akit oda nem vettek fel — tehát csak a selejt — kerül középiskolai tanári pályára. Ez pedig igen helytelenül van így. A középiskolai diák, aki hiányos tudású tanártól nem megfelelő oktatásban részesül, nem lesz a jövő jó jogásza, orvosa. A baj tehát így tovább víve, óriási méreteket ölt. Ennek a helytelen állapotnak oka talán a tanári fizetés mostoha voltában keresendő. Mindenesetre az egyetemistáinkkal meg kellene kedveltetni a tanári állást.

3. Röviden szeretném áttekinteni hazai folyóiratainkat.

Az Acta Physica-ból az ifjúság ki van rekészítve, nem az ő számukra íródik.

A Fizikai Szemle igen rapszodikus jelenik meg és belekerülnek olyan cikkek, melyek szintén magas színvonalúak a diákok részére. A lap hibájául rovom fel, hogy nem nyugtázzák a beérkezett cikkeket, amelyek egyes esetekben sem meg nem jelennek, sem vissza nem küldik őket.

Az ifjúság részére van egy jó lap: az Ifjú technikus, mely sokban pótolja a középiskolai fizika lap hiányát. Sok fiatal olvassa az Élet és Tudomány c. folyóiratot, mely különösen az utóbbi időben igen nívós lett, valamint a Természet és Technikát is. Javasolom, hogy jobban kellene igazodnunk a fiatalokhoz, azt kellene írni, amit ők olvasni szeretnének.

Bardócz Árpád: Az egész kérdés rendkívül leegyszerűsítve jelent meg Szamosi kartárs előadásában. Hozzászólásomban a tárgykört szeretném két részre felosztani: 1. oktatási, 2. kutató fizikai tárgykörre. Csak a másodikkal szeretnék most foglalkozni.

Nyilvánvaló, hogy a magyar elméleti és kísérleti fizikai kutatások eredményeit olyan helyen kell közzétenni, ahol az az érdeklődőkhöz önmagától el is jut. Tekintve, hogy hazánkban csak egy idegen nyelvű fizikai folyóirat van, az Acta Physica, ezért minden olyan tárgyú cikket, amely hasonló nívójú külföldi fizikai folyóiratban megjelenhet, az Acta Physicának is közölnie kell. Ezzel szemben az a helyzet, hogy az Acta Physicában elsősorban kifejezetten elméleti jellegű cikkeket közölnek és olyan kísérleti fizikai tárgyú dolgozatokat, amelyeket a Review of Scientific Instruments, Journal of Applied Physics, Journal of the Optical Society of America, Spectrochimica Acta, Journal of Scientific Instruments, British Journal of Applied Physics stb. folyóiratok leközölnék, az Acta Physica nem akarja elfogadni, hanem az Acta Technicába, vagy más folyóiratban való közlésre irányítja. Ez nézetem szerint teljesen hibás eljárás, mert a kérdéses dolgozatok az Acta Technicában vagy más helyen teljesen eltemetődnek. Ezért sürgősen dönteni kell afelett, hogy milyen tárgykörön belül közli le a fizikai tárgyú közleményeket az Acta Physica. Ha a döntés az volna, hogy az Acta Physica csak elméleti vonatkozású munkákat közöl, úgy vagy kell csinálni egy idegen nyelvű kísérleti fizikai folyóiratot, vagy pedig ilyen dolgozatokat külföldre kell engedni leközlés végett. Hogy ezen a vonalon milyen nehézségek vannak, meg kívánom említeni, hogy fentiekre való tekintettel még múlt év áprilisában kértem az Akadémiától négy cikkem külföldre való küldésének engedélyezését. Ezt az Akadémia nem engedélyezte, viszont annak ellenére, hogy ezeknek a cikkeknek előzményei az American Journal of Physics, a Journal of the Optical Society of America, a Spectrochimica Acta és Nature című folyóiratokban jelentek meg, mégis az volt a véleményem, hogy ezek az Acta Technicába valók. Ebben a pillanatban még nem tudom, hogy mi lesz a kérdéses cikkek sorsa annak ellenére, hogy több mint egy éve közlésre készen állnak. Ilyen nagy késedelem különösen olyan dolgozatoknál, melyeknek gyakorlati vonatkozásai is vannak, nem engedhető meg.

Ami az Acta Physica külföldi publicitását illeti, több helyről kapott értesülés szerint ezt a folyóiratot külföldön gyakorlatilag nem ismerik. Vannak, akik azt javasolják, hogy az Acta Physica külföldi publicitásának növelése végett több példányt kellene ingyen külföldre küldeni és esetleg a külföldi megismertetés érdekében nagyobb propagandát kellene kifejteni. De, ha tekintetbe vesszük olyan folyóiratokat, mint az Acta Physica Austriaca, Acta Physica Helvetica, Arkiv för Physik, Physica, Indian Journal of Physics stb. már több évtized óta megjelenő folyóiratok igen kis publicitását, nincs okunk feltételezni, hogy az Acta Physica publicitása minden erőlködésünk ellenére is nagyobb legyen ezen folyóiratokénál. Hogy ezekről a folyóiratokról tudunk és ezeket olykor-olykor idézik is, ez még egyáltalában nem jelent publicitást. Jőmagam, aki két évtizede működöm a fizikai kutatás területén, az

utóbb említett folyóiratokból csak a legutóbbi években jutottak példányok a kezembe. Az említett folyóiratok és az Acta Physica publicitásának egyik fő akadályja, azok igen vegyes tartalma. A külföldi nagy, általában elterjedt folyóiratok annyira korlátozott munkaterületeket ölelnek fel, hogy az érdeklődő nem ritkán egy, de leggyakoribb esetben 3–4 folyóiratban csaknem teljes egészében megtalálja az őt érdeklő anyagot. Ezért például nagyon valószínűtlen, hogy a gyakorlati spektroszkópia iránt érdeklődő megrendelje az Acta Physicát, csak azért, mert abban évente őt érdeklő gyakorlati spektroszkópiái tárgyú cikk jelenik meg.

Gyakran történik hivatkozás arra, hogy az Acta Physicát a többi idegen nyelven kiadott magyar folyóirattal együtt külföldi referáló lapok referálják, amit jelentős publicitásnak minősítenek. Nézetem szerint ez a referálás nem jelent komoly publicitást, egyrészt azért, mert a referáló lapokat csak aránylag kevesen nézik át, másrészt pedig ha a referált cikkhez valaki hozzá akar jutni, nagy ügykezési lehetőségeket kell leküzdenie, mert ha pl. különnyomatot akar bekérni, csak hosszas nyomozással és levelezéssel tudja felderíteni azt a helyet, ahonnan a különnyomatot bekérheti, miután a referáló lap a szerző vagy a folyóirat címét általában nem közli. Itt saját tapasztalataim azt az érdekességet mutatják, hogy amíg a külföldön könnyen hozzáférhető folyóiratokban megjelent cikkeimből tucatszámra kérnek be különnyomatokat, addig az Acta Physicában megjelent cikkeim iránt gyakorlatilag semmi érdeklődés sincs.

Azonban, ha különleges szempontok az elmondottak ellenére amellet szólnak, hogy a magyar fizikai cikkek kivétel nélkül az Acta Physicában legyenek közölve, úgy nézetem szerint az egyedüli, publicitást biztosító eljárás abban áll, hogy ezekből a dolgozatokból rövid, előzetes közleményeket közlünk külföldi szaklapokban. Ilyen rövid, előzetes közlemények már pontosan képesek megjelölni a főcikk tartalmát és mivel itt rendszerint a szerző intézetét is közlik, az érdeklődők különnyomatokat könnyűszerrel kérhetnek be.

Különlegesen nehéz a helyzet a magyar fizikai tárgyú dolgozatok lektorálását illetően. A lektorálásoknál nemcsak az a baj, hogy azok nagyon sokáig tartanak, s ezzel késleltetik a cikkek megjelenését, hanem a nagyobbik baj az, hogy az aránylag kisszámú magyar fizikus miatt csak ritka esetben vannak megfelelő szaklektorok. Így azután a lektori vélemények kétfélék. Van olyan lektor, aki csak dicséri a cikket, a szerzőt és a közleményt közlésre ajánlja. A másik fajta lektor mindenben hibát talál, a dolgozatot nem tartja elég szakszerűnek, az vagy túl rövid, vagy túl hosszú, esetleg más folyóiratban való közlésre javasolja. Ezen két szélső fajtájú lektor között természetesen előfordulnak közbenső fokozatok is, olyan lektor viszont, aki komoly szakmai bírálatot adna és ezáltal a szerző munkáját ellenőrizné, gyakorlatilag nem akad. A lektori bírálatok majdnem kivétel nélkül ügykezési jellegűek. Igen megnyugtató a szerzőre külföldi folyóiratokban való közlés esetén az a tény, hogy a legtöbb esetben megfelelő lektorok állnak rendelkezésre és a cikk esetleges hiányosságai ilyen módon már a megjelenés előtt felderíthetők.

A Magyar Fizikai Folyóirattal kapcsolatban a következőket szeretném elmondani: Az említett folyóirat megjelenése előtt az országban nem volt olyan magyar nyelvű fizikai folyóirat, amely a magyar elméleti és fizikai kutatásokkal kapcsolatban megjelent cikkeket közölte volna. Hasonló tárgyú cikkek különböző folyóiratokban elszórva jelentek meg. A Magyar Fizikai Folyóiratnak az a hivatása, hogy ezt az állapotot megszüntesse és elsősorban a tudományos kutató rendelkezésére álljon. Ennek a lapnak közölnie kell minden újszerű elméleti és kísérleti fizikával foglalkozó cikket és meg kell hogy valósítsa a fizikai kutatás és az ipar közötti kapcsolatot. Rendeket szabályozza minden idegen nyelven megjelenő cikkek magyar nyelven való megjelenését. Ezek a cikkek magyar nyelven elsősorban a Magyar Fizikai Folyóiratban jelenjenek meg. Ezért

nézetem szerint a Magyar Fizikai Folyóiratot egészen el kell választani az oktatástól, a középiskolai színvonalról. Utóbbi célra már van egy folyóiratunk, a Fizikai Szemle.

Szamosi kartárs nem emlékezett meg a KFKI Közleményekről, ami szintén a fizikai folyóiratok közé tartozik. Sajnos, a lap nem reprezentatív külsejű, rossz papíron jelenik meg és litografált. Pedig helyes lenne, hogy ha egy ilyen nagy Intézet lapot ad ki, az olyan legyen, hogy megfelelően képviselje az Intézet jellegét s nagyságát.

Nagy Elemér: Az Acta szétoztása külföldön nincs megszervezve. Sehol nem lehet ezt a lapot megtalálni, csak személyes kapcsolatok útján juthat valaki hozzá. Erről személyesen győződtem meg angliai és holland ismerősöktől. Nem lehetne-e a külföldi lapokban felhívást közzétenni, hogy felhívják a figyelmet az Actára és előfizetéseket gyűjtsenek rá?

Az Acta szerkesztésénél különben is sok a hiba. A baj lényegét abban látom, hogy mindenki fél a felelősségtől. A szerkesztőbizottságnak kellene felelősséget vállalnia, hogy melyik cikk jelenhet meg benne és melyik nem. Így nem fordulna elő az, hogy csak páratlan számú lektor felkérése esetén tudnak dönteni egy cikk megjelenéséről.

Szeretném még megjegyezni, hogy én feltétlenül helyesnek tartom, hogy minden szake cikk magyar nyelven teljes terjedelemben jelenjen meg. Azt javasolnám azonban, hogy a Magyar Fizikai Folyóirat ne közzölje le teljes szöveggel a cikket, csak rövid, kb. egy oldalas összefoglalóval ismertesse. Ha valakit azután egy bizonyos szake cikk érdekelné, azt különnyomatban, teljes terjedelemben olcsón megvehetné. Ezáltal egy-egy számban sokkal több cikket lehetne leközölni és olcsóbb is lehetne a lap. Egyúttal a papírral is takarékoskodhatnánk és több cikket jelentethetnénk meg egyszerre.

Haasz István: A Geofizikai Intézet Közleményeire hívnám fel a figyelmet. Ez könyvkereskedői forgalomba nem kerül. A cikkeket magyar nyelven írják, rövid, idegen nyelvű kivonatokkal. Amelyik cikk azután külföldön érdeklődésre talál, azt lefordíttatják.

Szamosi elvtárs által elmondottakhoz kiegészítésül hozzá kívánom még fűzni, hogy az Akadémiai Matematikai és Fizikai Lapok kezdetben is magyarul jelentek meg. Volt külön egy német lap is, majd később a kettőt összeolvastották.

Gáspár Rezső: Be szeretném mutatni egy kézirat sorsát, míg az eljut odáig, hogy az Actában megjelenjék, pontokba szedve a különböző fázisokat:

1. A szerző, aki a cikket megírja (ez talán a legfontosabb).
2. A szerkesztőbizottság, mely elé a cikk először kerül.
3. A lektor, illetve a lektorok sora, nevezetesen első és második lektor, illetve, ha a véleményük nem egyezik meg, jön a harmadik lektor stb.
4. A szerkesztőbizottság ülése, mely a lektori vélemények alapján dönt arról, hogy a cikk megjelenik-e vagy sem.
5. Akadémiai Kiadó.
6. Ezután következik a nyomdai munka, melynek folyamán a cikk megjelenik.

Az Akadémia elnöksége határozata alapján az 5. és 6. pontok, azaz az Akadémiai Kiadó és a nyomdai munkák négy hónapot vesznek igénybe. A lektorálási idő lektoronként egy hónap, a nyelvi lektorálási idő két-három hét. Ennyi az az idő, melyre feltétlenül szükség van egy szám megjelentetéséhez.

A lap rendszertelen megjelentetésével kapcsolatban a következőket szeretném megjegyezni: ahhoz, hogy egy szám megjelenjen, a leglényegesebb, hogy a szerzők cikkeket küldjenek be; ha a cikkek folyamatosan jönnének a szerkesztőségbe, a lap is rendszeresebben jelenhetne meg. Az elmúlt évben előfordult pl., hogy az utolsó szám megjelenésétől, tehát augusztustól

egészen november 15-ig nem volt a szerkesztőségben kézirat, csak kb. 20–25 oldal terjedelemben. Ahhoz pedig, hogy egy Acta szám megjelenhessen, legalább 60 oldalnyi anyag van szükség. Decemberben pedig annyi cikket kaptunk, hogy most dupla szám fog megjelenni. Nem tudom elégszer hangsúlyozni, hogy a szerkesztőség nem tart magánál kiadatlan számot: amint egy számra való anyag együtt van, azonnal lekerül a nyomdába. Ezért lényeges, hogy a cikkek folyamatosan érkezzenek.

A publikálás sorrendjének szempontjából igen fontos a lektorálási időtartama. Ha a cikk világos, precíz munka, a lektor gyorsabban készül el munkájával és így előfordulhat, hogy ez a cikk hamarabb megjelenik, mint egy régebben leadott, de nem alapos munka, melynek lektorálása csak lapzárta után készül el. Viszont a lektoroktól lapzárta után — ha csak egy nappal is — beérkező cikket a fennálló rendelkezések értelmében már csak a következő számban tudjuk leközölni.

Most néhány szóban szeretnék válaszolni Szamosi elvtársnak a magyar nyelvű publikálásokra vonatkozó előbbi állításaira. Szamosi elvtárs javasolta, hogy a Magyar Fizikai Folyóiratba ne kerüljön bele teljes terjedelemben az Actában már előzőleg megjelent cikk (hogy ezáltal ne kapjunk egy magyar nyelvű második Actát), hanem csak a lerövidített összefoglalása. Ez azonban nagy hiba lenne, mert egy cikket nem lehet eltemetni. A magyar nyelvű cikkek közlésére pedig egy új, negyedik lap beindítása csak papírpazarlás lenne. Javaslatom a következő: jelenjen meg minden hazai önálló dolgozat teljes terjedelmében a Magyar Fizikai Folyóiratban, mégpedig ott először, és csak azután közöljék az Actában is. Ilyen sorrendnél azután esetleg lerövidülhetne az Acta megjelenési ideje is, hiszen ha a cikk már előzőleg megjelent, két lektor már véleményezte és az Actában való megjelenésnél a két hónap lektorálási időből legalább egyet meg lehetne takarítani.

Szamosi Géza: Félreértések elkerülése végett el szeretném ismételni a cikkek magyar nyelven való megjelenésére vonatkozó előbbi állításomat: Én nem akarok egy cikket sem eltemetni, csak azt mondtam, hogy semmi értelmét nem találom annak, hogy egy idegen nyelven az Actában megjelent cikk szóról-szóra jelenjen meg a Magyar Fizikai Folyóiratban. Ez a lap a cikk témájáról szóló magyar nyelvű értékes színvonalú összefoglalást kellene közöljön, melyben természetesen szerepelne az önálló eredmények is.

Marx György: Én sem látom értelmét annak, hogy egy cikk ugyanolyan részletesen jelenjen meg magyar nyelven, mint ahogy idegen nyelven már előzőleg megjelent. Elégnek tartanám, ha másodsorban csak lerövidítve jelenne meg. Az Acta cikkek — kevés kivétellel — részletmunkák, a fiatal magyar fizikusokat viszont inkább az összefoglaló cikkek érdeklik.

Az Actával kapcsolatban a lektorálás kérdéséhez szeretnék hozzászólni. Előfordul olyan eset is, mikor valaki olyan feladattal foglalkozik, amivel nálunk eddig senki sem foglalkozott még, a lektor, akinek ez a téma szintén szokatlan, elveti azzal, hogy nem érdekes. Pedig külföldön megjelennek ilyen tárgykörbe tartozó dolgozatok is, esetleg csak nálunk újszerű még a téma.

A középiskolai cikkekkel kapcsolatban a következőket szeretném megjegyezni. Nem hiszem, hogy egy középiskolai fizikus lap megjelenését erőszakolnunk kellene. Inkább úgy segítsünk ezen a problémán, hogy a már meglévő olyan lapokba, melyeket az ifjúság kedvel, mint pl. a Természet és Technika, Ifjú technikus, jobb fizikusok is írának cikkeket.

Gyulai Zoltán: Éppen úgy mint nálunk, nemzetközileg is nagy probléma a fizikus lapok kérdése. A nehézség itt is ugyanaz, mint a kongresszusok rendezésénél: túl sok a beküldött cikk, nem lehet mindegyiket leközölni, elolvasni.

Tekintsük át kissé folyóiratainkat:

Az Acta Physica Hungarica az Akadémia külföld felé menő folyóirata. Helyes szempont, hogy a magyar publikációk egyesítve jelenjenek meg külföldön, csak nagyobb számban kellene a lapot kiküldeni.

Mint az előbbi hozzászólásokból látom, főleg az Acta cikkek magyar nyelvű megjelenése problematikus. Kétségtelen, hogy minden hazai munkát magyarul is meg kell jelentetnünk, mert különben nem tud kialakulni nálunk egy fizikus műnyelv. Itt azonban komplikációt jelent, hogy egy időben az Osztályközleményekben jelentek meg az Acta cikkek magyarul, kicsit talán részletesebben. Ezt a szerepet most átvette a Magyar Fizikai Folyóirat. Ez helyes, mert ez utóbbi lap könnyebben megrendelhető. Azonkívül a szerkesztőségnek is nagyobb szabadsága van. Hogy azután az Osztályközleményeknek mi lesz a végleges sorsa, az majd magától megoldódik. Fontos az, hogy a Magyar Fizikai Folyóirat rendszeresen jelenjen meg és találja meg a magyar fizikusok és technikusok felé vezető utat. Egy folyóiratnál mindig meg kell várni, hogy kialakuljon, nem célszerű folyton változtatni a jellegét.

A Fizikai Szemlét fizikusok és középiskolai tanárok felé adják ki. A középiskolai tanárok azonban nem nagyon érdeklődnek iránta. Ennek talán az lehet az oka, hogy már úgy is nagyon túl vannak terhelve. De ha a folyóirat megvan, fokozatosan mégis csak terjed. Hogy milyen tárgyú cikkek jelenjenek meg a lapban, azt nem szövegzném le előre mereven, a szerkesztőség feladata a megrajzolt határvonalakat kitölteni. Feltétlenül javasolom ugyan, hogy a Fizikai Szemlét minél nagyobb számban terjesszük a középiskolai diákok felé, de mindamellett nem tartom helyesnek, hogy a diákokhoz is szóljon, ha csak kismértékben is, mert ez ismét erős inhomogenitást jelentene a lap tartalmában. Ezzel szemben helyesnek tartanám, ha az iparban dolgozók felé is szólna, olyanok számára, akik érdeklődnek a fizika iránt. Ezenkívül szóljon a Fizikai Szemle még az egyetemi hallgatókhoz is és adjon helyet pedagógiai tárgyú cikkeknek is. Jó lenne ezenkívül, ha a Szemle a nemzetközi irodalmat is röviden referálna.

A magyar fizikai folyóiratokról általánosságban szólva nem szükséges az, hogy az egyes lapok profilját túlélesen meghatározzuk. Ez idővel lassan ki fog alakulni. Ehhez a folyamathoz szükséges, hogy a szerkesztőségek is többet merjenek. Megtörténhetik, hogy egyszer melléfognak, de ez nem olyan nagy baj. Tegyük fel, hogy rámegegy a melléfogásokra az évi önköltség 20%-a. Ez még mindig megéri, mert a szerkesztőség csak tanul minden hibán. A szerkesztéshez hozzátartozik, hogy valami nem sikerül. Így van ez a kísérleteknél is. Itt is előre számolnak vele, hogy egyes alkalmakkor a kísérletek nem sikerülnek és egy műszer vagy alkatrész elromlik. Ebből az illető azonban mindig csak tanul és a kár javára válik.

Nem tartom lehetetlennek a kooperációt a Matematikai Középiskolai Lapokkal, habár a matematika és fizika vonalán igen lényeges tárgyi különbség van. A Matematikai Lapoktól azt kívánjuk, hogy nívós legyen, hogy a diákokkal a matematikát megkedveltesse és ezt feladatokkal lehet elérni. A fizikával más a helyzet. A fizikában ugyanezt a laboratóriumi munka végezné el. Erre azonban nincsen lehetőség. Ha a középiskolai fizikát bővíteni akarjuk, annak az az útja, hogy a diák többet kísérletezzon. Ezt persze lappal elérni nem lehet. Valami eredményt azért mégis el lehet érni, nevezetesen azt, hogy ha a matematika és fizika együtt szerepelne a lapokban, a diákokba beleidegződne a kettő összetartozandósága.

Volt a minisztérium kezdeményezésére egy mozgalom: bizonyos fizikai részletkérdések egyszerű tárgyalásmódon jelentek meg kis füzetekben. Ilyen módon tényleg lehetne a diákok perspektíváit növelni. Sajnos, az eddigi füzetek igen kisszámúban jelentek meg, hamar elfogytak és ezáltal egy-egy értékes munka a közösség számára elveszett. Újra ki kellene adni ilyenfajta kis füzeteket, melyből a diákok könnyen megérthetik és megkedvelik az anyagot.

Sándor Endre: Az előző felszólalásokban említés történt arról, hogy az Acta Physica 1300-as példányszámából igen kevés jut el külföldre, úgy, hogy a legtöbb európai ország fizikusai nem ismerik az Actát. Ez annál

nagyobb baj, mivel az Acta elsősorban a külföld számára készül, s az a fő feladata, hogy a külföld felé közvetítse a magyar fizikai kutatások eredményeit. Ennek a feltűnően gyenge publicitásnak az Acta rövid múltja és rendszertelen megjelenése mellett feltehetően oka az elégtelen terjesztési propaganda is. A helyzet megjavítására két javaslatot tesztek:

1. Az Acta hirdessen hosszabb időn keresztül több ismert külföldi szaklapban.

2. Az Acta valamelyik, reprezentatív célokra különösen alkalmas számából nyomjanak pár százal több példányt, s ezeket juttassák el mutatványszám formájában különböző külföldi tudományos intézményekhez, illetve neves fizikusokhoz.

Szigeti György: Az Acta Physica sokáig húzódozó megjelenési idejénél a hibák egy része az adminisztráció túlzott voltára vezethető vissza. Szerintem igen sok az Akadémiai Kiadóra és nyomdára előirányzott 4 hónap. Ha valaki egy cikket beküld a szerkesztőségbe, legjobb esetben 9 hónapnak kell eltelnie ahhoz, hogy a cikk nyomtatásban megjelenjen. A felelősség túlzott megosztása is hátráltatja a cikk megjelenését.

A másik baj az, hogy minden fizikusunk »fel van aprózva«. A különböző szerkesztők idejüknek csak egy tized részét tudják erre a munkára fordítani és ebben az esetben tíz tized nem egyenlő sajnos egy egésszel. Egy valakinek kellene ideje nagyobb részét erre a munkára rászánnia. A lap felelős szerkesztője vállalja a cikkek megjelenéséért vagy meg nem jelenéséért a felelősséget. A felelősséget meg megosztja vele az intézetnek — ahonnan a cikk kikerül — a vezetője. A felelős szerkesztő terjeszteni a kész számot a szerkesztőbizottság elé, azt ott referálná, azután a bizottság változtathatna, vagy javaslatokat hozhatna a cikkel kapcsolatban. Így sok időt lehetne megtakarítani, mert ha a tanszék vagy intézet vezetője jónak találja a cikket és vállalja a felelősséget, miszerint az nem tartalmaz szakmai hibát, a két lektorálás is feleslegessé válna. Az effektív megjelenéshez szükséges négy hónapot is csökkenteni lehetne. Vajon, ha ennyi idő feltétlenül kell egy lap megjelenéséhez, hogyan jelennek meg a napilapok? Egyik munkatársammal történt meg a következő eset: kb. egy évvel ezelőtt beküldött cikke nem jelent meg még máig az Actában, ugyanakkor a Journal of Applied Physics-ben egy egészen hasonló cikk megjelent (még szerencse, hogy nem egészen ugyanaz).

Az Acta külföldi publicitásának terén is kellene valamit tenni. Nehezményezem, hogy lapunkat külföldön alig ismerik.

A Magyar Fizikai Folyóirattal kapcsolatban mindkét felvetett szempontot el kell fogadni; vagyis mind az Actában megjelent cikkek magyar fordításai, mind pedig értékes összefoglaló cikkek is jelenjenek meg benne. Itt is hangsúlyozni kívánom újra, hogy a szerkesztéssel ne bizottság foglalkozzon, hanem lehetőleg egy ember, de az szívvvel-lélekkel és minden idejének ráfordításával. Az eddigi számok nagyon szépek voltak. De hibának tartom, hogy pl. a kongresszus anyagának megjelenéséhez kb. másfél-két évre van szükség, ha csak számonként egy-egy előadás jelenik meg, holott ez nem helyes, hiszen az ott elhangzott előadások mindegyike külföldi publikálásnál is megállta volna a helyét. Hibául rovom fel azt is, hogy az egyes számok rendszertelenül jelennek meg, valamint azt is, hogy a múlt évben összesen egy szám jelent csak meg.

A Fizikai Szemlééről nem kívánok szólni, ott már eljutottunk odáig, hogy a dolgok simán, rendben mennek.

Gáspár Rezső: Legyen szabad az Actával kapcsolatban még egy pár dolgot megemlítenem. Jénában volt módomban az Acták publicitásának utánanéznem. A cserepéldányok könyvtárak mélyén vannak eltemetve. A jénai kollegák nem is tudnak róla, hogy a könyvtárnak ez a lap jár. Ugyanakkor a jénai Fizikai Intézetnek is jár egy példány, ott mindenki átnézi és igen nagy érdeklődéssel olvassák. Sajnos, az Actának külföldre küldött példányszámai közül igen sok az előbbi

sorsra jut. Amikor a lap a könyvtárba megérkezik, ott feldolgozzák a szokásos könyvtári adminisztrációval és félreteszik a lapot. A fizikusok nem is tudnak róla. Feladatunk ezek szerint most az lenne, hogy az Actát ne a könyvtárakba, hanem a fizikusok kezébe juttassuk el. Erre már több utat megpróbáltunk, de egyik sem vált be. A hirdetést még nem próbáltuk, most ezzel fogunk kísérletezni.

A rendszertelen megjelenési idővel kapcsolatban csak annyit szeretnék még hozzáfűzni, hogy ezen csak úgy lehetne segíteni, ha az Actában publikálandók száma megnövekszik és a cikkek a szerkesztőségbe egyenletesebben fognak beérkezni. Újra hangsúlyozni kívánom, hogy a szerkesztőségben még egy napnál hosszabb ideig nem volt teljes lappeldányt kitevő kézirat.

Turchányi György: Szigeti elvtársnak szeretnék válaszolni a Magyar Fizikai Folyóirattal kapcsolatban elmondottakhoz. A Magyar Fizikai Folyóirat megjelenése nincs elmaradva. Évente 6 szám jelenik meg belőle, nagyjából mind a 6 szám anyaga már most a szerkesztőség birtokában van. Mikor a múlt év végén az ezévi 1. szám anyagát beküldöttük, a Kiadó a beküldött anyagot egy szám számára soknak találta és ezért a szerkesztőséggel abban egyezett meg, hogy a beküldött anyag mint összevont 1–2 szám fog megjelenni. Ebből viszont az következett, hogy a még erre a félévre beütemezett 3. szám és az 1–2 duplaszám megjelenése között 2 hónapnál nagyobb köz lett.

A kongresszusi előadások közlése még az idén befejeződik. A csütörtöki nap előadásának szövegét az előadók kívánságára lapunk más rovataiban, más számaiban fogjuk közölni. Van közöttük olyan is, ami már az Osztyájközleményekben nemrég megjelent.

Bardócz Árpád: Ismét az Actával kapcsolatban szeretnék hosszászólni. A beküldött cikkek késedelmes megjelenése főleg technikai cikkeknél igen veszélyes lehet, mert gyakran elfordulhat, hogy hasonló tárgyú problémát már először valaki más egy szaklapban leközölt. Az Actánál talán az is hiba, hogy túl sokféle cikket közöl. Persze ugyanez áll a többi tárgykörre is. Ha az Actát meghagynánk elméleti cikkek közlésére és készítenénk egy új lapot a kísérleti publikációk számára, ez a cikkek megjelenését is meggyorsítaná. Ha pedig a lapot továbbra is meghagynánk elméleti és kísérleti cikkek publikálására egyaránt, úgy a szerkesztőség törekedjék arra, hogy a cikkek beérkezési sorrendben, folyamatosan nyomdába jussanak.

Marx György: Meg szeretném még kérdezni a következőt: Ha az Actában eddig már megjelent összes cikk magyar fordításának meg kell jelennie a Fizikai Folyóiratban, nem jelenti-e azt, hogy a közérdekű összefoglaló cikkek kizorulnak onnan?

Turchányi György: Marx kartárs második kérdésére szeretnék válaszolni. A Magyar Fizikai Folyóiratban lehetőleg eredeti cikkeket közlünk. Arra nem gondolunk, hogy valamennyi, az Actában már régebben megjelent dolgozatot magyar nyelven a Magyar Fizikai Folyóiratban közöljünk le. Általában csak azokat a dolgozatokat fogjuk megjelentetni, melyeket szerzőjük a folyóiratunkba ebből a célból beküldtek.

A lapban már eddig is jelentek meg és megjelenőben vannak hosszabb összefoglaló cikkek külföldi szerzőktől. Ilyen cikkeket lerövidítve is közlünk majd folyamatosan. Úgy látom azonban, az anketon elhangzottak alapján, hogy a Magyar Fizikai Folyóirat szerkesztőségének ezt a kérdést külön meg kell vizsgálnia.

Gyulai Zoltán: Az Acta külföldi publicitásával kapcsolatban lenne még egy javaslatom: szerintem úgy lehetne megjavítani a publicitást, ha a lapot a Fizikai Intézetek könyvtárainak küldenék meg, azt az ott dolgozó fizikusok feltétlenül látnák és kézbe vennék.

Szamosi Géza: A hozzászólások igen értékesek és tartalmasak voltak. Különösen köszönetet akarok mondani Tarján Ferenc elvtársnak az elmondottakért. Bardócz kartársnak az a válaszom, hogy az ő esete speciális eset. Mindenesetre sajnálatos, hogy 1953. áprilisa óta négy cikkével labdázunk a szerkesztőségben. Határozza

meg végre illetékes szerv, hogy az Acta milyen tárgyú cikkeket hozzon, az oda nem tartozó cikkek pedig melyik lapban jelenjenek meg. Hiszen a technikai-fizikai publikálásról is gondoskodni kell.

Az Acta publicitása külföldön valóban rossz. Pál Lénárd szerint a Szovjetunióban sem ismerik. El kellene tehát fogadni Sándor Endre javaslatát, hogy az Actát hirdetni kellene. A ZAMP pl., mely már 3–4 éve jelenik meg, még ma is sok folyóiratban hoz hirdetéseket előfizetők gyűjtésére.

Mint az több hozzászólásból kitűnt, az Acta cikkek megjelenési idejét szabályozni kell. Az a 9 hónap, melyet Gáspár Rezső az előbbiek folyamán vázolt, optimális idő csak, hisz sokan kiegyeznének, ha beküldött cikkük 9 hónap múlva nyomtatásban megjelenne. Ez a hosszú idő nem természeti törvény, ezen feltétlenül javítani kell. A lektorálás is csak vétőt jelent, mert az sajnos minden esetben csak gátol. Szigeti elvtárs javaslatát nem tartom helyesnek, ugyanis míg külföldön nem publikálhatunk, nem lehet 2–3 fizikusra bízni a döntést, ki és mit publikálhat Magyarországon.

Határozati javaslatnak a következőket ajánlanám és kérem, hogy vitassuk meg az egyes pontokat:

1. Az Acta hasson oda, hogy a beküldött cikkek átlagban 6 hónap alatt jelenjenek meg.

2. Az Acta hirdessen külföldi lapokban, hogy nagyobb publicitást nyerjen.

3. A Magyar Fizikai Folyóirat közölje az Actában megjelent cikkek összefoglalását, valamint nagyszabású összefoglaló cikkeket a fizika modern területeiről.

4. A Fizikai Szemle nagyobb súllyal és magasabb színvonalon foglalkozzon a kutató fizikusok és középiskolai tanárok problémáival.

Bardóc Árpád: Kössék ki, hogy az Actában milyen cikk jelenjen meg: kísérleti vagy elméleti, vagy mindkettő. Az Acta döntson, mi legyen a profilja és ami abba nem fér bele, engedjék át külföldi publikálásra.

Hoffmann Tibor: Az Acta profilja az egész fizika kell legyen, nemcsak az elméleti fizika, tekintve, hogy ez az egyetlen folyóirat, melyben magyar fizikusok külföld felé publikálhatnak. Egyébként az Acta már eddig is hozott kísérleti cikkeket.

Szigeti György: Csatlakozom Hoffmann Tibor véleményéhez. Amíg csak egy ilyen lapunk van, annak mindent ami fizika, közölnie kell. Különbösen is a külföldi publikálások lehetőségei — úgy tudom — rendeletileg is szabályozva vannak. Azt hiszem, csak azt szabad külföldön publikálni, ami itthon már megjelent. De ennek mindenestre pontosan utána kellene nézni a megfelelő rendeletben.

Marx György: Érdemes lenne a határozati javaslatba belevenni, hogy szükségesnek látjuk, hogy az összes fizikai folyóiratunk határozott időben megjelenjék és minden folyóirat a beküldött cikket nyugtázza és közölje a szerzővel, hogy cikkét elfogadták-e.

A külföldi publikálás nehézségeit talán úgy lehetne enyhíteni, ha az Akadémia engedélyzné, hogy magyar szerzők cikkeiknek rövid kivonatát közöljék külföldi folyóiratokban (akár nyugatiban), megjelölve természetesen, hogy a teljes cikk melyik magyar folyóiratban jelent már meg. Ez egyben az Acta publicitásának növelésére is kiválóan alkalmas módszer lenne.

Meg szeretném még jegyezni, hogy a határozati javaslat 4-ik pontját, mely a Fizikai Szemlére vonatkozik, nem tartom elég konkrétnek.

Szamosi Géza: Marx György javaslatát helyeslem. Vegyük be a határozati javaslatba azt is, hogy külföldi folyóiratokban jelenjenek meg magyar cikkek rövid kivonatai, utalással arra, hogy az melyik magyar folyóiratban jelent már meg.

Hoffmann Tibor: Még a határozati javaslat 3. pontjához szeretnék hozzászólni. Véleményem szerint az teljesen a szerzőtől függ, hogy a cikket, mely az Actában megjelenik, lerövidítve, kibővítve vagy ugyanolyan terjedelemben akarja-e közölni a Fizikai Folyóiratban, tehát nem lehet általánosságban kimondani, hogy a cikkeket lerövidítve, mint összefoglalást közöljék.

A ülés lezárása

Szigeti György elvtárs — a határozati javaslat pontos megszövegezése után — az ülést bezárja.

Határozati javaslat

1. Az Akadémia hasson oda, hogy az Acta Physicába beküldött cikkek legkésőbb 6 hónapon belül jelenjenek meg.

2. Az Acta hirdessen a külföldi lapokban, hogy valamelyes publicitást nyerjen.

3. A Magyar Fizikai Folyóirat a lehető legnagyobb számban közöljön nagyszabású összefoglaló cikkeket hazai és külföldi szerzőktől, a fizika minden területéről.

4. A Fizikai Szemle tervszerűbben közöljön középiskolai tanárok és kutató fizikusok érdeklődési körébe vágó ismeretterjesztő cikkeket.

5. Amennyiben az Acta Physica valamely értékes önnálló eredményt tartalmazó dolgozatot nem tart saját maga által megszabott tárgykörébe vágónak, úgy az Akadémia gondoskodjon annak megfelelő szaklapban való elhelyezéséről.

6. Szükségesnek tartjuk, hogy minden folyóirat az előre megszabott rendszeres időközben jelenjen meg, ha kell, akár rövidebb terjedelemben is.

7. Minden folyóirat a cikk beérkezése után azonnal nyugtázza a cikk beérkezését és a szerzőket három hónapon belül értesítse a publikáció sorsáról.

8. Helyes, ha a magyar kutatásokról rövid összefoglalás jelenik meg a külföldi lapokban, közölve, hogy a cikk részletesen melyik magyar folyóiratban jelent meg.

AZ 1954. ÉVI EÖTVÖS-FIZIKAI VERSENY

A Társulat 1954. november 13-án tartotta meg az Eötvös-fizikai versenyt. Ebben az évben, megfelelően az Eötvös-verseny régi előírásainak az 1954-ben érettségizettek vehettek részt a versenyen, hiszen a gimnáziumi tanulók ebben az évben már összemérhették erejüket a Rákosi-versenyen. A versenyfeladatok a gimnáziumi fizikaanyag ismeretét tételezték fel és így szóltak:

1. Egy katódsugárcsőben az anódra 100 000 Volt feszültséget kapcsolunk. Az anód 1 cm² felületű 1 mm vastag platinalemez. Egy perc alatt 20 C°-ról 1420 C°-ra melegszik fel. Hány elektron érte a lemezt?

A beérkező elektronok energiájának 60%-a fordítódik a lemez melegítésére. A platina sűrűsége 21,4 gr/cm³, fajhője 0,032 kal/grfok, az elektron töltése 1,6 · 10⁻¹⁹ coulomb.

2. 1 cm sugarú vasrudat szorosan vesz körül 1 cm falvastagságú vörösréz köpeny. Hosszuk 50 cm, mind-egyik végük össze van hegesztve. Mennyivel lesz hosszabb a rúd, ha 0 C°-ról 200 C°-ra melegítjük? Nyújtási rugalmassági állandó vasnál 5 · 10⁻⁵ mm²/kgs, réznél 8 · 10⁻⁶, mm²/kgs; hőtágulási együttható pedig vasnál 12 · 10⁻⁶, ill. réznél 16 · 10⁻⁶ fokónként.

3. Plankonkáv (síkhomórú) üveglencse gömbfelületének sugara 50 cm, törésmutatója 1,5. Hogyan viselkedik az előálló leképező rendszer, ha

a) síkfelületével síktükörre,

b) gömbfelületével 50 cm sugarú gömbtükörre helyezzük?

A verseny egyidejűleg folyt le Budapesten, Debrecenben, Szegeden, Miskolcon, Veszprémben, Egerben és Pécsen. A munkaidő 5 óra volt, bármilyen segédeszköz használatát engedélyeztük.

A versenyen 56-an vettek részt, 25-en Budapesten és 31-en vidéken. A dolgozatok túlnyomó többsége részben eredményes munkát tartalmazott. A harmadik feladat megoldása csak néhány versenyzőnek sikerült. A verseny első díját *Vigassy József*, nyerte (a budapesti I. ker. Petőfi Sándor-gimnáziumban *Szűts Pál* volt tanítványa, jelenleg gépészmérnökhallgató a budapesti műszaki egyetemen); a második díjat *Siklósi Péter* nyerte (a soproni Széchenyi István-gimnáziumban *Stubenvoll Nándor* volt tanítványa, jelenleg a veszprémi vegyipari műszaki egyetem hallgatója); a harmadik díjat *Zava-*

dovski Alfréd nyerte (a budapesti I. ker. Petőfi Sándor-gimnáziumban *Szűts Pál* volt tanítványa, jelenleg a budapesti tudományegyetemen fizikus egyetemi hallgató). Dícséretet kaptak első helyen *Kovács László* (a Debreceni Református Gimnáziumban *Nagy Géza* volt tanítványa, jelenleg a debreceni tudományegyetem matematika-fizika szakos hallgatója), második helyen *Szilágyi Sándor* (a szegedi Radnóti-gimnáziumban *Vozáry Pálné* volt tanítványa, jelenleg a budapesti műegyetemen villamosmérnök hallgató), harmadik helyen *Gueth Sándor* (a körmendi gimnáziumban *Lányi Tibor* volt tanítványa, jelenleg a budapesti tudományegyetemen fizikus egyetemi hallgató). A díjak kiosztása december 18-án ment végbe a középiskolás fizikai délutánon.

A FIZIKAI TUDOMÁNY HALADÁSÁBÓL

AZ OKTÓBER 25-I METEORJELENSÉG

Az Uránia Bemutató Csillagvizsgálóhoz beérkezett több mint 1600 jelentés egymagában is igazolja, hogy az okt. 25-én reggel 6 óra 18 perckor feltűnt meteorjelenség az egész ország területéről látható, feltűnő égitünemény volt.



Az október 25-i meteorjelenség fényképe. Biró János sopronmegyei tanító szerencsés felvétele. A nagyobb fényfolt az égitest főtömegét mutatja az izzó légburokkal együtt. A kis ellipszis alakú folt a szétrobbant égitest egyik darabja, mely a főtömeghez képest kissé lemaradt.

A hazai és külföldi híradásokból összegyűjtött adatok nap mint nap egyre nagyobb méretű és egyre izgalmasabb eseménnyé emelik az első pillanatban egy megszokott tűzgömbnek minősített jelenséget.

A pontosabb mérésekkel ellenőrzött első jelentések adatai alapján úgy látszik, hogy az ország egész területéről 30 foknál alacsonyabb szög alatt vonult el a meteor a látóhatár fölött. Minden hazai megfigyelő arccal délnek fordulva északnyugat-délkelet irányban jelölte meg az égitest látszó útját. Budapestről a látóhatár feletti magasság több, műszerrel mért adat szerint 11 fok volt. Az égitest tehát messze országunk nyugati és déli határain túl vonult el.

Egy nem hivatalos, de a mi adatainkkal valószínűsített svájci jelentés szerint az égitest Svájc keleti határa fölött vonult el.

Ezek alapján hazánk lakosai a Föld felszíne felett mintegy 200 km magasságban, tőlük 500—1000 km távolságban lezajlott jelenséget láttak. Ez mindjárt megmagyarázza azt is, hogy viszonylagosan miért látták lassúnak a fényjelenség sebességét a megfigyelők. Az égitest földhöz viszonyított sebessége minden valószínűség szerint nagyobb volt 150 000 kilométer per óránál.

A jelenség rendkívüliségét csak fokozzák azok a következtetések, amelyeket a sok beérkezett rajz alapján az égitest méretére vonatkozólag le kellett vonnunk. Az így megadott méretadatok igen nagymértékben eltértek egymástól. Objektív alapot szolgáltat azonban a mellékelt fénykép.

Ezt az igazán ritka szép felvételt Biró János (Und) sopronmegyei tanító készítette szerencsés véletlen folytán. Ideje volt két képet is készíteni, amelyek közül azonban az egyik elmozdult. A közölt kép eredeti szélessége a tükkörreflexes, Tessar 3,5 fényerejű 7,5 cm fókuszu gép lemezén 1,2 mm. Egy kis számítás meggyőző bennünket arról, hogy 500 km távolságból (Sopron—Svájc) egy 8 kilométeres tárgy látszik 1,2 mm nagyságúnak a 7,5 cm-es fókuszu fényképezőgép filmjén. A képen látható kicsiny levált rész átmérője a valóságban 2 km. A 8 km-es méret nyilván nem csupán magát az égitestet jelenti, hanem a légkörben kialakult izzó légburkot is.

A legóvatosabb becslés szerint nagytömegű óriás-meteorról lehet szó, mely a kíséreljelenségek alapján közelebb áll a kisbolygóhoz, mint a tűzgömbhöz.

Minden jel arra mutat, hogy az égitest 150 km-nél alacsonyabb légrétegbe nem hatolt le. Kozmikus, Földhöz viszonyított sebessége, mely 50 km/sec körül lehetett, semmiképpen nem csökkent le a parabolikus sebesség (11,2 km/sec) alá, azt meg sem közelíthette, így a gravitációtól csak igen kismértékben módosított pályán tovább folytatta útját a Nap körül.

Az Apolló, Adonis és a Hermes kisbolygók mindegyike keresztezi a Föld pályáját. A Hermes 1937. okt. végén járt veszedelmes közelségben a Földünkhöz. A mi égitestünk is ilyen pályájú kisbolygó lehet.

Számos pontos mérési adata és külföldi megfigyelési adatokra lesz még szükségünk, hogy az október 25-i meteor titkát végképpen megfejthessük.

Kulin György

FIZIKAI SZEMLE

Az
Eötvös Loránd
Fizikai Társulat
Lapja

TARTALOMJEGYZÉK:

Szabadságunk tizedik évfordulójára

Szigeti György: Visszatekintés az Eötvös Loránd Fizikai Társulat eddigi működésére

Tarján Imre: Tanulmányút a Szovjetunióban

Keszthelyi Lajos: Az elemek periódusos rendszere

Román Pál: A fizikai vákuum

Bozóky László: A röntgen egységgel kapcsolatos elvi és mérési egység

Jakucs István: Segner András

A FIZIKA TANÍTÁSA

Marx György: A mechanika alaptörvényeinek szerepe az oktatásban

Goll György: Fényelektromos hatás kimutatása ködfénylámpával

FELADATOK

EGYESÜLETI ÉLET

KÖNYVSZEMLE

A FIZIKAI TUDOMÁNY HALADÁSÁBÓL



Felelős szerkesztő: Szamosi Géza

Szerkesztőbizottság:

**Bodó Zalán, Csekő Árpád, Faragó Péter, Keszthelyi Lajos, Marx György, Szamosi Géza,
Szalkai Ferenc, Szigeti György, Tarján Imre, Turiné Frank Zsuzsa, Vermes Miklós**

Szerkesztőbizottság titkára: Turiné Frank Zsuzsa

Szerkesztőség: Budapest, V., Reáltanoda utca 13—15. Eötvös Loránd Fizikai Társulat
Távbeszélő: 187-423

Kiadóhivatal: Akadémiai Kiadó, Budapest, V., Alkotmány utca 21.
Távbeszélő: 111-010 *

Terjeszti a Posta Központi Hírlapiroda Vállalat
Budapest, V., József nádor tér 1. Telefon: 180-850
Előfizetés, személyes ügyfélszolgálat József nádor tér 1, üzlethelyiség. Telefon: 183-022
Csekkszámamlaszám: 61257

Előfizetés egy évre 30,—, félévre 15,— Ft; egyes szám ára 6,— Ft

Megjelenik évente hatszor

ОГЛАВЛЕНИЕ

- К десятой годовщине нашего освобождения
Дь. Сигети: Обзор действительности общества физиков им. Л. Этвеша
И. Тарян: Учебное путешествие в советском союзе
Л. Кестхели: Периодическая система элементов
П. Роман: Физический вакуум
Л. Бозоки: Принципиальные и измерительные проблемы, связанные с единицей рентген
- И. Якуч:* Андрей сегнер
- ПРЕПОДАВАНИЕ ФИЗИКИ
- Дь. Маркс:* Значение основных законов механики в педагогике
Дь. Голл: Подемонстрирование фотоэлектрического эффекта с помощью тлеющей лампы
- ЗАДАЧИ
ИЗ ЖИЗНИ ОБЩЕСТВА ФИЗИКОВ
ОБЗОР КНИГ
ИЗ УСПЕХОВ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

A kiadásért felelős: az Akadémiai Kiadó igazgatója

Műszaki felelős: Szöllösy Károly

A kézirat beérkezett 1955. II. 4. Pédányszám: 1600. Terjedelem: 7¹/₂ (A/5) fv, 19 ábra

Ez a folyóirat MNOSZ 3405 és 5602Á szerint készült

Akadémiai nyomda, Gerlőczy-utca 2. — 35425/55 — Felelős vezető: ifj. Puskás Ferenc

FIZIKAI SZEMLE

AZ EÖTVÖS LORÁND FIZIKAI TÁRSULAT LAPJA

V. évfolyam

2—3. szám

1955. április

Szabadságunk tizedik évfordulójára

Hazánk felszabadulásának tizedik évfordulója, egész népünknek ez a történelmében egyedülálló nagy ünnepe jóleső alkalmat és megtisztelő kötelességet jelent számunkra is, hogy végigtekintsünk elért eredményeinken, jelen munkánkon és jövő terveinken.

A legfőbb tanulság, mely az elmúlt tíz esztendő eseményeiből kibontakozik az, hogy a nép szabadsága és a tudomány szabadsága elválaszthatatlanok egymástól. Tudomány csak akkor virágozhat, termést csak akkor adhat, ha szabad országban szabad nép tudománya. Ékesszólóan bizonyítja ezt felszabadítónknak, a szabad szovjet népnek nagyszerű tudománya, de láthatjuk ezt a magyar fizika példáján is, ha megvizsgáljuk fejlődését a múltban és ma.

A fizika fejlődése hazánkban a felszabadulás előtti időkben lassú, vontatott és egyoldalú volt. Ezt egyedül az akkori társadalmi rend determinálta. Kiváló tudósaink akkor is voltak, ám elszigetelten, magukra hagyatva dolgoztak. Ennek következtében a fizika területén mindjobban elmaradtunk a rohamosan fejlődő nemzetközi élvonal mögött. Lassan fejlődött az elméleti fizika, s még lassabban a kísérleti. Hiányzott a kapcsolat minden tudomány éltető motorjával, az eleven gyakorlattal. Különösen áll ez az első világháborút követő időkre, amikor mind nehezebbé vált azon nagyszerű hagyományoknak folytatása, melyekkel az akkori magyar fizika már bőven rendelkezett, Jedlik Ányos, Farkas Gyula és Eötvös Loránd munkásságának továbbépítése.

Tisztelet és megbecsülés azoknak a tudósoknak, akik vállalva a nehézségeket e nyomasztó időkben is, megfeszített munkával ébrentartották a hazai fizika nagy hagyományait. A kísérleti és gyakorlati fizika területén a tragikussorsú Bródy Imre, Selényi Pál és Schmid Rezső, a ma is közöttünk dolgozó Gyulai Zoltán és Szalay Sándor elsősorban azok, akiknek munkásságára maradéktalanul büszkék vagyunk. Éppenígy az elméleti fizika területén Novobátsky Károlyra, aki elsőnek honosította meg hazánkban alkotó munkásságával a modern elméleti fizikát, az atomfizika első hazai művelőire Neugebauer Tiborra és Gombás Pálra valamint sok más alkotó fizikusra, akiknek legnagyobb része ma is közöttünk él és dolgozik. Kegyelettel emlékszünk

meg Ortvay Rudolfról, aki a ma dolgozó elméleti fizikusok legtöbbszörének tanítója volt.

A felszabadulás idején tehát, bár a magyar fizika igen hátramaradott állapotban volt, mégis volt mire támaszkodnia az újjá- és újatépítés nagy munkájában.

E munka, azaz az elmúlt tíz év eredményeit felsorolni még vázlatosan is lehetetlen. A háborús romok eltakarítása után Pártunk tudománypolitikai határozatai nyomán azonnal megindult egy igen sokirányú fejlődés, melynek eredményeképpen a fizika belső és külső helyzete egyaránt gyökeresen megváltozott. A Tudományos Akadémia újjászervezése biztosította a tudományos irányítás egységét és szakszerűségét, a MTE Sz megalakulása pedig többek között a tudományos munka közvetlen társadalmi jellegét. Javult — bár még sok kívánnivalót hagy maga után — a fizika és az ipar kapcsolata. Egymásután alakultak a tudományos intézetek. Köztük első helyen említjük a magyar tudomány egyik büszkeségét, a Központi Fizikai Kutató Intézetet, hazánk legnagyobb új tudományos létesítményét, mely egyre inkább kezdi betölteni hivatását: a kísérleti fizika legkorszerűbb eszközökkel való fejlesztését. Igen gyors ütemben fejlődő, máris igen produktív atomfizikai osztályai, a nemrég alakult debreceni atommagkutató intézettel együtt a magyar atomfizikai kutatás fejlődésének biztosítékai. A Központi Fizikai Kutató Intézetben indultak meg és hoztak máris eredményeket a Jánossy Lajos hazatéréseivel megindult kozmikus sugárzási kutatások. Hazánkban soha nem látott ütemben fejlődnek és produkálnak új eredményeket a fizika más ágai is. Először a szilárd testek problematikájára vonatkozó kísérleti és elméleti eredményeket említhetjük. A Híradástechnikai Kutatóintézet Bródy Imre laboratóriumában, egyetemi intézetekben, és más helyeken folyó kutatások közvetlen kapcsolatban állanak az ipari gyakorlattal s bizhatunk abban, hogy ezek az eredmények is előreviszik technikánkat. Ugyanez áll a nagy hagyományokkal rendelkező és ma is szép eredményeket hozó elméleti és kísérleti spektroszkópiai vizsgálatokra is.

Merész távlatokat nyitnak az elméleti fizikai kutatások. Ma már a magyar kutatók a fizika alapvető elvi kérdései felé is fordulnak. Az elmúlt

tíz évben számos kiváló eredményt találunk a kvantumelmélet, a relativitáselmélet, a kozmikus sugárzás az atommag elmélete és más elvi fontosságú problémák területén.

Tudományunk további fejlődését szolgálja az a régebben remélni sem mert tény, hogy az egyetemeken okleveles fizikusokat képezünk, akiknek igen nagy szerepük kell legyen egész népgazdaságunk és tudományunk további gyorsütemű fejlődésének elősegítésében. Ma már nem csupán remény, hanem igazolt tény, hogy a fiatal kutatók egyre nagyobb számban érnek el kiváló eredményeket és ez a fejlődés biztató kilátásokat nyújt a közeli és távoli jövőre egyaránt.

Fontos tény, hogy a magyar fizika fejlődése társadalmilag is kedvező légkörben megy végbe. A szocializmus építésének munkája során egy a természettudományos eredmények iránt igen érdeklődő és fogékony közvélemény alakult ki, mely serkentőleg hat az alkotó munkára és ugyanakkor sok kötelezettséget ró a tudomány művelőire.

Szabadságunk első tíz esztendejének eredményei teljességükben természetesen felmérhetetlenek. Öröm-

mel és büszkeséggel állapíthatjuk meg, hogy — bár kétségtelen sok hibát követtünk el és fondátságok is zavarták a nyugodt munkát — a magyar fizikusok általában méltók voltak sok vérrel és áldozattal kivívott szabadságunkhoz. Am tudatában vagyunk annak is, hogy a jövőben minden szempontból növekednek a feladatok, növekednek azok az igények, melyekkel népünk felénk fordul. Tudatában vagyunk annak, hogy a mi munkánknak jelentős része van abban, hogy hazánk erős, független és szabad maradjon, hogy dolgozó népünk mind boldogabban éljen. Hazánk szabadságának ünnepi tizedik évében ezért szükségesnek tartjuk újra leszögezni a magyar fizikusok örök háláját és ragaszkodását hazánk felszabadítójához, tudományban is példaképünkhöz, a Szovjetunióhoz, szilárd elhatározásunkat, hogy a jövőben is Pártunk politikájának követésével fogunk további erőfeszítéseket tenni az emberiség legszebb eszméinek mielőbbi megvalósításáért.

Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat
elnöksége

Visszatekintés az Eötvös Loránd Fizikai Társulat eddigi működésére

Társulatunk mai formájában 1949 február hónapban alakult meg. Ha ezt a dátumot tekintjük csupán, azt kellene mondanunk, hogy Társulatunk a fiatal egyesületek közé tartozik. Ha azonban Társulatunk múltjáról kívánunk beszélni nem szabad megfeledkezni a régi tradíciókat jelentő Eötvös Loránd Matematikai és Fizikai Társulatról, és helyesebb úgy tekinteni, hogy Társulatunk a Bolyai János Matematikai Társulattal együtt ennek a nagymúltú egyesületnek gyermeke.

Az Eötvös Loránd Matematikai és Fizikai Társulat eredete 1885-re nyúlik vissza. 70 évvel ezelőtt kezdtek a budapesti matematikusok és fizikusok rendszeres összejövetelek keretében előadó estéket rendezni, amelyek havonta kétszer kiváló egyetemi és középiskolai tanárok saját kutatásaik eredményéről vagy a tudománynak a matematika, fizika, geodézia területén elért haladásáról referáltak. Ezt a fesztelen baráti társaságot szervezte meg Eötvös Loránd 1891-ben, megalapítva a Matematikai és Fizikai Társulatot. A Társulat virágzó életet élt az első világháború befejeztéig. Előadásokat rendezett, kiadta a Matematikai és Fizikai Lapokat, évi kb. 30—32 ív terjedelemben, tanulóversenyeket rendezett, stb. Ha megnézzük a Társulatnak ebben az időben való működését, úgy azt látjuk, hogy az előadások és a cikkek kb. kétharmada jut a matematikára és egyharmada esik a fizikára. A Társulat fokozatosan fejlődött az első világháború kitöréséig. Az utolsó békeévben, 1913-ban, 387 tagot számlált és a Matematikai és Fizikai Lapok előfizetőinek száma

118 volt. (Érdemes megemlíteni, hogy 387 tag között összesen 4 nőtagja volt a Társulatnak.)

A két háború közötti időben, a Társulat működése lényegesen visszaesett. Így pl. 1935-ben a Matematikai és Fizikai Lapok terjedelme már csak évi 11 ívet tesz ki. Az arány a matematikai és fizikai tárgyú közlemények között azonban továbbra is a régi maradt. A második világháború végén a régi Társulat megszüntette működését.

5 éves szünet után, 1949 elején indul meg felszabadított, újjáépülő hazánkban a Műszaki és Természettudományi Egyesületek Szövetségének kezdeményezésével a tudományos egyesületek szervezkedése. Most a matematikusok és fizikusok külön egyesületekben tömörülnek. A fizikusok egyesülete a mai Eötvös Loránd Fizikai Társulat és lapja a Fizikai Szemle. A Fizikai Szemle mellett azonban ma már ott áll a fizikusok közleményei céljára a Magyar Tudományos Akadémia idegen nyelvű folyóirata: az Acta Physica Academiae Hungaricae; a Magyar Tudományos Akadémia III. Osztályának Közleményei és a Magyar Fizikai Folyóirat. Ezen 3 lap mellett a Fizikai Szemle évenként 24 ív terjedelemben jelenik meg, tehát csak ez az egy folyóirat már kb. két és félszer annyi teret nyújt a fizikusok számára, mint régebben a Matematikai és Fizikai Lapok legnagyobb terjedelme idejében nyújtott 10 ív.

Társulatunk létszáma ma 595, tehát majdnem kétszerese a régi Matematikai és Fizikai Társulat legnagyobb, 1913 évi taglétszámának. A Fizikai Szemle 1600 példányban jelenik meg,

szemben a Math. Phys. Lapok 1913 évi 118 előfizetőjével.

Hasonlóképpen megnyilvánul a fejlődés, ha Társulatunk költségvetését és annak elosztását nézzük. Az 1930-as években pl. a Math. Phys. Társulat összes bevétele (és kiadása) évenként kb. 3000 P-t tett ki. Ebből kb. 1200 P esett a tagdíjakra, kb. 300 P a lap előfizetési díjára, a többi az Akadémia, az állam, a Tanárképző Intézet támogatásából adódott. Ha a Társulat kiadásait nézzük, úgy látjuk, hogy a kiadások zöme, kb. 2700 P a lap előállítására, nyomdai költségeire esett. A Társulat által rendezett tanulmányversenyre (a nyertesek jutalmazására) kb. 150 P-t juttatott a Társulat.

Ha ezzel szemben a mai helyzetet tekintjük, úgy azt látjuk, hogy a Társulat 1954. évi költségvetése pl. kb. 120 000.— Ft-ot tett ki a lap költségei nélkül. Ebből csak kb. 3000,— Ft-ot tettek ki a tagsági díjak, a többi kormányzatunk támogatásából adódott. Ebből a keretből tartja fenn Társulatunk helyiségeit, fedezi a világítást, telefont és egyéb költségeit, és fizeti a Társulat adminisztratív titkárát, 5000,— Ft-ot tesz ki a meghívók, nyomtatványok, stb. költsége. Több, mint 9000,— Ft-ot fordít a Társulat bel- és külföldi szakkönyvek beszerzésére, folyóiratok előfizetésére. A fennmaradó összegből fedezi az évente megtartott vándorgyűlések költségeit, fedezi a vidékre kiküldött előadók kiadásait. A fenti összegben nincs benne a Társulat 5 vidéki csoportjának költségvetése.

Összevetve tehát a Társulat jelenlegi anyagi helyzetét a felszabadulás előttivel, láthatjuk, hogy kormányzatunk támogatása révén milyen hatalmas, ugrásszerű fejlődés mutatkozik a felszabadulás óta. Nézzük meg az érem másik oldalát is, mit nyújtott tagsága, illetőleg a társadalom felé a Társulat régen és mit tud nyújtani most. A régi Math. Phys. Társulat közgyűlési beszámolóit nézegetve látjuk, hogy a régi Társulat átlagban havonként 2 előadást tartott, ezek nagy része matematikai tárgyú volt és kb. évente hat fizikai tárgyú előadás került sorra. Ezeken az előadásokon számolt be munkáiról többek között Eötvös Loránd, Selényi Pál (mindaddig, míg a fasiszta rendszer meg nem gátolta őt ebben) Tangl Károly, Pogány Béla, stb. A ma is működő kiváló fizikusaink közül itt tartották első előadásukat Novobátzky Károly, Neugebauer Tibor, Gombás Pál és sokan mások. A Társulat igyekezett a hazánkba ellátogató nevesebb külföldi fizikusokat is előadásra felkérni, előadói sorában szerepeltek a külföldön működő nevesebb magyar fizikusok is. Ezzel, a bár tartalomra értékes, de mégis kisszámú előadás megrendezésével gyakorlatilag ki is merült a régi Társulat működése. A mai Társulat országunk felszabadulása, a fizika tudományának hatalmas fejlődése, a magyar fizikusok számának nagymérvű emelkedése és a rendelkezésre álló jelentős anyagi eszközök nyújtotta lehetőségeket kihasználva a régi Tár-

sulat haladó hagyományainak megőrzése mellett igyekszik sokkal kiterjedtebb célkitűzéseket megvalósítani. Így az elmúlt évek során a nyári hónapokat kivéve hetenként tartottunk előadásokat, illetve klubesteket. Ez utóbbiak célja volt, hogy kutatóink eredményeikről beszámolhassanak, azokat kartársaikkal megvitathassák. Az előadásokon a fizika tudományának jelentősebb bel- és külföldi eredményeit ismertették felkért előadók. A Társulat élénk kapcsolatot tartott fenn az MTESZ, illetve a Tudományos Dolgozók Világszövetségén keresztül a külföldi haladó tudósokkal is, így pl. 1954-ben 3 angol, 2 francia, 1 román, 1 csehszlovák és 1 német vendégünk adott elő Társulatunk tagjai részére. 1953-ban rendezte Társulatunk az I. Magyar Fizikus Kongresszust, amikor is hazai kutatóink adtak összefoglaló képet tudományáguk terén a felszabadulás óta elért jelentős eredményeikről. Ugyanekkor azonban megjelentek a kongresszuson és értékes előadásokkal emelték annak sikerét a baráti államok kiváló fizikusai is. Vendégül üdvözölhettük Fok és Ljovsin szovjet fizikusokat, a csehszlovák, lengyel és bolgár fizikusok kiküldötteit, akik valamennyien előadást is tartottak. A magyar fizika évről évre elért eredményeinek mindinkább gazdagabb gyűjteménye táruul élénk az 1951 óta évenként megrendezett vándorgyűléseinken.

Ezeken a vándorgyűléseken a résztvevők a Társulat vendégei és ugyancsak a Társulat fedezi utiköltségeiket is. Mint érdekességet említem meg, hogy a régi Társulat közgyűlésein az elnök rendszerint megköszönte a tagoknak, hogy költséget és fáradságot nem kímélve jelentek meg a közgyűlésen.

Rendszeres, évenként 10 előadásból álló továbbképző előadásorozatot tartunk a budapesti középiskolai tanárok részére. A Társulat által rendezett előadások látogatottsága állandóan növekvő tendenciát mutat, jelenleg egy-egy előadáson kb. 100 hallgató szokott résztvenni.

A középiskolai oktatás előmozdítására Társulatunk az elmúlt évben az egyes vidéki csoportok székhelyén és Budapesten tanszerkiállításokat rendezett. Ezeken a kiállításokon bemutatásra kerültek az egyes iskolák vagy egyetemi tanszékek munkatársai által készített újszerű és hatásosnak mutató oktatási és demonstrációs eszközök. Ezek a kiállítások igen látogatottak voltak és reméljük, hogy az itt látottakat fizikatanáraink saját előadásaiknál is hasznosan fogják majd értékesíteni.

Többször említettük már vidéki csoportjaink munkásságát. Ilyen csoportok működnek Debrecenben, Egerben, Pécsen, Szegeden és Veszprémben. Céljuk, hogy a város és a környék középiskolai tanárait, valamint az ott működő egyetemek és főiskolák dolgozóit legalább havonként egyszer összegyűjtsék és vagy a helyi csoportból, vagy esetleg a fővárosból meghívott előadók

közreműködésével a fizika aktuális problémáinak megvitatására alkalmat nyújtsanak.

A Társulat munkájának külön fejezetét alkotja a munkabizottságok tevékenysége. Ezek feladata részben a Társulat saját munkájának megszervezése, így az előadások programjának összeállítása, a vándorgyűlések megrendezése, a középiskolai tanárok problémáinak megvitatása, stb. Másrészt ugyancsak munkabizottságok foglalkoztak egy-egy speciális területtel, mint pld. az ultrahang vagy a spektroszkópiai anyagvizsgálat problémáinak megvitatásával.

Társulatunk célul tűzte ki a fizika művelésének minden területén a társadalmi bírálat megszervezését. E célból ankétokat rendeztünk, melyeken megvittattuk a fizika oktatásának, a magyar fizikusok képzésének, a könyv- és folyóirat kiadásának, stb. problémáit. Az ankétokon határozati javaslatokat fogadtunk el és ezeket illetékes hatóságok felé továbbítottuk. Javaslataink közül sok megvalósításra is kerül. Társulatunk

elnöksége általában figyelemmel kíséri ezen javaslatok sorsát.

A hagyományoknak megfelelően Társulatunk rendszeresen évenként megrendezi a középiskolai tanulók részére a szokásos Eötvös Loránd tanulóversenyt. A versenyen jó eredményt elért tanulókat komoly pénz- és könyvjutalomban részesíti. Tudományunk fejlődésének előmozdítására Társulatunk évente 3–3000 Ft-os díjjal — a Bródy Imre és Schmid Rezső díjakkal — tünteti ki a legjobb eredményt elért fiatal fizikusainkat.

Társulatunk mindezen munkáját nem öncélúlag végzi és talán ez az, amiben leginkább különbözik a felszabadulás előtti hasonló egyesületektől. Célunk, hogy fizikusainkat pártunk és kormányzatunk terveinek, célkitűzéseinek megnyerjük és minél nagyobb mértékben bevonjuk őket a szocializmus építésének hatalmas munkájába.

Szigeti György
a Társulat főtitkára

Tanulmányút a Szovjetunióban

A múlt év végén csaknem három hónapot töltöttem a Szovjetunió két legnagyobb városában, Moszkvában és Leningrádban. A Magyar Tudományos Akadémia küldött ki a klasszikus fizika tanulmányozására. Céлом az volt, hogy az egyetemek fizikai fakultásain, valamint néhány akadémiai fizikai kutató intézetben folyó munkák tanulmányozásán keresztül képet alkossak a fizika területén a Szovjetunióban folyó oktatási és tudományos munkákról, ezek méreteiről és milyenségéről, a munkamódszerekről, a munkák megszervezéséről akadémiai szinten és szűkebb körben (tanszékeken és kutató intézetekben), a fizika és más tudományok közötti együttműködés módjáról, és nem utolsósorban feladatomban tekintettem a magyar és szovjet fizikusok közötti együttműködés elmélyítését is közvetlen kapcsolatok kiépítése által.

Elsősorban a méretek hatalmassága ragadja meg az embert. Nem a két világváros hatalmas méreteire, milliókat mozgató életére, a kommunizmus építésének általános nagy eredményeire gondolok most, hanem a tudományok művelésének és fejlesztésének nagy méreteire. 240-szer nagyobb területű, kb. 25-ször nagyobb népességű, nyersanyagokban gazdag, az ipar minden területén fejlett országról van szó, amely a tudományok, különösképpen a természettudományok művelésére és fejlesztésére arányain túlmenően is nagy súlyt helyez. Az akadémiai fizikai kutató intézetek és az egyetemi tanszékek hatalmas hálózata lehetővé teszi, hogy a Szovjetunió a fizika egész területét lefedje, amit nem sok ország mondhat el magáról,

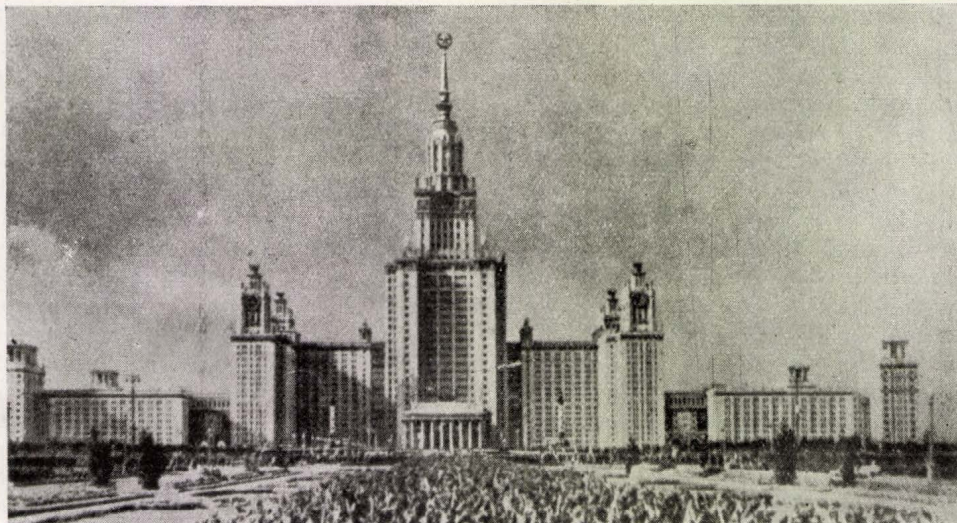
Ha a méretekről van szó, nem lehet említés nélkül hagyni a szovjet természettudományos képzésnek egyik legnagyobb centrumát, a Lenin-hegyen épült új Moszkvai Állami Lomonoszov Egyetemet. Kb. 4,5-szer nagyobb területen épült, mint Margitszigetünk és összterfoglata kb. 7-szer nagyobb Országházunknál. Olyan méretről van szó, amely kb. 50 000 lakosú városnak felel meg, amelyben az emberek 3–4–5 emeletes házakban laknak. Ebben a hatalmas épületcsoportban hat természettudományi fakultás (geográfiai, geológiai, mechanika-matematikai, kémiai, fizikai, biológia-talajtani) kapott helyet. Fizikai fakultásán kb. 30 tanszék működik, amelyekben a klasszikus és modern fizika minden nagyobb területe képviselve van. Évenként többszáz fizikus kerül ki csupán erről az egyetemről a különböző tudományos és kutatóintézetekbe.*

Nemcsak nagy méretekről van azonban szó, hanem lényegesen többről: a kutatás és oktatás területén egyaránt, a sokoldalúság ellenére is alapos, jól megszervezett, céltudatos és eredményekben gazdag munka folyik. Előbb az akadémiai kutatóintézetek munkájáról szólok. Ezek végzik a kutatómunka zömét. A tanszékek tudományos produkciója, lényegesen kisebb kapacitásuk miatt, ha minőségileg nem is, de mennyiségileg kisebb. Felszerelésük rendkívül gazdag és a legmodernebb, amit ma már teljesen a szovjet ipar állít elő.

* Megjegyezni kívánom, hogy az egyetemen csak a különböző tudományos és kutatóintézetek számára nevelnek fizikusokat, kémikusokat stb., a matematika, fizika, kémia stb. szakos tanárok képzése főiskolákon folyik.

Minden intézet kutatási tematikája teljes, olyan értelemben, hogy az intézet profiljába illő minden lényeges terület művelés alatt áll. A kutatási program összeállításánál az illető tudományág mai állása és a gyakorlat követelményei az irányadó szempontok. Így azután mindegyik intézet a profiljához tartozó elméleti, kísérleti és gyakor-

segítő személyzet. Ezek arányát az intézet karaktere és az igazgató elgondolásai határozzák meg. Az intézet igazgatója egyébként teljesjogú és felelős vezető. Szava személyi és anyagi vonatkozású kérdésekben egyaránt döntő, ugyanakkor felelős az intézet egész életéért, a tervekért, a munka megszervezéséért és eredményességéért



1. ábra.

A Lenin-hegyen épült Moszkvai Állami Lomonoszov Egyetem központi épülete

lati problémákkal egyaránt foglalkozik. A sokoldalú program ellenére szétszóródás nincs, mert minden osztály, minden kutatócsoport az intézetben belül jól körülhatárolt területet kap, amely azután ugyancsak világosan megfogalmazott feladatokra oszlik tovább. Az egyénekre szétosztott részletmunkákat a csoport- és osztályvezetők, az egész intézet munkáját pedig az intézet igazgatója fogja össze. Az igazgató általában akadémikus, az osztályvezetők legalább doktori, a csoportvezetők pedig legalább kandidátusi fokozattal bírnak. Az intézetek tudományos munkája gondos, precíz, körültekintő. A gazdag hazai irodalmon kívül állandó figyelemmel kísérik a külföldi irodalmat is, bármilyen nyelven jelenjék meg valamilyen dolgozat. Angolul és németül a kezdő kutatók is olvasnak. Egymás munkáját erős kritikával bírálják, amely azonban mindig segítő.

Érdeemes megfigyelni pl., hogy milyen szeretettel beszélnek idősebb kutatók tanítványaikról és büszkéek azok eredményeire. A kritika mellett a kölcsönös megbecsülés jellemzi az intézeteknek egymáshoz való viszonyát is. Az erős specializálódás ellenére tájékozottságuk széleskörű, amit az intézeti szemináriumok, gyakori szakmai konferenciák bővítenek. A munka eredményességét, a kutatókáderek idejének, energiájának helyes felhasználását nagymértékben segítik a jól felszerelt műhelyek (az osztályok mellett működő »házi műhelyek« és az intézet központi műhelye), a kellő számú tapasztalt mérnök, technikus, mechanikus, laboráns és a különböző ki-

éppúgy, mint az intézet rendjéért, személyi vonatkozású problémáiért.

Hasonló módon élük életüket a tanszékek is. A még mindig fennálló káderhiány miatt a professzor és idősebb munkatársak rendszerint valamelyik akadémiai intézetben is dolgoznak. Ennek



2. ábra.

A fizikai fakultás épülete

a kedvezőtlen állapotnak azonban előnye is van, mert így a hasonló profilú tanszékek és akadémiai intézetek jól összehangolt kutatási terv szerint dolgoznak, munkájuk kiegészíti egymást. Amit fentebb az akadémiai intézetek felszereléséről, munkájuk megszervezéséről, az igazgató hatásköréről, stb. elmondottam, értelemszerűleg a tanszékekre is érvényes. A tanszékek élete úgyszintén

nyugodt, kiegyensúlyozott és a munkát az oktató, valamint tudományos problémákban való elmélyülés jellemzi. Fogyóanyag- és műszerszükségletüket az egyetem központi raktárából igénylik, dotációjuk terhére, csupán nagyobb műszerekre, mint pl. elektronmikroszkóp, spektrográfok, stb. kell várni több hónapig. A tanszékek háziműhelyein kívül az egyetemnek központi műhelye is van, amely igényesebb műszerproblémákat is teljesít. A leningrádi fizikai fakultás műhelyében pl. spektrográfok, bonyolult elektronikus berendezések is készülnek. Itt említek meg egy-két példát a tanszékek felszerelésével kapcsolatban, ezekkel a felszerelés gazdagságát akarom jellemezni, amiről egyébként már fentebb szóltam. Egyik elektronfizikai tanszéken pl. négy modern elektronmikroszkóp működik, átvilágító és felületvizsgáló mikroszkópok. Oktatási célokra a szovjet ipar szétszedhető elektronmikroszkópokat is készít, amelyekkel már az alsóéves fizikus hallgatók laboratóriumi gyakorlatokon dolgoznak. A rádiófizikai gyakorlatokon minden hallgató asztalán az alapvető mérőműszereken kívül csővoltmérő, oszcillográf, szignálgenerátor, stb. és egy doboz kéziszerszámkészlet is áll. Különböző spektrográfok (ultraibolya és infravörös tartományokra is!) sorozatait láthatjuk a hallgatói gyakorlatokon, a kutatólaboratóriumokban pedig nagyszámú regisztráló berendezéssel találkozunk, amelyekkel percek alatt vesznek fel abszorpciós görbéket és különböző emissziós spektrumok energiaeloszlásait. Egyik tanszéken a hallgatói gyakorlatok céljaira három modern röntgenberendezés van, mindegyikkel Laue-diagramokat, forgókrisztályos és Debye—Scherrer felvételeket készítenek.

Az alapos és széleskörű tudományos munkát nevelői gonddal felépített, jól megszervezett fizikusképzés támasztja alá. A fizikus hallgatók az első öt félévben alapképzésben részesülnek, amelyre ugyancsak 5 féléves speciális képzés épül. A rádiófizika, kristályfizika, röntgenfizika, molekuláris fizika, optika, akusztika csupán néhány speciális terület, nem beszélve az atomfizika különböző területeiről. Az előadások gondos kidolgozásán, a gyakorlatok precíz rendjén látszik, hogy a tan-

székek magukévá tették azt a gondolatot, amelyet az egyik dékánhelyettes mondott: »Nagy súlyt helyezünk arra, hogy az oktatás művészetét minél magasabb fokra emeljük«. Külön ki kell emelni a laboratóriumi gyakorlatokkal kapcsolatban a fokozatosság pedagógiai elvének messzemenő alkalmazását. A gyakorlatok egyszerű, alapvető mérésekkel kezdődnek és fokozatosan ismerkednek meg a hallgatók a bonyolultabb berendezésekkel, mérési módszerekkel, vizsgálati eljárásokkal. A legmodernebb gyári eszközök alkalmazása mellett súlyt helyeznek a klasszikus értelemben vett kísérletező készség fejlesztésére. A laboratóriumi feladatok között számos gyakorlati vonatkozású feladat szerepel, ez nem jelenti azonban a szűk praktícizmus, a technika felé való elhajlást. Az alapvető fizikai ismeretek megszerzésén van a hangsúly, a gyakorlatiasság az ismereteknek konkrét problémákra való alkalmazását jelenti. A speciális területtel kapcsolatban nemcsak az általánosan ismert laboratóriumi gyakorlatokat végzik el a hallgatók, hanem olyan munkákkal is megismerkednek, amelyek szorosan hozzátartoznak a tanszék tudományos profiljához, amelyek nemrégiben még vizsgálat, kutatás tárgyát képezték. Tehát már a laboratóriumi gyakorlatokon megismerkednek a fejlődésben levő fizikával. Ugyanakkor igen értékes a kezdő fizikus fejlődése szempontjából az is, hogy közvetlen kapcsolatba kerülhet azzal a gyakorlottabb fizikussal, aki nemrégiben a problémával mint új kérdéssel foglalkozott. Ő elmondja a bejárt utat a probléma születésétől megoldásáig, a közben felmerült elvi és gyakorlati, kísérlettechnikai nehézségeket, próbálkozásokat. Ez a fejlett képzés teszi lehetővé, hogy a végzett fizikusokat azonnal bevonhatják a tanszékek tudományos munkájába, sőt már a felsőbbéves hallgatók is komoly segítséget nyújtanak.

Mindez ma sem csökkenő, fokozatos és céltudatos fejlődés eredménye, amelyben a békés jövőt építő nép nagyvonalú előrelátása tükröződik.

Tarján Imre

Orvosi Fizikai Intézet, Budapest

Az elemek periódusos rendszere

Bevezetés

Az 1954. esztendő kettős okból nevezetes évforduló a periódusos rendszerrel kapcsolatban: egyrészt 1834. február 8-án, tehát 120 évvel ezelőtt született Dimitrij Ivanovics *Mengyelejev*, a periódusos rendszer felfedezője; másrészt 1869-ben, 85 évvel ezelőtt közölte *Mengyelejev* első táblázatát a periódusos rendszerre vonatkozólag.

Az elemek periódusos rendszere abban áll, hogy az elemeket növekvő atomsúlyuk szerint sorba rendezve, egyes fizikai és kémiai saját-

ságaik periódikusan megismétlődnek. 1869-ben mindössze 63 elem volt ismeretes, *Mengyelejev* tehát 63 elemből építette fel először a periódusos rendszert. Bizonyos elemek létezése, atomsúya bizonytalan volt, más elemek elhelyezése pedig nem volt egyértelmű. *Mengyelejev* első periódusos rendszere mégis a legtöbb elem besorolása tekintetében helyes volt. Bizonyosságul az 1. táblázatban közöljük *Mengyelejev* eredeti periódusos rendszerét.

Ma már ismeretes — *Rutherford* és munkatársai kísérletei alapján —, hogy az atomok

pozitív töltésű atommagból és ezzel a töltéssel egyenlő nagyságú negatív töltésű elektronburokból, az úgynevezett perifériából állnak. Az elemek sorszáma a periódusos rendszerben, az úgynevezett *rendszám* (Z) fizikai tulajdonságot fejez ki: az elem atommagjának töltése Z pozitív töltésegység, ezt Z negatív elektron veszi körül. A periódusos rendszerben, — mint már mondtuk — az elemek atomsúlya növekszik. A fentiek alapján az atomsúllyal együtt növekszik az atomok rendszáma is. Ez a törvényszerűség csak három helyen nem érvényes: ${}_{18}^A\text{K}$ — ${}_{19}^A\text{K}$, ${}_{27}^A\text{Co}$ — ${}_{28}^A\text{Ni}$, ${}_{52}^A\text{Te}$ — ${}_{53}^A\text{J}$ elempároknál a kisebb rendszámú elemek atomsúlya nagyobb, mint a nagyobb rendszámú elemeknél.

Tudjuk — Bohr és mások munkája alapján —, hogy az elemek periódikus tulajdonságai az atomok perifériájának, elektronhéjának szerkezetével magyarázhatók. Mondhatjuk tehát, hogy *Mengyelejev* a periódusos rendszer felállításakor az atomok elektronhéjának szerkezetét sejtette meg. A periféria-fizika feladatköre, hogy az elektronhéj szerkezetét megismerje, a *Mengyelejev*-féle periódusos rendszert megmagyarázza.

1. táblázat. Mengyelejev első periódusos rendszere

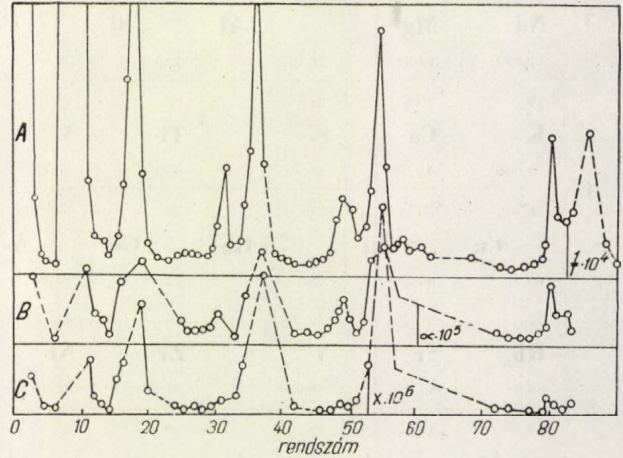
		Ti = 50	Zr = 90	? = 180
		V = 51	Nb = 94	Ta = 182
		Cr = 52	Mo = 96	W = 186
		Mn = 55	Rh = 104,4	Pt = 197,4
		Ni = Co = 59	Ru = 104,4	Ir = 198
		Cu = 63,4	Pd = 106,6	Os = 199
		Zn = 65,2	Ag = 108	Hg = 200
H = 1	Be = 9	Mg = 24	? = 68	Cd = 112
	B = 11	Al = 27,4	? = 70	Ur = 116
	C = 12	Si = 28	As = 75	Sn = 118
	N = 14	P = 31	Se = 79,4	Sb = 122
	O = 16	S = 32	Br = 80	Te = 128?
	F = 19	Cl = 35,5	Rb = 85,4	= 127
Li = 7	Na = 23	K = 39	Sr = 87,6	Cs = 133
		Ca = 40	Ce = 92	Ba = 137
		? = 45	La = 94	—
		?Er = 56	Di = 95	—
		?Yt = 60	Th = 118?	—
		?In = 75,6	—	—

Az 1930-as évek elején a periódusos rendszer legutolsó ismert eleme az urán volt, ez a 92-ik helyet foglalja el, rendszáma tehát 92. A 43-as, 61-es, 85-ös és 87-es rendszámú elemet nem ismerték. Ezeket az elemeket elsősorban optikai és röntgenspektrumuk alapján igyekeztek megtalálni a természetben. A kutatások azonban nem jártak eredménnyel. Az atommagfizikai kutatások során sikerült ezeket az elemeket részben a természetben megtalálni, részben pedig mesterségesen előállítani. A magfizikai kutatások vezettek arra az eredményre is, hogy a 92. rendszámú uránnál nagyobb rendszámú elemeket, az ún. *transzurán* elemeket is sikerült mesterségesen előállítani.

A következőkben a periódusos rendszer rövid ismertetése után, a 43-as, 61-es, 85-ös és 87-es elemekkel és a transzurán elemekkel foglalkozunk.

A periódusos rendszer leírása

Az elemek periódusos rendszerét a 2. táblázatban találjuk A periódusos rendszerben az elemek hét periódusban és nyolc oszlopban helyezhetők el. Az egyes oszlopokban levő



1. ábra. Az atomok néhány fizikai állandójának periodicitása. A görbe az olvadáspont reciproka ($1/T \cdot 10^4$), B görbe a lineáris hőtágulási együttható ($\alpha \cdot 10^5$), C görbe az összenyomhatósági együttható ($x \cdot 10^6$), a szaggatott vonallal jelzett szakaszon nincsenek megbízható mérési adatok

elemek kémiaiilag hasonlóak.

Az 1. ábrán az elemek egyes fizikai tulajdonságait találjuk a rendszám függvényében. Az A görbe az elem olvadáspontjának reciprok értéke ($1/T \cdot 10^4$), a B görbe a lineáris hőtágulási együttható ($\alpha \cdot 10^5$) és a C görbe az összenyomhatósági együttható ($x \cdot 10^6$). Hasonló periódikus tulajdonságokat mutat az atomtérfogat (atomsúly/sűrűség) is a rendszám függvényében (2. ábra). Ezeknek a tulajdonságoknak a periódusai azonosak, pl. a maximális értékek mindig ugyanannál az elemnél lépnek fel.

Az elemek kémiai sajátosságai szintén periódikus jelleget mutatnak: pl. az egyes periódusok elején levő elemek fémek és lúgos jellegűek (Li, Na, Ka, ...), továbbmenve mindkét sajátosság gyengül és fokozatosan ellentétes sajátosságba megy át, a 7. oszlopban levő elemek (F, Cl, Br, ...) tipikusan nem fémek, erősen savas jellegűek.

A periódusos rendszert a kvantummechanika tudta értelmezni. Az elemek rendszerében a periódusok — mint már említettük — az elektronhéj periódikus szerkezetének tulajdoníthatók. A hét periódusnak megfelelően az egyes periódusokba tartozó atomok elektronjai 1–7 energianívóban,

2. táblázat. A periódusos rendszer (1954)

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.				
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
1	1 H 1,0080											2 He 4,003
2	3 Li 6,940	4 Be 9,013	5 B 10,82	6 C 12,010	7 N 14,008	8 O 16,0000	9 F 19,00					10 Ne 20,183
3	11 Na 22,997	12 Mg 24,32	13 Al 26,97	14 Si 28,06	15 P 30,98	16 S 32,066	17 Cl 35,457					18 A 39,944
4	19 K 39,096	20 Ca 40,08	21 Sc 45,10	22 Ti 47,90	23 V 50,95	24 Cr 52,01	25 Mn 54,93	26 Fe 55,85	27 Co 58,94	28 Ni 58,69		
	29 Cu 63,57	30 Zn 65,38	31 Ga 69,72 f	32 Ge 72,60	33 As 74,91	34 Se 78,96	35 Br 79,916					36 Kr 83,7
5	37 Rb 85,48	38 Sr 87,63	39 Y 88,92	40 Zr 91,22	41 Nb 92,91	42 Mo 95,95	43 Tc (99)	44 Ru 101,1	45 Rh 102,91	46 Pd 107,6		
	47 Ag 107,880	48 Cd 112,41	49 In 114,76	50 Sn 118,70	51 Sb 121,76	52 Te 127,61	53 J 126,92					34 X 131,3
6	55 Cs 132,91	56 Ba 137,36	57—71 Lanta- nidák	72 Hf 178,6	73 Ta 180,88	74 W 183,92	75 Re 186,31	76 Os 190,2	77 Ir 192,2	78 Pt 195,23		
	79 Au 197,2	80 Hg 200,61	81 Tl 204,39	82 Pb 207,21	83 Bi 209,00	84 Po (208)	85 At (211)					86 Em (222)
7	87 Fr (223)	88 Ra (226)	89— Akti- nidák									

57—71	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
Lantanidák	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Cp
	138,92	140,13	140,92	144,27	(147)	150,1	152,0	156,9	158,9	162,46	164,94	167,2	168,9	173,04	174,99
89—	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100			
Aktinidák	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	99	100			
	(227)	(232)	(231)	(238)	(237)	(239)	(241)	(243)	(249)	(249)	(255)	2(55)			

A zárójelben levő atomsúlyú elemeknek stabilis izotópjuk nincs. A feltüntetett szám a leghosszabb felezési idejű ismert radioaktív izotóp tömegszáma.

hégiban helyezkedhetnek el. Az egyes elektron-hégiban a kvantummechanika szabályai szerint csak meghatározott számú elektron lehet. A 3. táblázatban találjuk, hogy az egyes hégikon

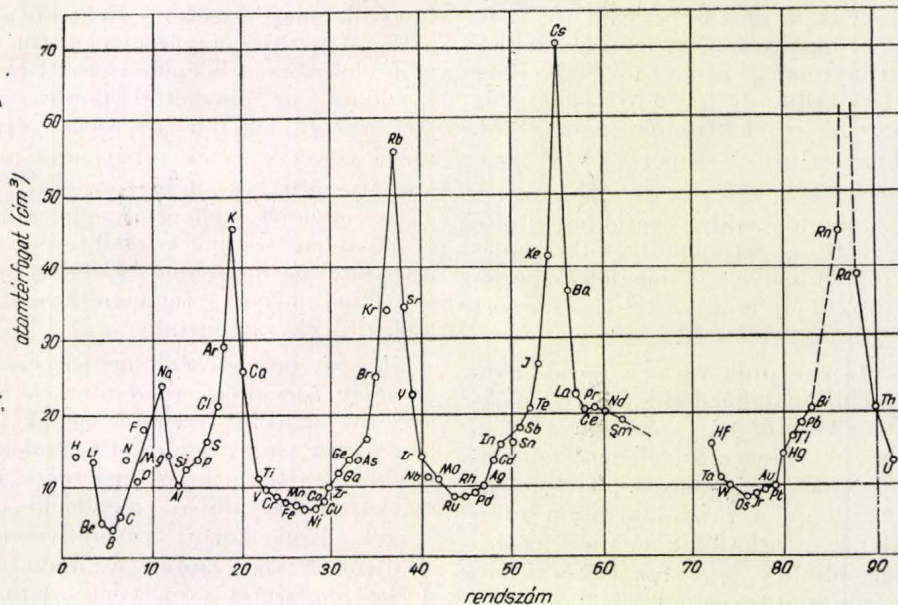
(K, L, M, N, O, P, Q) maximálisan hány elektron lehet.

Ezeket a számokat a kvantummechanika alapján könnyen meg lehet indokolni. Az egyes elek-

tronok állapotát négy kvantumszámmal fejezhetjük ki. Az első az ún. főkvantumszám (n), ez meghatározza az energianívót, amelyen az elektron található. A második a k mellékvantumszám, az elektron pályaimpulzusnyomatékát határozza meg. Értéke $k = 1, 2, 3, \dots, n$ lehet. k helyett $l = k - 1$ kvantumszámot használjuk, tehát $l = 0, 1, 2, \dots, n - 1$ értékek lehetségesek. Az $l = 0, 1, 2, 3, 4, \dots$ kvantumállapotokat s, p, d, f, g, ... kvantumállapotoknak nevezzük.

$l = 1$. Ha $l = 0$, akkor a fenti helyzet van, 2 elektron van s állapotban, ha $l = 1$, akkor az m mágneses kvantumszám három értéket vehet fel (1, 0, -1), $m_s = \pm 1/2$, tehát p állapotban 6 elektron lehet, és így tovább. Az egyes energianívókhoz tartozó s, p, d, ... állapotokban lehetséges elektronok számát a 3. táblázatban találjuk.

Az elmondott szabályokat vessük össze a periódusos rendszerrel. Az első periódusban két elem van, a He nemesgáznál lezárul K-héj.



2. ábra. Az atomtérfogatok (atomsúly/sűrűség) periodicitása

Az l kvantumszámmal jellemzett pályaimpulzusmomentum mágneses térhez képest ($2l + 1$) helyzetbe állhat be, az egyes helyzeteket az m mágneses kvantumszám jelzi, amelynek értéke $l, l - 1, \dots, 1, 0, -1, \dots, -(l - 1), -l$ lehet. Ezenkívül az elektronok saját impulzusnyomatéka, spinje $+1/2$, illetve $-1/2$ értéket vehet fel. Ezt fejezi ki a m_s spinkvantumszám, $m_s = \pm 1/2$.

3. táblázat. Elektronok eloszlása a kvantumcsoportokban

$l =$	0	1	2	3	4	5	6	Összesen	Héj
	s	p	d	f	g				
$n = 1$	2	—	—	—	—	—	—	2	K
2	2	6	—	—	—	—	—	8	L
3	2	6	10	—	—	—	—	18	M
4	2	6	10	14	—	—	—	32	N
5	2	6	10	14	18	—	—	50	O
6	2	6	10	14	18	22	—	72	P
7	2	6	10	14	18	22	26	98	Q

A Pauli-elv szerint nem lehet az atomban két olyan elektron, amelynek mind a négy kvantumszáma megegyezik. A K-héjban $n = 1, l = 0, m = 0, m_s = \pm 1/2$. Itt tehát két olyan elektron lehet, amelynek legalább egy kvantumszáma különbözik. Az L-héjban $n = 2, l = 0$, vagy

A harmadik elem harmadik elektronjának már új héjat kell kezdeni, a 10. elemnél, a neon nemesgáznál ez is betelik. A nátriumnál elkezdődik az M-héj, nyolc elemen keresztül ez épül, a 18-as argonnál 8 elektron lesz a külső héjon, a p elektronok csoportja betelik.

Még tíz hely volna az M-héjban a d elektronok számára, a következő elemnél, a káliumnál azonban megkezdődik az újabb, N-héj. A 20-as kalciumnál már két elektron van az új héjban, betelt az s elektronok csoportja, a 21. elemnél kezdődne a p elektronok csoportja. Azonban a 21-ik elemnél ismét az M-héj kerül előtérbe, a belsőbb héj épül tovább. A d csoport tíz szabad helye a 30. elemnél telik meg. A 31-es elemtől kezdve ismét az N-héjban szaporodnak az elektronok a 36-os kriptonnál már 8 elektron van legkülső héjban, betelt a p elektronok csoportja.

Ezután a rubidiumnál ismét új héj kezdődik, az O-héj, a 39-es yttriumnál az N-héj épül tovább, a 48-as kadmiumnál ez befejeződik, benépesedik az N-héjban levő d csoport. Ezzel az N-héjban már 18 elektron lesz. A 49. indiumnál pedig az O-héjban levő elektronok száma nő, az 54. xenonnál megint 8 lesz a legkülső héjban levő elektronok száma, betelik az O-héjhoz tartozó p csoport.

Az 55-ös céziumnál a P-héj kezdődik, az 57. lantánnál az O-héjba kerül egy elektron, az 58-as cériumnál pedig ismét az N-héj kezd tovább kiépülni. Az N-héj lezárásához 14 *f* elektronra van szükség, a következő 14 elem az ún. ritka földfémek esetében az elektronok száma csak ezen a belső héjon különbözik. A külső héjakon azonos az elektronszám, ezért a ritka földfémek kémiai sajátágaiban (amelyeket a külső elektronhéj határoz meg lényegében) alig van különbség. A lantán után kezdődő ritkaföldfémek csoportját lantanidáknak is szokás nevezni. A 72-es hafnium és a 80-as higany között levő elemeknél az O-héj elektronjainak száma nő fel 10-re (*d*-csoport). A 81-es talliumtól a 86-os emanációig a P-héjban kiegészül az elektronok száma 8-ra, betelik a P-héjhoz tartozó *p*-csoport. Ezzel lezárul a 6. periódus.

Látjuk, hogy minden eddigi periódus utolsó eleme nemesgáz volt, az atomok legkülső héjában 8 elektron foglalt helyet. A megfelelő periódusokban a legkülső héjon csak az *s* és a *p*-csoport van betöltve.

E kis kitérő után térjünk rá a 7. periódusra, amely a 87. franciummal kezdődik. A 87. elektron itt a 7. héjban, a Q-héjban van már, a 88-as rádiumnál szintén. A transzurán elemek felfedezése és sajátosságainak megismerése előtt nagy probléma volt az, hogy a 89-es aktinium után következő elemeknél a ritkaföldfémekhez hasonlóan kettővel belsőbb héj, tehát az O-héj *f*-csoportja, vagy a hafnium utáni elemekhez hasonlóan eggyel belsőbb héj, tehát a P-héj *d*-csoportja kezd-e épülni. Az újonnan előállított transzurán elemek kémiai és egyes fizikai sajátosságai — minden kétséget kizáróan — arra mutatnak, hogy az aktinium utáni elemek külső elektronhéjai a ritkaföldfémek külső elektronhéjaihoz hasonlítanak, tehát az aktiniumnál egy elektron van a P-héjban, ezután a tóriumtól kezdve az O-héj *f*-csoportja épül tovább. Ezeket az elemeket a lantanidák mintájára joggal lehet aktinidáknak nevezni. A kérdés már biztosan eldőlt, viszont az eredmény elég kellemetlen: a különböző módszerekkel kis mennyiségben előállított transzurán elemeket roppant nehéz egymástól szétválasztani, mert külső elektronhéjuk, tehát kémiai sajátágaik lényegében azonosak.

Összefoglalva, az elemek periódusos rendszere a periféria héjszerkezetével magyarázható. Ezen belül igen fontos feladat megmagyarázni, hogy az egyes elektronhéjakat megkezdve, miért marad abba azok további felépülése, miért szaporodnak az elektronok egy, már abbahagyott elektronhéjon tovább, vagy ami ugyanaz, miért kezdődik új periódus, ha még az előző elektronhéj sincsen betöltve. A periódusos rendszert csak akkor értjük meg teljesen, ha erre a kérdésre is választ kapunk.

A jelenség nyilvánvalóan az elektronok pályaimpulzusnyomatékával van összefüggésben, hiszen a periódusváltások az impulzusnyomaték által

definiált csoportok (*s*, *p*, ...) betelése után következnek be. Szemléletes elgondolás alapján azt mondhatjuk, hogy egy magasabb energianívón nem szívesen kezdenek az elektronok nagyobb impulzusnyomatékú csoportot, hanem inkább egy alacsonyabb energianívóra térnek vissza és ott kezdenek újabb csoportot. Fermi a statisztikus atommodell segítségével ki tudta számítani, hogy az első *s*, *p*, *d*, *f* elektron milyen rendszámú atomnál jelenik meg. A számítás eredménye szerint ez rendre az 1., 5., 21. és 55-ik elemnél történik meg. Az első *s* elektron az első elemnél, a H-nál épül be, az első *p* elektron az 5-ös bórnál, a *d* elektronok beépülése a 21-es szkandiumnál kezdődik, az elmélettel pontos megegyezésben. Az első *f* elektron az 58-as cériumnál jelenik meg, az 55-ös érték tehát nem pontos. Teljesen szabályszerű beépülésnél az első *f* elektronnak a 47-es elemnél kellene megjelenni. Az elméleti érték tehát sokkal közelebb van a tapasztalati értékhez, 58-hoz, mint 47-hez. Az elmélet statisztikus jellegét figyelembevéve, az egyezést kielégítőnek tarthatjuk.

E rész befejezésül megjegyezzük, hogy Mengyelejev periódusos rendszerének megjelenése óta kb. 150 változat jelent meg. A vizsgálatok ma is folynak, hogy egyrészt szemléletesebb, könnyebben áttekinthető, másrészt az elektronhéj szerkezetének jobban megfelelő rendszer keletkezzék. Ezek között a törekvések körül megemlítjük Szabó Zoltán és Lakatos Béla periódusos rendszerét, amelynek alapja az, hogy az elemeket az elektronhéjak *s*, *p*, *d*, *f* csoportja szerint rendezzük. (Bővebben lásd MTA Kémiai Osztályának Közleményei 4, 125, 1953.)

A hiányzó elemek

Amint mondtuk, a harmincas évek elején négy elem hiányzott a periódusos rendszerből. Ma már ezek is ismeretesek. A következő részben felfedezésük körülményeit és egyes tulajdonságaikat ismertetjük.

43 - a s t e c h n e c i u m

A 43-as elemet, mint már említettük, nem sikerült megtalálni a földön. 1937-ben *Perrier* és *Segré* Olaszországban Berkeley-ből ciklotronnal gyorsított deuteronnal bombázott molibdént kaptak. A molibdén rendszáma 42. A bombázó deuteronon kívül neutronok is jutottak a molibdénbe. A következő magreakciók fordulhattak elő: $42(n, \alpha) 40$; $42(d, \alpha) 41$; $42(n, \gamma) 42$; $42(d, n) 43$. (A különböző elemeket csak rendszámmal jelöltük, *n* a neutron, *d* a deuteron, α az α -rész, γ a γ -kvantum jele.) A molibdént királyvízben feloldották, és a 40-es cirkon, 41-es niobium és a 42-es molibdén elemeket megfelelő

kémiai eljárással* kivonták az oldatból. Az oldat továbbra is rádióaktív maradt, rádióaktivitást nem vitte el a 40., 41., 42-es elem, tehát az csak a 43-as elemtől származhatott. Ez az elem a periódusos rendszer VII oszlopában lenne. A mangán és a rénium vannak ugyanebben az oszlopban, a 43-as elemnek kémiai szempontból ezekhez kell hasonlónak lennie. Valóban az oldatból réniummal ki lehetett vinni az aktivitást. Nem volt kétséges, hogy ez a rádióaktív elem a 43-as elem, amelyet addig nem ismertek.

Az új elemet felfedezői *technéciumnak* (vegyjel: Tc) nevezték el a görög technetos = mester-séges szóról).

A felfedezés óta eltelt idő alatt kb. 20 technécium-izotópot fedeztek fel. Ezek közül a legérdekesebb a Tc⁹⁹, amelyet 1939-ben *Seaborg* és *Segré* fedeztek fel. A 98-as tömegű molibdén-izotóp lassú neutronok befogása után rádióaktív lesz, a keletkező Mo⁹⁹ 67 órás felezési idővel Tc⁹⁹-é bomlik. Az utóbbi atommag felezési ideje kb. egymillió év. Ebből az izotópból az urán hasadási termékeként nagyobb mennyiséget is sikerült előállítani. Az eddig ismert Tc-izotópok között a Tc⁹⁹ felezési ideje a legnagyobb.

A Tc⁹⁹ hosszabb élettartamát tekintetbevéve fel lehet tételezni, hogy ez az elem a természetben is előfordul. A Földön keresve semmi nyomát nem találták ez ideig. Azonban egyes állócsillagok színpéjében a Tc-nek megfelelő vonalakat találtak. Ez a rendkívül meglepő jelenség csak akkor értelmezhető, ha feltesszük, hogy a csillagokban olyan körülmények vannak, hogy Tc állandóan keletkezhet, vagy ha feltesszük, hogy a kérdéses csillagok életkora a Tc felezési idejével, tehát kb. egymillió évvel azonos nagyságrendű.

61-es prométium

A 61-es elem szomszédjait, a neodimiumot és a prezodimiumot már 1938–42 között bombázták neutronokkal, protonokkal, deuteronokkal és α -részekkel, hogy a 61-es elemet valamilyen módon megkapják. 61-es elem izotópjai biztosan keletkeztek ezekben a kísérletekben, de kémiaiilag nem sikerült elválasztani ezeket az elemeket.

A háború alatt igen széles körben vizsgálták az atommag hasadási termékeit. A termékek között több ritka földfém is szerepel. *Mariansky*-és *Glendenin*-nek sikerült e vizsgálatok közben komplikált kémiai eljárásokkal elválasztani a 61-es elemet, amely 3,7 éves felezési idővel

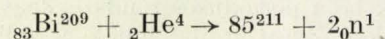
* Az ún. carrier-technikával. Ez a módszer igen kis rádióaktívanyag mennyiségek kezelésére, szétválasztására alkalmas. A kérdéses elemből nagyobb mennyiséget kevernek a rádióaktív oldathoz. A további kémiai műveleteknél a rádióaktív atomok ezekkel a vívó, »carrier« atomokkal együtt vesznek részt a különböző kémiai reakciókban.

β -sugárzás kibocsátásával bomlik. Ugyanezt a felezési időt figyelték meg a már ismert Nd¹⁴⁷ atommag bomlástermékénél. Ezért a 61-es elem 3,7 éves felezési idejű izotópjának az atomsúlya 147 tömegegység. Ezt a tömegértéket tömegspektrográffal végzett mérések is megerősítették. Azóta a hasadástermékekből milligramm nagyságú mennyiségeket sikerült előállítani. Természetesen ma már több izotópot ismerünk, ezek felezési ideje azonban sokkal kisebb, mint a 147-es izotóp felezési ideje.

A 61-es elem elnevezése sokáig vitatott volt. Illiniumnak, cikloniumnak nevezték. Végül is *Mariansky* és *Glendenin*, akik az elemet előállították, a *prometium* nevet javasolták (vegyjel: Pm). Az elnevezés indokolása elég furcsa: a mitológia szerint Prometheus hozta le az égből a tüzet az ember számára, hasonlóképpen a maghasadás nyitott újabb nagy energiaforrást számunkra, a 61-es elem pedig a hasadáskor keletkezett. A nevet a Nemzetközi Kémiai Egyesület 1949-ben el is fogadta.

85-ös asztatin

A 85-ös elemet először *Corson*, *Mackenzie* és *Segré* állították elő 1940-ben. Azt találták, hogy bizmutot ciklotronnal 32 MeV energiára felgyorsított α -részekkel bombázva 7 és 1/2 órás felezési idejű aktivitás keletkezik. Ez feltehetően a 85-ös elemnek tulajdonítható, amely a következő reakció szerint keletkezik:



A 85²¹¹ atommag elektronbefogással 211-es atomsúlyú polóniummá alakul, amely az aktinium-család egyik tagja, az aktinium C'. Ez igen rövid felezési idővel (kb. $5 \cdot 10^{-3}$ sec) bomlik nagy energiájú α -részeket bocsátva ki. Ez az energikus α -sugárzás mindig fellép a 85²¹¹ atommag bomlásakor, megerősíti tehát a fentebbi tömegszám megállapítását.

A felfedezők javaslatára a 85-ös elemet *asztatin*nak nevezték el (vegyjel: At), a görög astatos = nem stabil szóról, mert a halogén elemek között csak ennek az egy elemnek nincsen stabil izotópjá.

1943-ban *Karlik* és *Bernert* az asztatint a természetes rádióaktív bomlássorozatokban is felfedezték. Megállapították, hogy a rádium A (${}_{84}\text{Po}^{218}$) elemnél kismértékű elágazás van: az atommagok egy része RaB-vé bomlik α -sugárzás kibocsátásával, más részéből ${}_{85}\text{At}^{218}$ elem lesz β -bomlás során. Az utóbbi folyamat az esetek 0,04%-ában következik be. A ${}_{85}\text{At}^{218}$ atommag α -bomlással két másodperces felezési idővel RaC-vé alakul. Kimutatták, hogy a tórium és aktinium családban a ThA és a AcA szintén bomlik kis százalékban asztatinná. E vizsgálatok szerint asztatin előfordul a természetben, bár nagyon kis mennyiségben.

1939-ben a francia *Perey*-nek sikerült kimutatnia, hogy a természetes rádióaktív aktinium sorozatban 87-es elem is keletkezik. A sorozat egyik tagja, az aktinium 227-es izotópja, (erről kapta nevét is a sorozat,) kétféle módon bomlik, elágazás van a sorozatban. β -részecskék kibocsátásával ${}_{90}\text{Th}^{227}$ atommag lesz belőle, α -sugárzás kibocsátásával pedig a 87-es elem 223-as izotópja keletkezik. Az előbbi processzus valószínűsége 98,8%, az utóbbi pedig 1,2%. A 87-es elemet, melyet Franciaországban fedeztek fel, *francium*-nak nevezték el. Azóta több francium izotópot mesterségesen is előállítottak.

*

A fentiekből látjuk, hogy a négy újonnan felfedezett elem közül kettő, az asztatin és a francium a természetben is előfordul, csak nagyon kis mennyiségben. Ez az oka, hogy ezt a két elemet csak ilyen későn fedezték fel a természetes rádióaktív családok kutatói.

A másik két elemet, a technéciumot és a prométiumot eddig még nem találták meg a Földön és nem is fogják. Ugyanis ezen elemek felezési idejét ismerjük, a legstabilabb izotópok felezési ideje is nagyságrendekkel kisebb, mint a Föld életkora.

Transzurán elemek

Fermi és társai 1934-ben lassú neutronokkal sugározták be a periódusos rendszer legvégén álló uránt. Ekkor olyan atommagnak is kell képződnie, amely nagyobb atomsúlyú, vagy rendszámú, mint a természetben előforduló elemek. A besugárzás után legalább négy jól mérhető, különböző felezési idejű aktivitást lehetett kimutatni. A kísérletezők feltevése szerint ezek között van az U^{238} (n, γ) U^{239} magreakció útján keletkező U^{239} atommag β -aktivitása is, amelynek eredményeképpen 93-as rendszámú elem keletkezik. Ez az elméleti megfontolások szerint szintén β -aktív, így várható a 94-es elem keletkezése is. Az új elemek felkutatása nagyon izgalmas kérdés volt, ezért több laboratóriumban kezdtek a kérdéssel foglalkozni. A munka során 1939-ben fedezte fel *Hahn* és *Strassmann* az urán-hasadást. Az első transzurán elemet is felfedezték rövidesen. Ma már a 100. elemnél tartunk, annak fizikai és kémiai sajátságait vizsgálják. A következőkben az egyes transzurán elemek sajátságait tekintjük át.

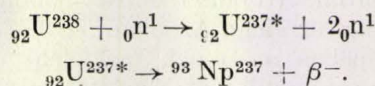
93-as neptunium

Amint említettük, az első transzurán elem az urán lassú neutronokkal való besugárzása közben keletkezett. 1939–40-ben, mikor már ismeretes volt az uránhasadás, *Mc Millan* neutronokkal besugárzott vékony uránoxid rétegben 23 perces felezési idejű β -aktivitást talált. Ez kétségtelenül az U^{239} atommaghoz tartozott, mert

az uránoxid rétegben maradt. Hasadási termék nem lehetett, mert a nagy energia-felszabadulás miatt ezek elrepültek a rétegből. A 23 perces aktivitás mellett 2,3 napos felezési idejű aktivitás mutatkozott. Ez már a 93-as elem β -bomlásának tulajdonítható. *Mc Millan*-nak sikerült kimutatni, hogy a 2,3 napos aktivitás olyan ütemben keletkezik az U^{239} -ből, amely megfelel az utóbbi 23 perces felezési idejének. Az új elemet *neptunium*-nak (Np) nevezték el az Urán bolygón túl lévő Neptun bolygóról.

Említettük, hogy kétséges volt az, hogy az aktinium után a ritka földfémekhez hasonló csoport, vagy a hafnium, tantál, ... elemekhez hasonló csoport lesz-e a periódusos rendszerben. A tórium, protaktinium és urán elemekből ezt nem lehetett egyértelműen eldönteni. *Mc Millan*-nak sikerült kimutatni, hogy az újonnan keletkezett neptunium kémiai szempontból nem hasonlít a réniumhoz, hanem a cériumhoz. Kémiai tulajdonságai nagyon hasonlítanak az urán kémiai tulajdonságaihoz. Ezen az alapon biztosnak látszott, hogy a neptunium és az urán is ritka földfémekkel homológ elemek.

Azóta több neptunium-izotópot fedeztek fel. Ezek közül a legnevezetesebb a Np^{237} izotóp, amely a következő úton jön létre:



A bombázó neutronok gyors neutronok, a Np^{237} felezési ideje $2,2 \cdot 10^6$ év, α -részecske kibocsátásával bomlik. Ez a leghosszabb felezési idejű transzurán elem. Bomlás során 233 atomsúlyú protaktinium lesz belőle, ez tovább bomlik β -sugárzás kibocsátásával, U^{233} izotóp keletkezik, stb. A bomlási sorozat vége a 209 atomsúlyú bizmut lesz, amely már stabil atom. Ez az ún. neptunium sorozat, vagy $4n + 1$ sorozat* kiegészíti a rádióaktív bomlássorozatokot.**

Újabban megvizsgálták, hogy a $4n + 1$ sorozat nem található-e meg a természetben. Várható, hogy ez uránércekben a különböző okokból keletkező gyors neutronok (spontán hasadás, (α, n .) reakció könnyebb elemeknél) hatására létrejön a fentjelzett magreakció. Sikerült kimutatni, hogy a Belga-Kongóból származó urán-szurokércben az $\text{N}^{237}/\text{U}^{238}$ arány $(1,8 \pm 0,4) 10^{-12}$.

94-es plutonium

A Np^{239} izotóp 2,3 napos felezési idővel β -sugárzást bocsát ki, tehát 94-es elemmé alakul át. Más aktivitást nem sikerült találni. Ebből *Mc Millan* arra következtetett, hogy az új elem felezési ideje igen nagy és α -részecskéket bocsát ki.

* A sorozatban résztvevő elemek atomsúlya $4n + 1$ számmal fejezhető ki.

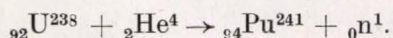
** A tórium sorozat a $4n$, az urán sorozat a $4n + 2$ és az aktinium sorozat a $4n + 3$ sorozat.

Ez később be is igazolódott. *Seaborg* és társai 1941 márciusában kimutatták az α -aktivitást, melynek felezési ideje 24 000 év. Ekkor azonban már egy másik izotóp, a 238-as atomsúlyú izotóp ismeretes volt. A Np^{238} β -bomlással eggyel magasabb rendszámú elemmé alakul. Az új elem α -bomló, felezési ideje 90 év. A rövidebb felezési idő miatt itt nagyobb az új elem aktivitása, ezért könnyebb volt ezt felfedezni. Az új elemet a Plutó bolygóról plutóniumnak (Pu) nevezték el.

A Pu^{239} izotóp nagy fontosságra tett szert azóta. Kiderült, hogy lassú neutronok hatására ez az izotóp is igen könnyen hasad, hasonlóan az U^{235} izotóphoz. Ezért igen nagy munkát fektettek abba, hogy minél tisztábban és minél nagyobb mennyiségben lehessen előállítani. Az első mérhető mennyiségű, tiszta plutóniumot 1942 szeptember 10-én mérték le. Ez a nap emlékezetes dátum, mert először sikerült egy természetben elő nem forduló elemet mérhető mennyiségben (mikrogramm) előállítani. A plutóniumra vonatkozó kémiai adatok még jobban megerősítették a transzurán elemek és a ritkaföldfémek hasonlóságát.

95 - ö s a m e r i c i u m

Seaborg és társai U^{238} -at bombáztak ciklotronnal gyorsított, 40 MeV energiájú α -részekkel. A várakozás szerint a következő magreakciónak kellett bekövetkeznie :

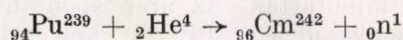


A plutóniumban sok a neutron a protonokhoz viszonyítva, ezért várható, hogy β -bomlással 95-ös rendszámú elemmé alakul. A kísérletek tanúsága szerint a Pu^{241} tíz éves felezési idővel bomlik, az új elem α -részeket emittál, ennek felezési ideje 500 év. Az elemet 1944-ben fedezték fel, ameríciumnak (Am) nevezték el, tekintetbe véve azt, hogy az új elemnek megfelelő ritka földfém neve europium.

96 - o s c u r i u m

A sorrendben 4-ik transzurán elemet előbb találták meg, mint a 95-ös elemet, ugyancsak 1944-ben. Az elemet curiumnak (Cm) nevezték el, a *Curie* házaspár tiszteletére. Az elnevezés azzal indokolható, hogy az elem ritka földfém homológját, a gadoliniumot *Gadolin* finn kémikusról nevezték el, aki a ritka földfémek területén úttörő munkát végzett.

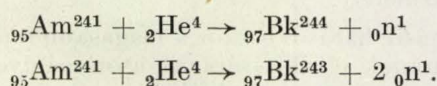
Nézzük, milyen magreakcióval sikerült előállítani az első curium izotópot. Pu^{239} izotópot bombáztak ciklotronnal gyorsított α -részekkel :



A keletkező izotóp α -sugárzó, felezési ideje 150 nap. Bomlaskor Pu^{233} keletkezik, ennek az atommagnak a sugárzását már régen megismerték. Ilyen módon biztosnak lehetett mondani, hogy a magreakció a fenti képlet szerint folyik le.

97 - e s b e r k e l i u m

1949 végén *Seaborg* és társainak sikerült előállítani a 97-es rendszámú elemet. Ciklotronnal gyorsított α -részekkel ameríciumot bombáztak. A lehetséges magreakciók a következők :



A második reakció a valószínűbb. A keletkező új atommag felezési ideje 4,6 óra és az atommag körül keringő belső elektron befogása az ú.n. *K*-befogás útján bomlik. Az elemet *Berkeley* városról, ahol az elemet előállították, berkeliumnak (Bk) nevezték el. A megfelelő ritka földfém, a terbiumot is *Ytterby* svéd városról nevezték el, ahol sok ritka földfém találtak.

98 - a s c a l i f o r n i u m

1950 márciusában *Seaborg* és társai a Cm^{242} -es izotópot bombázták 35 MeV energiájú α -részekkel. A magreakció, vagy (α, n) vagy ($\alpha, 2n$) típusú lehetett, a keletkező mag pedig 245, vagy 244 atomsúlyú, rendszáma mindenesetre 98. Az új elem α -bomló, felezési ideje kb. 45 perc. Az első munkában előállított atomok száma kb. 5000 volt, tehát roppant kis mennyiség. Ez nem csodálható, hiszen a besugárzott Cm^{242} mennyisége is csak néhány mikrogramm volt.

Az új elemet California egyeteméről, ahol az elemet előállították, californiumnak (Cf) nevezték el. Itt nagyon nehéz valami analógiát találni a homológ ritka földfém elem elnevezéséhez. A diszprózium görög szóból származik, jelentése »nehéz megtalálni«. Californiában egy évszázaddal megelőtt egy másik elemet kerestek (aranyat) és azt nehéz volt megtalálni ott. A névadóknak ennyi elég volt az elem elnevezéséhez.

99 - e s é s 100 - a s e l e m

A 99-es és 100-as elemek előállítása napjainkban folyik. Ezeket az elemeket lényegében kétféle módszerrel sikerült ez ideig előállítani : az egyik módszer abban áll, hogy hatszorosan ionizált szén, nitrogén, oxigén atomokat ciklotronnal nagy energiára felgyorsítanak (100–200 MeV) és ezekkel az uránt, vagy valamely transzurán elem izotópját bombázzák. A bombázott elem rendszámához és atomsúlyához hozzáadódik a nagyrendszámú és atomsúlyú bombázó részecske töltése és tömege. Ilyen módon sikerült a 99-es elem egyik izotópját előállítani : *Ghiorso* és társai U^{238} -at bombáztak hatszorosan ionizált nitrogén atomokkal. A reakció eredménye a 99-es elem 247, illetve 248 atomsúlyú izotópjá. Az első izotóp 7,35 MeV energiájú α -sugarakat bocsát ki, felezési ideje 7,3 perc, a második *K*-befogással bomlik, kb. perces felezési idővel. A kísérletről 1953 novemberében érkezett a tudósítás.

Svéd fizikusok ${}^8\text{O}^{16}$ hatszorosan ionizált atomját gyorsítva bombázták U^{238} -at, eredményül a 100-as elem izotópját kapták, amely félórás felezési idővel 7,7 MeV α -részecskéket sugároz ki. A 100-as izotóp atomsúlya feltehetően 250 tömeg egység. Az első pozitív eredmény 1954. február 10-én született.

A másik hatásos eszköz a magasabb rendszámú transzuránok előállítására az atommáglya. Ismeretes, hogy az atommáglyák belsejében igen nagy neutron-fluxus van. Ghiorso és társai ezt használták fel. Pu^{239} izotópot helyezve a máglyába, egymásutáni neutron-befogás (az atomsúly nő eggyel) és β -bomlás (a rendszám nő eggyel) be-

hangzott javaslatok: A 99. elemre: Afnium Atheneum, a 100. elemre: Centium, Centurium, utóbbi a latin centum = száz szóból.)

Ma már csaknem 50 olyan izotóp ismeretes, amelyeknek rendszáma nagyobb 92-nél, a természetben előforduló, legnehezebb atom rendszámánál. Az ismeretes izotópokat és fontosabb sajátosságait a 4. táblázatban foglaltuk össze (a táblázat nem tart igényt a teljességre). Az izotópok száma az eddig ismert transzurán elemek új izotópjának és újabb, 100-nál nagyobb rend-

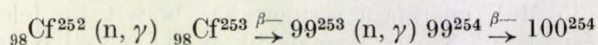
4. táblázat. A transzurán elemek izotópjai

Izotóp	Bomlás módja	Bomlási energia Mev	Felezési idő	Felezési idő spontán hasadás esetén	Izotóp	Bomlás módja	Bomlási energia Mev	Felezési idő	Felezési idő spontán hasadás esetén
${}^{93}\text{Np}^{231}$	α	6,2	53 perc	—	${}^{96}\text{Cm}^{240}$	$k \alpha$	6,3	26,8 mp	—
${}^{93}\text{Np}^{233}$	k, α	5,53	35 perc	—	${}^{96}\text{Cm}^{241}$	k	—	55 nap	—
${}^{93}\text{Np}^{234}$	k, γ	1,9	4,4 nap	—	${}^{96}\text{Cm}^{242}$	α	6,1	150 nap	$7,2 \cdot 10^6$ év
${}^{93}\text{Np}^{235}$	k, α	5,06	435 nap	—	${}^{96}\text{Cm}^{243}$	α	5,79	100 év	—
${}^{93}\text{Np}^{236}$	β^-	0,5	22 óra	—	${}^{96}\text{Cm}^{244}$	α	5,78	10 év	—
${}^{93}\text{Np}^{237}$	α	4,77	$2,2 \cdot 10^6$ év	$> 4 \cdot 10^{16}$ év	${}^{97}\text{Bk}^{243}$	$k \alpha$	6,72	4,6 óra	—
${}^{93}\text{Np}^{238}$	β^-	1,4	2,1 nap	—	${}^{97}\text{Bk}^{249}$	β^-	0,1	= 1 év	$> 10^6$ év
${}^{93}\text{Np}^{239}$	β^-, γ komplex	1,181	2,33 nap	$> 5 \cdot 10^{12}$ év	${}^{97}\text{Bk}^{250}$	β^-	1,90	13 óra	—
${}^{94}\text{Pu}^{232}$	k, α	6,6	22 perc	—	${}^{98}\text{Cf}^{244}$	$k \alpha$	7,85	45 perc	—
${}^{94}\text{Pu}^{234}$	k, α	6,2	8,5 óra	—	${}^{98}\text{Cf}^{246}$	α	6,75	35 óra	~ 1000 év
${}^{94}\text{Pu}^{236}$	α	5,75	2,7 év	—	${}^{98}\text{Cf}^{248}$	—	—	—	~ 5000 év
${}^{94}\text{Pu}^{237}$	k	—	40 nap	—	${}^{98}\text{Cf}^{249}$	α	5,81	550 év	$> 10^6$ év
${}^{94}\text{Pu}^{238}$	α	5,51	92 év	$5,4 \cdot 10^{10}$ év	${}^{98}\text{Cf}^{250}$	α	6,03	9,4 év	~ 5000 év
${}^{94}\text{Pu}^{239}$	α	5,15	$2,41 \cdot 10^4$ év	$5,5 \cdot 10^{15}$ év	${}^{98}\text{Cf}^{252}$	α	6,12	2,1 év	60 év
${}^{94}\text{Pu}^{240}$	α	5,1	~ 6000 év	$1,25 \cdot 10^{11}$ év	${}^{98}\text{Cf}^{253}$	β^-	—	18 nap	—
${}^{94}\text{Pu}^{241}$	β^-	0,01—0,02	14 év	—	${}^{99}\text{247}$	$\alpha?$	7,35	7,3 perc	—
${}^{94}\text{Pu}^{242}$	α	4,88	$5 \cdot 10^5$ év	$7 \cdot 10^{10}$ év	${}^{99}\text{248}$	$k?$	—	~ 1 perc	—
${}^{94}\text{Am}^{238}$	$k?$	—	1,12 óra	—	${}^{99}\text{253}$	α	6,6	20 nap	—
${}^{95}\text{Am}^{239}$	$k \alpha$	5,77	12 óra	—	${}^{99}\text{254}$	β	1,1	36 óra	—
${}^{95}\text{Am}^{240}$	$k \gamma$	1,3	50 óra	—	${}^{99}\text{255}$	β	—	1 hónap	—
${}^{95}\text{Am}^{241}$	α	5,45	490 év	$> 1,4 \cdot 10^{13}$ év	${}^{100}\text{250}$	α	7,7	1/2 óra	—
${}^{95}\text{Am}^{242}$	β^-	1	16 óra	—	${}^{100}\text{254}$	α	7,2	3,2 óra	~ 300 nap
${}^{95}\text{Am}^{243}$	α	5,21	10^4 év	—	${}^{100}\text{255}$	α	7,1	15 óra	—
${}^{95}\text{Am}^{244}$	β	1,5	26 perc	—					
${}^{95}\text{Cm}^{238}$	α	6,5	2,5 óra	—					

következése után sikerült megkapniuk a 99-es elem egyik izotópját. A neutron befogási és a β -bomlási folyamatokat végigelemezve, a szerzők arra a következtetésre jutottak, hogy a 99-es elem 253-as izotópját találták meg. Az atommag 6,6 MeV energiájú α -részecskéket bocsát ki, a felezési időt egy hónapra becsülik. A kísérletről a tudósítás 1953 decemberében érkezett.

A munkát tovább folytatva Cf^{252} -t helyeztek az atommáglyába. A folyamatos neutron-befogás és β -bomlás során keletkező 100-as elemet is sikerült kimutatni. Ez 7,2 MeV energiájú α -részecskéket sugároz ki három órás felezési idővel.

A 100-as elemhez vezető magreakció sorozat feltehetőleg a következő:



Ez az eredmény 1954 januárjából származik. Az új elemeknek még nincsen hivatalos nevük. (El-

számú elemek előállításának útján növekedni fog. Felmerül bennünk a kérdés, hogy meddig. A kísérleti fizikus atomépítő tevékenysége előtt nincs-e valami akadály, az elemek periódusos rendszerének nincs-e felső határa. A fizikusok erre a kérdésre is meg tudnak felelni.

Az uránhasadás kísérleti felfedezése után közvetlenül Frenkel, Bohr és Wheeler kidolgozták a hasadás elméletét. Felhívták a figyelmet arra, hogy a nehéz magok külső behatás nélkül, spontán is hasadhatnak. Flerov és Petrjuk szovjet fizikusok az urán spontán hasadását 1940-ben kísérletileg is kimutatták. Az urán spontán hasadásának felezési ideje $\sim 10^{14}$ év, ami azt jelenti, hogy egy gramm uránban átlagosan egy maghasadás következik be percenként.

A nagyobb rendszámú atomoknál a spontán hasadás felezési ideje jóval kisebb, a 100-as elemnél már csak 300 nap. (Lásd 4. tábl.) Mai

ismereteink szerint a spontán hasadás szab felső határt az atomok rendszámának növelése elé.

Befejezésül tárgyaljuk kissé részletesebben a maghasadást, hogy számszerűen is meg tudjuk becsülni a felső határt.

A maghasadást az atommag cseppmodellje alapján érthetjük meg. A modell szerint az atommagot egy folyadékcseppnek képzeljük, amelyben az egyes alkotórészek (protonok és neutronok) rövid hatótávolságú erőkkel vannak egymáshoz kötve, minden részecske csak a közvetlenül mellette levőket vonza. A kötésre fordított energia miatt az atommagok tömege mindig kisebb, mint a magban levő protonok és neutronok tömegének összege, azaz mint

$$M_0 = ZM_p + (A - Z) M_n,$$

ahol M_p a proton, M_n a neutron tömege, Z a rendszám, tehát a protonok száma, A az atomszűly, a magban levő részecskék száma. Ebből a rövid hatótávolságú erők miatt le kell vonni A -val, a részecskék számával arányos mennyiséget:

$$M_1 = -a_1 A$$

a_1 az egy részecskére jutó átlagos kötési energia/ c^2 . Most viszont túl sokat vontunk le, mert a magcsepp felületén levő részecskék csak egy oldalon vannak a környező részecskékhez kötve. A felülettel arányos korrekciós tényezőt kell tehát figyelembe vennünk. A magsugár $R = 1,4 \cdot 10^{-13} A^{1/3}$ cm, ezért a korrekció $A^{2/3}$ -al arányos:

$$M_2 = +a_2 A^{2/3}$$

A magban levő Z töltött részecske taszítja egymást. Ennek ellensúlyozására energia szükséges. Egy egyenletesen töltött Ze töltésű, R -sugarú mag potenciális energiája $U = \frac{3}{5} \frac{(Ze)^2}{R}$ erg =

$$= 0,000627 \frac{Z^2}{A^{1/3}}, \text{ ha az atommagoknál szokásos tömegegységben fejezzük ki. Tehát}$$

$$M_3 = +0,000627 \frac{Z^2}{A^{1/3}}.$$

A tapasztalat szerint még további korrekciók is szükségesek a pontos tömeg kifejezéshez, amelyek Z , illetve A páros vagy páratlan voltával vannak összefüggésben. Ezeket nem részletezzük, összefoglalóan

$$M_4 = f(A, Z)$$

kifejezéssel jelöljük. Ezek szerint a Z rendszámú A tömegszámú atommag tömege

$$M(A, Z) = ZM_p + (A - Z) M_n - a_1 A + a_2 A^{2/3} + 0,000627 \frac{Z^2}{A^{1/3}} + f(A, Z).$$

A kötési energiával ekvivalens tömegkülönbség (ΔM):

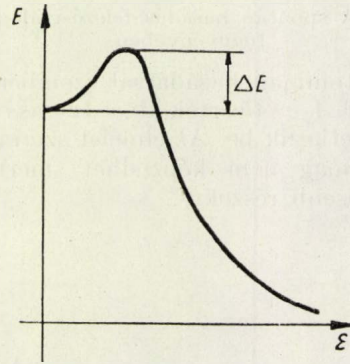
$$\Delta M = -a_1 A + a_2 A^{2/3} + 0,000627 \frac{Z^2}{A^{1/3}} + f(A, Z).$$

A konstansokat a mérési eredményekkel való összehasonlításból határozták meg:

$$\Delta M = -0,01507 A + 0,014 A^{2/3} + 0,000627 \frac{Z^2}{A^{1/3}} + f(A, Z).$$

A most kiszámított formula segítségével leírhatjuk a mag energiájának változását akkor, ha a mag gömbalakból kis deformációval ellipszoid alakba megy át. Ha az energiaváltozás pozitív, akkor a gömbalak stabilis képződmény, ha negatív, a deformáció energiafelszabadulással jár. továbbfolytatódik, a gömbalak ilyenkor nem stabilis képződmény.

Deformációkor nyilvánvalóan megnő a csepp felülete, tehát a felületi energia növekszik; a töltött részecskék viszont egymástól távolabb



3. ábra. Az atommagok potenciális energiájának változása a mag deformációjakor. A görbe maximumánál maghasadás következik be

kerülnek, ezért az elektromos energia lecsökken. Ha a deformáció olyan, hogy a nagyobbik féltengely $R(1 + \varepsilon)$ lesz (R a magsugár, ε kis megváltozás), a két kisebbik féltengely pedig $R/\sqrt{1 + \varepsilon}$ -ra csökken, akkor a felületi energia

$$0,014 A^{2/3} (1 + 2/5 \varepsilon^2 + \dots)$$

tömegegység lesz. Az elektrosztatikus energia pedig

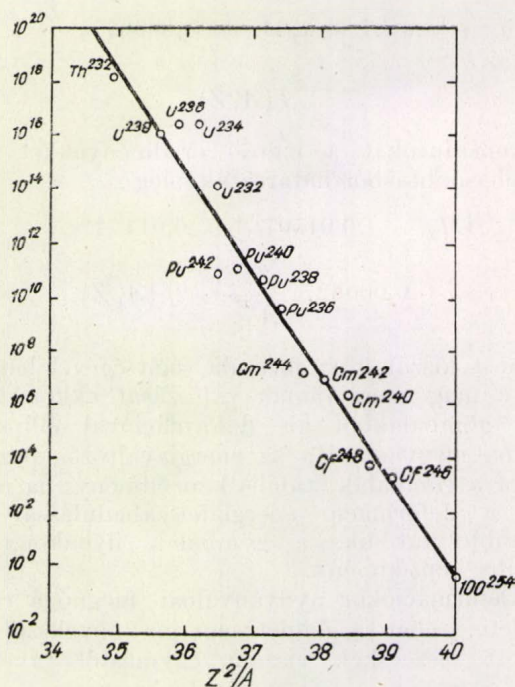
$$0,000627 (Z^2/A^{1/3}) (1 - \frac{1}{5} \varepsilon^2 + \dots).$$

A teljes energiaváltozás

$$\varepsilon^2 (2/5 \cdot 0,014 A^{2/3} - 1/5 \cdot 0,000627 Z^2/A^{1/3}).$$

Ez negatív, ha

$$\frac{Z^2}{A} > 45.$$



4. ábra. A spontán hasadás felezési ideje Z^2/A függvényében

Ekkor az atommag hasadással szemben instabil. A kritikus $Z^2/A = 45$ érték kb. a 120-as rendszámú elemnél következik be. Az elmélet szerint ott már stabil atommag nem képződhet, mert azonnal széthasad kisebb részekre.

A fentiek szerint a hasadást $Z^2/A < 45$ esetén az energia-viszonyok megakadályozzák. Úgy lehet a helyzetet leírni, hogy az atommag-hasadás szempontjából egy potenciálgödörben van (3. ábra). Nincs elég energiája ahhoz, hogy a potenciálszöglet felülmúlva hasadni tudjon. Ha külső részecske energiát visz az atommagba, akkor bekövetkezik a hasadás. Ezt tapasztalták az urán neutronokkal való besugárzásakor.

A besugárzatlan uránnál és más magoknál létrejövő spontánhasadás oka abban rejlik, hogy a hasadás — az ismert alagút-effektus miatt — kis valószínűséggel a potenciálfalon keresztül is megtörténhet. A potenciálfal Z^2/A növekedésével egyre alacsonyabb és keskenyebb, ezért egyre nő a spontán hasadás valószínűsége, vagyis csökken a felezési idő. A felezési idő logaritmusát Z^2/A függvényében felmérve a mérési pontokon át egyenes fektethető (lásd 4. ábrát).

Végül megemlítjük, hogy újabban széles körökben foglalkoznak azzal a problémával, hogy az atommagok felépítésében található-e periodicitás a rendszám függvényében. Ezen a téren még nincsen lezárt eredmény, az atommagok minden szempontból kielégítő periódusos rendszere még hiányzik, de biztató kutatási eredmények ezen a területen is vannak (lásd pl. Szamosi Géza cikkét, Magyar Fizikai Folyóirat, 1953).

Keszthelyi Lajos
Központi Fizikai Kutató Intézet

A fizikai vákuum

Amikor Newton 1670 körül felállította az általános tömegvonzás nagyhorderejű törvényét, egyúttal megindította azt a vitát is, mely a testek egymáshatásának mechanizmusát volt hivatott tisztázni. Ez a vita, mint tudjuk, a *távolhatás* ill. *közvetítés* elméletei körül zajlott. Newton maga lehetetlenségnek érezte a közvetítő nélküli távolhatástörtenő erőhatás kifejtését. Bentley-hez írt híres levelében a következőt mondja: »Az a feltevés, hogy egy test az *űrön át* bármely távolságból valamiféle, a hatást és erőt közvetítő hatótényező nélkül is hatást gyakorolhat más testre, — ez a feltevés nézetem szerint éppoly képtelen, mint felfoghatatlan.« Feltételezi tehát valamilyen közvetítő »ágens« szerepét. Ezt, Descartes elgondolásaihoz hasonlóan, minden fizikai jelenség és kölcsönhatás forrásának tekinti és »éternek« nevezi: »Mondanunk kell valamit ama bizonyos, nagyon finom éterről, mely minden tömör testet áthat és betölt, melynek ereje és hatásai révén a test részecskéi egészen kis távolságból kölcsönösen vonzzák egymást; ... az elektromossággal telítődött testek nagyobb távol-

ságra hatnak ...; fény keletkezik, visszaverődik, megtörik, elhajlik és felmelegíti a testeket... Mindez azonban nem fejthető ki röviden, emellett pedig elegendő kísérleti tény sem áll rendelkezésre, amelynek alapján *ezen éter hatásának törvényei* meghatározhatók és kimutathatók volnának.« Ezekkel a szavakkal Newton mintegy nagyszerű programot jelöl ki utódainak: kutassák és foglalják törvénybe az »éter« sajátosságait!

Valóban, azt mondhatjuk, hogy a modern fizika fejlődésének útja az erőhatások és jelenségek hordozójának, a *térnek* fokozatos megismerése. Hosszú és fáradságos volt az a fejlődés, amely a ködös »éter« elképzeléséből a mai fizika aktív és reális, materialista »vákuum«-jának megismerésére vezetett.

Az alábbiakban ennek a fejlődésnek főbb szakaszaival és legújabb eredményeivel akarunk foglalkozni, korántsem tartva igényt a teljességre. Így pl. egyáltalán nem térünk ki arra, hogyan határozza meg az anyag és annak mozgásállapota a tér geometriáját, aminek kifejtése az általános relativitáselmélet nagyszerű teljesítménye.

A klasszikus vákuum

A következőkben mindenekelőtt a *klasszikus elektrodinamika* »éterével« ismerkedünk meg. Tudjuk, hogy az elektromágneses jelenségek szövevényébe elsőnek *Faraday* derített fényt, teljesen elvetvén az elektromos és mágneses távolhatás koloncát. Felismerve a *közeg* befolyását az elektromos és mágneses jelenségekre, zseniális általánosítással feltételezi ezeknek a jelenségeknek *hasonló mechanizmussal* történő kialakulását ott is, ahol »ponderábilis« anyag nincs jelen. Ily módon teremti meg az elektromágneses éter fizikáját. Felfogását munkájának betetőzője és továbbfejlesztője, *Maxwell*, a következő találó szavakkal jellemzi: »Faraday az egész téren áthaladó erővonalakat látott ott, ahol a matematikusok távolbaható vonzást gyakorló erőközpontokat láttak. *Faraday a közbülső közeget látta ott, ahol a matematikusok a távolságon kívül semmit sem láttak. Faraday a jelenségek lényegét a valóságnak megfelelően a közegben kutatta.*

Maxwell, amellet, hogy Faraday elképzeléseit matematikailag exakt alakba öntötte, lényegesen túl is ment azokon. Vizsgálatai óta az elektromágneses jelenségek székhelyéül egyöntetűen a *teret* tekintjük, függetlenül attól, kitölti-e azt pl. valamilyen dielektrikum vagy sem. Illusztráljuk ezt egy igen egyszerű példán. Számítsuk ki mondjuk egy töltött vezetögömb elektromos energiáját. A régebbi szemlélet szerint a töltérendszer potenciális energiája az

$$E = \frac{1}{2} \int \Phi \rho dV = \frac{1}{2} e\Phi$$

séma szerint számítandó ki hol Φ a vezető potenciálja, ρ a töltéssűrűség, e az össztöltés, és az integrálás a gömb térfogatára terjesztendő ki. Ma azonban a Maxwell-felfogás szerint a számítás menete a következő: *A töltött gömb energiájának székhelye maga az (üres) tér.* A tér energiája:

$$E = \frac{1}{8\pi} \int_{\infty}^{\infty} \mathcal{E}^2 dV = \frac{1}{2} \int_R \mathcal{E}^2 r^2 dr,$$

ahol az integrálást természetesen nem a gömbre (ott belül nincs tér), hanem az üres térre terjesztjük ki. (Természetesen a kétféle számítás eredménye megegyező.)

Hasonlóan radikális a felfogásunk az indukció jelenségével kapcsolatban is. A mágneses erővonalszám változása az *üres* térben elektromotoros erőt, feszültséget (elektromos örvényteret) hoz létre, s ha ott véletlenül töltéshordozók is vannak jelen, úgy azok mozgásba jönnek, megindul az indukált áram.

Maxwell nagy érdeme, hogy ennek az indukciós törvénynek analógonját is felállította azáltal, hogy a reális töltéshordozók mozgásából eredő áram mellett bevezette az elektromos térerősség

változásából származtatott eltolási áram fogalmát. Mindezek összekapcsolása vezetett azután az üres térben, *a vákuumban* terjedő elektromágneses hullámok megjölésére, melyeket később kísérletileg Hertz mutatott ki. Ezeknél a hullámoknál a *tér* elektromos és mágneses »feszültségi« állapotának periódikus tovaterjedéséről van szó. Az elektromágneses fényelmélet tehát végképp fölöslegessé tette egy különleges, ellentmondó tulajdonságokkal felruházott, rendkívül finom »anyagú« »éter« feltételezését. Ehelyett azonban kiderült, hogy az üres tér, *a vákuum maga rendelkezik fizikai tulajdonságokkal; nemcsak hordozója, hanem aktív részese a fizikai jelenségeknek, objektív, reális fizikai ágens, mely állandó változásban van.* Ilyenformán és ebben az értelemben tehát a vákuum valóban nem »pusztaság«, hanem maga is »anyag«, a szó filozófiai értelmében véve.

A klasszikus elektrodinamika további fejlődése során figyelmet érdemel *Mie* [1] próbálkozása. Céljaul tűzte ki a Maxwell-elméletnek egy olyan módosítását, melyben a töltések nem mint adott külső források, hanem mint magának a térnek *termékei* szerepelnek. Ez a bővítési lehetőség arra vezet, hogy már vákuumban is különbséget tudjunk tenni pl. az \mathcal{E} térerősség és a \mathcal{D} eltolási vektor között. Ez viszont azt eredményezi, hogy már a vákuumnak is lesz egy »anyagi állandója«, az $\epsilon = \mathcal{D}/\mathcal{E}$ dielektromos együttható. Ezt a gondolatot később *Born* és *Infeld* [2] sikeresen továbbfejlesztette. (Erre később még visszatérünk.) Hasonló módon általánosította a Maxwell egyenleteket *Dirac* is [3].

Ebben a vonatkozásban említjük meg azt is, hogy a kvantumelmélet szerint az elemi részecskéket általában mint *a tér termékeit, kvantumait* kell felfognunk. Ennek a nézetnek az utóbbi időben több szovjet fizikus is igen nyomatékosan adott kifejezést. (L. pl. *Blohincev* [4] és *Frenkel* [5].)

Mindezek az újabb gondolatok egyre inkább a tér felé fordítják figyelmünket, rávilágítva arra, hogy valamennyi fizikai jelenség megértésénél a tér játssza a primér szerepet.

Az elektromágneses vákuum fluktuációja

A továbbiakban az üres térnek, a fizikai vákuumnak néhány olyan tulajdonságával akarunk foglalkozni, melyek valóban rendkívül meglepőek s melyek realizálására a legutóbbi évek nagyszerű kísérleti technikájának fejlődése hívta fel a figyelmet. Ehhez mindenekelőtt nagy vonalakban meg kell ismerkednünk az elektromágneses tér és az elektronok kölcsönhatásának kvantumelméleti leírás módjával, a *kvantumelektrodinamika* alapfogolataival.

Ismeretes, hogy az elektronok és a sugárzás kölcsönhatásának leírásához nemcsak az elektronok mozgását kell a kvantummechanika szabályai szerint tárgyalni, hanem az elektromágneses teret is kvantálni kell. Ez lényegileg a következő

módon történik. A teret jellemző potenciálfüggvényeket Fourier-sorba fejtjük, vagyis a sugárzását monokromatikus síkhullámok szuperpozíciójaként állítjuk elő. Kiderül, hogy minden egyes Fourier-együttható egy-egy harmonikus oszcillátor-egyenletnek tesz eleget, az elektromágneses tér energiája pedig ezeknek az »oszcillátoroknak« energiáiból additive tevődik össze. A kvantálás mármost abból áll, hogy ezeket az oszcillátorokat nem a közönséges mechanika, hanem a kvantumelmélet szerint tárgyaljuk. Ez azt jelenti, hogy, az oszcillátorok amplitúdói (a Fourier-együtthatók) nem lesznek közönséges számok, hanem *operátoroknak* tekintendők, melyek a szokásos csererelációknak tesznek eleget. Ebből, mint tudjuk, az következik, hogy ezeknek az oszcillátoroknak az energiája nem vehet fel tetszőleges értékeket, hanem csak $h\nu$ egészszámú többszöröseivel változhat meg, hol ν a kiszemelt »oszcillátor« (vagyis parciális hullám) frekvenciája, h pedig a Planck féle állandó. Másszóval: az elektromágneses tér energiája csakis $h\nu$ nagyságú adagokkal változhat meg. Ez éppen a *fotonhypotézis* exakt matematikai megfogalmazása.

Igen lényeges mármost az a tény, hogy fentiek szerint a kvantumelektrodinamikában minden mennyiségnek, így pl. az elektromos térerősségnek és a fotonok számának is bizonyos, egymással nem felcserélhető operátorok felelnek meg. Ebből viszont az ismert módon egy határozatlansági reláció következik: Ha a fotonok számát pontosan ismerjük, az elektromos térerősség teljesen határozatlan lesz. Különösképpen vonatkozik ez az elektromágneses tér ún. *vákuumállapotára*, amikor fotonok egyáltalán nincsenek jelen, tehát a térerősség várható értéke (átlagértéke) nulla. Ekkor is, fentiek szerint, a térerősség ekörül a nulla átlagérték körül ingadozni fog és a *térerősség négyzetének átlagértéke nullától különböző lesz*.

Ennek a különös ténynek az a szemléletes magyarázata, hogy a kvantumelmélet szerint az oszcillátor legmélyebb energiaállapotának energiája nem nulla, hanem $h\nu/2$.

Ez a szilárd testek mechanikájából jól ismert *nullapont-energia*. Hogy ez nemcsak valamilyen elméleti elképzelés hibás következménye, hanem valóban létező effektus, azt kristályok fény-szórásának intenzitáseloszlásából már a 20-as évek végén kísérletileg is sikerült kimutatni. (L. pl. *Laue* ismert könyvét. [6].)

Teljesen plauzibilis mármost, hogy hasonló nullapont-effektusnak a »virtuális« monokromatikus oszcillátorokból felépített elektromágneses térnél is fel kell lépnie.

Az eddigiek alapján könnyen meghatározhatjuk az elektromos térerősség négyzetének említett *vákuumfluktuációját*. Egy ν frekvenciájú összevető hullám nullapont-energiája $h\nu$ lesz. (Az $1/2$ faktor azért hiányzik, mert mindkétfajta polarizációjú foton ad hozzájárulást.) Másfelől, egy Ω térfogatban levő elektromágneses energia

$$\frac{1}{8\pi} \int_{\Omega} (\mathcal{E}^2 + \mathcal{H}^2) dV = \frac{1}{4\pi} \mathcal{E}_0^2 \Omega,$$

mert $\mathcal{E}^2 = \mathcal{H}^2$ és az \mathcal{E}_0 átlagértéket kiemelhetjük. Az előző megállapítással ezt összevetve következik, hogy a ν frekvenciával kapcsolatos fluktuáció értéke:

$$\mathcal{E}_0^2 = \frac{4\pi h\nu}{\Omega} \quad (1)$$

Vessük fel mármost a kérdést, miben nyilvánulhat meg az elektromágneses vákuum fluktuációjának a hatása? Mindenekelőtt nyilvánvaló, hogy a vákuumfluktuáció hatására egy magára hagyott elektron egyensúlyi helyzete körül rezgőmozgást fog végezni. Ennek a mozgásnak kinetikus energiája minden esetben fel fog lépni, és hozzáadódik az elektron (relativisztikus) nyugalmi energiájához. Természetesen, az ennek az energiának megfelelő *tömegnövekedés* mindig fellép, és ezért *benne foglaltatik az elektron észlelt tömegében (tömegrenormálás)*. Ezzel az ún. *sajátenergiaproblémával* és nehézségeivel e helyütt nem akarunk foglalkozni.

Fontos azonban az, hogy egy külső, adott térbe helyezett elektron pl. a hidrogénatom magjának Coulomb-terében levő elektron *potenciális energiája is kissé megváltozik* az elektromágneses vákuum fluktuációjának hatására bekövetkező helyingadozás miatt. Ez az effektus már mérhető eredményre vezet. A jelenség pontos kiszámítása rendkívül bonyolult és hosszadalmas, és csak a kvantumelektrodinamika új, nagyhorderejű módszereinek kidolgozása óta lehetséges. (Ezen módszerek ismertetése túl messzire vezetne, l. pl. az idevágó legfontosabb cikkeket összefoglaló és értékelő szovjet gyűjteményt és az ott adott bibliográfiát [7].) Itt csak arra szorítkozunk, hogy a jelenségnek egy félklasszikus, közelítő szemléletes tárgyalását adjuk meg, nagyjából *Welton* (Phys. Rev. 74, (1948)) gondolatmenetét követve.

Mindenekelőtt azonban idézzük az idevágó kísérleti tényeket. A hidrogénspektrum jól ismert Dirac-féle relativisztikus elmélete szerint a H-atom $2 S_{1/2}$ és $2 P_{1/2}$ termjeinek energiaértéke pontosan megegyezik. Ezzel szemben a mikro-hullámú spektroszkópia segítségével *Lamb* és *Retherford* 1947-ben kimutatta, hogy a két nivå nem esik össze, hanem az S-nívó mintegy 1000 Mhz-el (vagyis kb. $0,033 \text{ cm}^{-1}$ -el) magasabban fekszik a P-nivónál. A legutóbbi (1953) igen pontos mérések szerint (l. [8]) ennek a *termeltolódásnak* értéke:

$$\delta = 1057,77 \pm 0,10 \text{ Mhz.}$$

Lássuk mármost a szemléletes magyarázatot! Számítsuk ki először a vákuumfluktuáció hatásának kitett elektron helyingadozásának átlagértékét. Az elektron klasszikus mozgásegyenlete a vákuumfluktuációs erőter ν frekvenciájú komponensének hatására, a sugárzási csillapítást is figyelembevéve, nyilván

$$m\ddot{x} = e |\mathcal{E}_0| \cos \omega t + \frac{2}{3} \frac{e^2}{c^3} \ddot{x},$$

hol $\omega = 2\pi\nu$ és a jobboldali második tag a Lorentz-elmélet ismert sugárzási csillapítóereje.

Ezt a differenciálegyenletet a szokott módon (a csillapítást első közelítésben előbb elhanyagolva) megoldjuk és eredményül azt kapjuk, hogy

$$x = -\frac{e}{m\omega^2} |\mathcal{E}_0| \exp\left\{-\frac{1}{3} \frac{e^2 \omega^2}{c^3 m} t\right\} \cos \omega t.$$

Négyzetreemelve és egy periódusra átlagolva egyszerű számítás segítségével:

$$\overline{x^2} = \frac{e^2}{2m^2 \gamma} \mathcal{E}_0^2 \frac{1}{\omega^5} \left(1 - e^{-\gamma\omega}\right),$$

ahol

$$\gamma = \frac{4\pi}{3} \frac{e^2}{mc^3} \sim 10^{-23} \text{ sec.}$$

Ide behelyettesítve \mathcal{E}_0^2 fentebb kiszámított (1) alatti fluktuációs értékét:

$$\overline{x^2} = \frac{3}{2} \frac{\hbar c^3}{m \omega^4} \left(1 - e^{-\gamma\omega}\right) \frac{1}{\Omega}. \quad (2)$$

Minket természetesen nem egy bizonyos ω frekvenciájú vákuumfluktuáció hatása, hanem valamennyi sajátrezgés együttes eredménye érdekel. Ezért még a (2) alatti kifejezést meg kell szorozni az ω és $\omega + d\omega$ intervallumba eső lehetséges rezgések számával, ami tudvalevőleg

$$z(\nu) d\nu = \Omega \frac{8\pi\nu^2}{c^3} d\nu = \Omega \frac{\omega^2}{\pi^2 c^3} d\omega,$$

és integrálni az összes frekvenciákra. Tehát vég-eredményben

$$\overline{x^2} = \frac{3}{2\pi^2} \frac{\hbar}{m} \int_{\omega_0}^{\infty} \frac{1}{\omega^2} \left(1 - e^{-\gamma\omega}\right) d\omega.$$

Itt az integrálás alsó határa, ω_0 , az elektron kötési energiájának megfelelő frekvencia, melynél kisebb frekvenciájú rezgések nyilván hatástalanok lesznek. Az integrálást elvégezve igen jó közelítéssel a következőt kapjuk:

$$\overline{x^2} = \frac{2}{\pi} \frac{e^2}{mc^2} \frac{\hbar}{mc} \log \frac{3mc^3}{2e^2 \nu_0}. \quad (3)$$

Ezen előkészítés után nézzük meg, hogyan változik meg egy $V(\mathbf{r})$ potenciáltérben levő elektron átlagos energiája a helyingadozás hatására. Az elektron helyzetvektora az ingadozás figyelembevételével nyilván $\mathbf{r} + x$ lesz, tehát a hatások potenciális energia nem $V(\mathbf{r})$, hanem $V(\mathbf{r} + x)$. Ez utóbbit x kicsiny volta miatt Taylor-sorba fejthetjük:

$$V(\mathbf{r} + x) = V(\mathbf{r}) + x \text{ grad } V + \frac{1}{2} (x \nabla)^2 V.$$

Átlagoljunk x összes lehetséges értékeire! Tekintve x periodicitását, $\overline{x} = 0$ lesz, továbbá $\overline{x_x x_y} = 0$ és $\overline{x_x^2} = \overline{x_y^2} = \overline{x_z^2} = \frac{1}{3} \overline{x^2}$, s ily módon átlagban

$$V(\mathbf{r} + x) - V(\mathbf{r}) = \frac{1}{6} \overline{x^2} \Delta V. \quad (4)$$

Tegyük be ide a fentebb, (3) alatt megadott ingadozást, és vegyük még figyelembe, hogy az elektron egy Ze töltésű pontszerű mag Coulomb terében van, tehát, hogy

$$\Delta V = 4\pi e^2 Z \delta(\mathbf{r}).$$

Ily módon a potenciális energia megváltozása végül is

$$\begin{aligned} \delta V &= V(\mathbf{r} + x) - V(\mathbf{r}) = \\ &= \frac{4}{3} \frac{e^4 \hbar}{m^2 c^3} Z \log \frac{3mc^3}{2e^2 \nu_0} \delta(\mathbf{r}). \end{aligned} \quad (5)$$

Nézzük meg, mennyi lesz ezen energiaváltozásnak kvantumelméleti várható értéke, ha az atom a ψ_n stacionárius állapotában van. Ismeretes módon a várható érték

$$\overline{\delta V} = \int |\psi_n(\mathbf{r})|^2 \delta V d\mathbf{r}.$$

Ide (5) értékét behelyettesítve

$$\overline{\delta V} = \frac{4e^4 \hbar}{3m^2 c^3} Z \log \frac{3mc^3}{2e^2 \nu_0} |\psi_n(0)|^2 \quad (6)$$

adódik. Ismeretes, hogy $\psi_n(0)$ csak S-állapotok esetében különbözik zérustól és értéke ekkor

$$|\psi_n(0)|^2 = \frac{e^6 m^3}{\hbar^6 \pi n^3}, \quad (7)$$

hol n a főkvantumszám. Ennek figyelembevételével az S-termek energiaeltolódása (6) és (7) szerint végül is

$$\overline{\delta V} = \frac{4e^{10} m}{3c^3 \hbar^5 \pi} \frac{Z}{n^3} \log \frac{3mc^3}{2e^2 \nu_0}. \quad (8)$$

Speciálisan a hidrogén $2S_{1/2}$ állapotában $Z = 1$, $n = 2$ és a $\hbar\nu_0$ kötési energia Bethe számításai szerint 18 Rydberg-egység. Ezeket az adatokat felhasználva a termeltolódásra valóban 1000 Mhz nagyságrendű értéket kapunk.

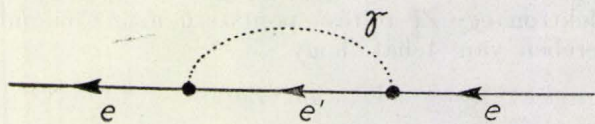
Az exakt számítások persze a vákuumfluktuáció szabatos kiszámítása mellett figyelembe veszik a vákuumpolarizáció (l. lentebb) hatását, a mag együttmozgását, véges kiterjedését és még más egész finom hatásokat is.

Az így kapott pontos eredmény

$$\delta = 1057,19 \text{ Mhz,}$$

megdöbbenően kitűnő egyezésben a fentebb idézett kísérleti értékkel. Mindez az új kvantum-elektrodinamikai módszerek kitűnő használhatóságának és egyúttal a vákuumfluktuáció realitásának bizonyítéka.

Kiegészítésül még meg akarjuk jegyezni, hogy a vákuumfluktuációt a kvantumelektrodinamika nyelvén egy kissé másként is értelmezhetjük. A jelenséget felfoghatjuk úgy, hogy az elektron állandó kölcsönhatásban van az »üres« elektromágneses térrel, ami abban nyilvánul meg, hogy



1. ábra

állandóan ún. virtuális fotonokat sugároz ki, melyeket rögtön újra el is nyel. (L. 1. ábra) Ebből a kölcsönhatásból származik az elektron elektromágneses sajátenergiája. Ha az elektron egy adott külső erőterben van, akkor ez a kölcsönhatás a virtuális fotonokkal kissé megváltozik, s a kötetlen állapothoz képesti különbség éppen az, amit a Lamb-eltolódásnál észleltünk.

A vákuum polarizációja

Fordítsuk figyelmünket most az elektronok felé. Tudjuk, hogy ezek kvantumelméleti viselkedését a Dirac féle egyenlet írja le. Ennek ún. második kvantálása hasonlóan történik, mint a Maxwell-féle egyenleteké. Az elektron állapotfüggvényét fejtjük megint Fourier-sorba. A »tér« energiája (az »elektronteréről« van most szó) megint, mint monokromatikus oszcillátorok energiájának szuperpozíciója áll elő. Ezeket a (virtuális) oszcillátorokat ismét megfelelő módon kvantálhatjuk, s eredményül azt kapjuk, hogy a Dirac egyenlet által jellemzett »elektronter« energiája szintén csak véges »kvantumokkal« változhat meg. Egy ilyen ν frekvenciájú parciális hullámhoz tartozó kvantum energiája azonban most nem $h\nu$, hanem

$$\pm \sqrt{\hbar^2 \nu^2 + m^2 c^4} \quad (9 \text{ a})$$

lesz. Mivel a Broglie-hullámhossz és a részecske impulzusa közti összefüggés

$$\lambda = \frac{h}{p} \quad \text{és} \quad \nu = \frac{c}{\lambda},$$

azért az elektronter egy kvantumjának energiája így is írható:

$$\pm \sqrt{p^2 c^2 + m^2 c^4}. \quad (9 \text{ b})$$

A relativisztikus mechanika szerint pedig ez éppen egy m nyugalmi tömegű és p impulzusú részecske energiája. Hasonlóan, a tér töltésoperátorának kvantálása azt mutatja, hogy a térben lévő töltés értéke e elemi töltésű részecskék töltéseinek összegeként adódik. Összefoglalva tehát, az elektronter mintegy az elektromágneses tér egy olyan általánosításának tekinthető, melynek »kvantumai«: az elektronok, nemcsak energiával, hanem m nyugalmi tömeggel és e töltéssel is rendelkeznek.

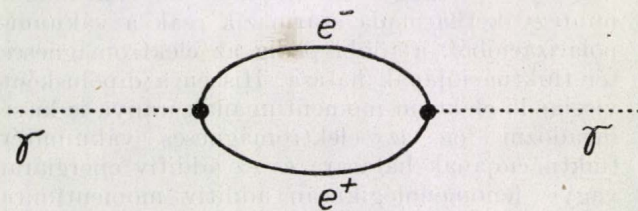
Vizsgáljuk meg most ezen különös elektronter vákuumállapotát, vagyis azt az állapotát, mikor a kvantumok, azaz az elektronok száma nulla.

Látjuk, hogy az elektronter esetében a (9) energiaértékek *kettős előjele* miatt negatív energiájú elektronoknak is kellene létezniük. Hajlamosak lennének arra, hogy ezeket az állapotokat olyanoknak tekintsük, melyek a természetben nem realizálódtak. Ez azonban nem lenne mehetséges, mert kimutatható, hogy egy normális elektron rögtön leesne ezekbe az energetikailag mélyebb állapotokba, tehát elektronok nem is létezhetnének. Segítségül jön azonban a Pauli-féle kizárási elv, mely szerint egy adott állapotban csak egyetlen elektron tartózkodhat. Ha tehát feltesszük, hogy a negatív energiaállapotok mind be vannak töltve, akkor a normális (pozitív energiájú) elektronok stabilitása meg lenne magyarázva. Ez esetben azonban az a nehézség lépne fel, hogy még ha egyetlen normális elektron sincs jelen, a negatív energiájú állapotok »alvilága« végtelen sok részecskét, végtelen nagy energiát és töltést képvisel. Ennek a nehézségnek kiküszöbölésére Dirac azt javasolta, hogy a negatív energiájú állapotokra nézve cseréljük fel a »betöltött« és »betöltetlen« szavak értelmét. Eszerint, mikor azt mondjuk, hogy az elektronter vákuumállapotában minden negatív energiájú állapot be van töltve, és a pozitív energiájú állapotok üresek, ez azt jelenti, hogy egyetlen részecske sincs jelen. A további vizsgálat azután megmutatta, hogy az az állapot, mikor új szóhasználatunk szerint egy negatív energiájú állapot *nincs* betöltve, egy olyan részecskét jelent, mely pozitív energiával rendelkezik, de adott külső elektromos térben az elektronnal ellentétes irányba mozog, vagyis töltése pozitív. Az elektronter ezen állapotai éppen a *pozitronok*. A pozitronok hiánya, vagyis a negatív energiájú állapotok valóban betöltöttsége és ugyanakkor persze a pozitív energiájú állapotok betöltetlensége az elektron-positronter teljes vákuumállapota. Ez a vákuum tehát fizikai tulajdonságokkal bír, hiszen jellemzése olyan állapotfüggvénnyel történik, melyben az állapotok fele be van töltve. Ez a Dirac-féle ún. »lukelmélet« (l. pl. [9]). Újabban sikerült az elméletnek olyan megfogalmazása is, melyben az elektronok és pozitronok egyenrangúan, szimmetrikusan szerepelnek.

Nézzük mármost a kísérleti tényeket. Jól ismert jelenség a *párképződés*. Egy kellő ener-

giájú foton alkalmas körülmények között létrehozhat egy elektron-pozitron párt, miközben ő maga eltűnik. Ez azt jelenti, hogy a fotont az elektron-pozitron tér vákuuma abszorbeálhatja. A párképződést, mint tudjuk, úgy magyarázzuk, hogy a foton egy negatív energiájú elektront felemel egy pozitív energiájú állapotba. Ugyanakkor persze egy negatív energiájú állapot megüresedik, ami a mi szóhasználatunk szerint azt jelenti, hogy egy részecske, és pedig, mint mondtuk, egy pozitron keletkezik. Összesen tehát két részecske jelenik meg a vákuumból, mely tehát ezeket mintegy »előképezve« rejtve tartalmazza.

A vákuumban potenciálisan jelenlevő pozitron-elektron párok arra vezetnek, hogy a vákuum bizonyos értelemben »dielektrikumként« viselkedik. A közönséges dielektrikumok is pozitív és negatív töltéseket tartalmaznak, melyek hatása kifelé általában nem érvényesül. Azonban egy külső erőtér hatására ezek súlypontja kissé eltolódik egymáshoz képest, a dielektrikum polarizálódik. Hasonló a helyzet a vákuumnál is. Az elektromágneses tér akkor is képes az elektron-pozitron tér vákuumával kölcsönhatásba lépni, ha energiája nem elegendő egy valódi elektron-pozitron pár létrehozásához. Ennek eredményeképpen a vákuum mintegy polarizálódik, kisebb töltésfluktuáció lép fel. Bizonyos értelemben ez a vákuumpolarizáció analóg az elektromágneses vákuumnak az előző fejezetben tárgyalt fluktuációjával, amennyiben a dolgot úgy is kifejezhetjük, hogy a foton egy virtuális párt hoz létre, mely azonnal szétszűrődik (l. 2. ábra).



2. ábra

A vákuumpolarizáció hatásának kiszámítása különösen akkor egyszerű, ha a polarizáló erőhatást nem egy elektron (mely maga is kvantuma az elektron-pozitron térnek), hanem egy idegen, adott töltés, pl. egy proton, vagy egy mezon hozza létre. Az elektron-pozitron tér vákuumállapotában fentiek szerint a töltés kvantumelméleti várható értéke persze nulla. Ha azonban egy adott elektromágneses erőtér hat, akkor az némileg perturbálja a vákuumot. Az újabb kvantumelektrodinamikai módszerek segítségével ki lehet mutatni (l. pl. [10]), hogy ennek a perturbációnak hatására a vákuumban valóban töltés indukálódik. Ennek a polarizációs töltésnek kvantumelméleti átlagértéke

$$\rho_P(r) = -A\varrho_0(r) + \int G(r-r')\varrho_0(r')dr', \quad (10)$$

hol ϱ_0 az adott töltés, A egy konstans, G pedig egy olyan függvény, mely csak igen kis r távolságokban jelentős, azután rohamosan csökken. Látjuk, hogy a kipolarizált töltés két részből tevődik össze. Az első tag az adott töltés helyén lép fel és azzal arányos. Ez azt jelenti, hogy értéke mindig hozzáadódik az adott töltéshez, tehát attól elválaszthatatlan. A töltés megfigyelt értékében ez a tag mindig bennfoglaltatik. Ennek az ún. töltésrenormálásnak kérdésével nem akarunk tovább foglalkozni. Érdekes azonban a második tag, mely egy az eredeti töltés körül »elkent« additív (még hozzá közvetlen közelben azonos jelű) töltésfelgyülemlést jelent. Ez másszóval arra vezet, hogy a vákuumnak egynél kisebb dielektromos állandója lesz.

Ennek a vákuumpolarizációnak a hatása természetesen két töltés közti Coulomb-kölcsönhatás megnövekedésében fog jelentkezni. Valóban, könnyű kimutatni, hogy a fenti töltésmegnövekedés miatt a Coulomb energia nem $e_1 \cdot e_2/r$, hanem

$$V(r) = \frac{e_1 e_2}{r} (1 + K(r)) \quad (11)$$

alakú. A $K(r)$ korrekciós tag az elektron Compton hullámhosszánál nagyobb távolságokban teljesen elhanyagolható, ezen belül pedig csökkenő r -rel logaritmikusan növekszik. Értékét 1-hez viszonyítva százalékosan a következő táblázat adja meg:

r/λ_c	$K(r)\%$
1	≈ 0
0,01	0,5
0,001	0,9
0,0001	1,3

(Itt a távolságot a λ_c Compton-hullámhossz, vagyis $\frac{h}{mc} \approx 3,8 \cdot 10^{-11}$ cm egységében adtuk meg.)

Kérdés, van-e olyan jelenség, ahol ez a kicsiny korrekció kísérletileg is megfigyelhető? Nyilvánvaló először is, hogy a Coulomb-energia megnövekedése az atombeli elektronok energiatermjeinek lefelé való tolódását eredményezi (erősebb kötés!). Ez a termeltolódás azonban a számítások szerint mintegy két nagyságrenddel kisebb, mint az elektromágneses vákuumfluktuációból származó, fentebb tárgyalt (pozitív) járulékok. A hidrogénnél pl. -27 Mhz-et tesz ki. Az a tény, hogy az észlelt vonaleltolódás megmagyarázásához ezt is hozzá kellett venni, kétségtelenül máris igazolta a jelenség realitását.

Sokkal fontosabb szerepe lehet azonban ennek a korrekciónak nehezebb részecskék esetében. Az (5) képletből ugyanis látjuk, hogy az elektromágneses vákuumfluktuációból származó járulékos

energia a tömeg négyzetével fordított arányban csökken, s így nehezebb részecskéknél a vákuumpolarizáció mellett (mely a tömegtől független), elhanyagolható lesz. Különösen nagy lesz pl. a várható vákuumpolarizációs korrekció az ún. mezoatomoknál, hol pl. a K -héjban egy elektron helyett egy μ -mezon kering. Ennek tömege 210-szer nagyobb az elektronénál. A fentiek szerint tehát ezeknél a vákuumpolarizációs termeltolódás lesz a döntő, annál is inkább, mert a nagyobb tömeg miatt a Bohr-rádiusz is sokkal kisebb, s így a mezon átlagosan igen erősen megközelíti a magot, tehát a (11)-ben szereplő $K(r)$ tényező komoly értékeket vesz fel. A kérdést először Galanin és Pomerancuk [11] vizsgálta meg, majd legutóbb nyugati szerzők számításai is megerősítették az eredményt, mely szerint pl. »mezohidrogénben« a $2S_{1/2}-2P_{1/2}$ nívó innen eredő felhasadása kb. $3 \cdot 10^7$ Mhz lenne. (Összehasonlításként: az $1S-2S$ nívók különbsége $5 \cdot 10^{13}$ Mhz.) Az összes többi effektusok együttes hatása ennek az értéknek alig $1/25$ -e. Mint ismeretes, nehéz mezoatomok spektrumát már sikerült kísérletileg megvizsgálni [12], azonban a könnyű mezoatomok spektrumát a mai kísérleti technika még nem tudja felbontani.

Egyébként megjegyezzük, hogy hasonló korrekciókat kell várunk a proton-proton szórásnál és a magok Coulomb-energiájánál is.

Fordítsuk most figyelmünket egy az eddiginél bonyolultabb probléma felé. Vizsgáljuk meg azt a kérdést, hogy maga egy elektron, nem pedig egy adott »idegen« töltés, hogyan polarizálja a vákuumot. Ez esetben a számítás még sokkal bonyolultabb, mert nemcsak az elektron elektromágneses tere lép kölcsönhatásba az elektron-vákuummal, hanem maga az elektron is mintegy közvetlen kölcsönhatásban lesz saját vákuuma fluktuációival. Ez elsősorban a Pauli-elv következménye. Minthogy, kissé durván szólva, ezen elv szerint két elektron nem lehet ugyanazon a helyen, az elektron igyekszik maga körül kissé eltaszítani a vákuumban rejtve jelenlevő elektronokat és így a töltéeloszlás emiatt is módosul. Ezenkívül az elektron kis tömege miatt az említett oknál fogva nagy szerepe lesz az elektromágneses vákuum fluktuációjából származó elektron-helyingadozásnak is, ami természetesen szintén bizonyosfajta elektrontöltés-elkenődéssel jár és hozzáadódik a vákuumpolarizációból származó töltéshez. Mindent tekintetbe véve mármint a járulékosan fellépő töltéssűrűség, amit félreértések elkerülése végett most indukált töltésnek akarunk nevezni, a számítások szerint (l. [13]) a következő alakú:

$$e_i(\mathbf{r}) = -A\varrho_0(\mathbf{r}) + \int G'(\mathbf{r}-\mathbf{r}')e_0(\mathbf{r}')d\mathbf{r}' - \frac{\alpha}{2\pi} \operatorname{div} \mathfrak{F}(\mathbf{r}). \quad (12)$$

Az első tag teljes egészében a vákuumpolarizációból származik és nem egyéb, mint az elektrontöltés (megfigyelhetetlen) renormalizációja. A má-

sodik tag ugyanolyan jellegű és nagyságrendű, mint az »idegen« töltés által keltett hatás, azonban most csak kb. 2%-a származik a vákuumpolarizációból, mint már fentebb említettük. Különös figyelmet érdemel az újszerű harmadik tag.

Ebben α a finomsztruktúraállandó $\left(\alpha = \frac{e^2}{\hbar c} \approx \frac{1}{137}\right)$, \mathfrak{F} pedig egy helytől függő vektor, melynek abszolút értéke

$$|\mathfrak{F}| = \mu_0 \eta(\mathbf{r}) = \frac{e\hbar}{2mc} \eta(\mathbf{r}), \quad (13)$$

iránya pedig az elektron momentumának irányába esik. (13)-ban az $\eta(\mathbf{r})$ az elektron várható sűrűségeloszlásának függvénye, az együttható pedig éppen 1 Bohr-magneton nagyságú.

A dielektrikumok fizikájából ismeretes mármint, hogy az elektromos momentum negatív jellel vett divergenciája kifelé mint szabad töltés jelentkezik. (12) eredményünk tehát azt mutatja, hogy a vákuumpolarizáció hatására az elektronnak

$\delta\mu = \frac{\alpha}{2\pi} \mu_0$ nagyságú additív momentuma lesz.

Tudjuk, hogy a Dirac egyenlet szerint az elektron momentuma éppen egy Bohr magneton. A vákuumpolarizáció tehát ezt módosítja, és az új érték

$$\mu = \mu_0 + \delta\mu = \mu_0 \left(1 + \frac{\alpha}{2\pi}\right) = 1,001162 \mu_0 \quad (14)$$

lesz.

A teljesség kedvéért meg kell mondanunk, hogy az $\alpha/2\pi$ nagyságú anomális momentumnak mintegy kétharmada származik csak a vákuumpolarizációból, a többi pedig az elektromágneses tér fluktuációjának hatása. Hiszen a dipólusként viselkedő elektron momentumának iránya is kissé ingadozni fog az elektromágneses vákuumtér fluktuációjának hatására és ez additív energiára, vagyis fenomenológikusan additív momentumra vezet.

Egyébként magasabb közelítésben számolva az anomális momentumra

$$\delta\mu = \left(\frac{\alpha}{2\pi} - 2,973 \frac{\alpha^2}{\pi^2}\right) \mu_0 = 0,001145 \mu_0 \quad (15)$$

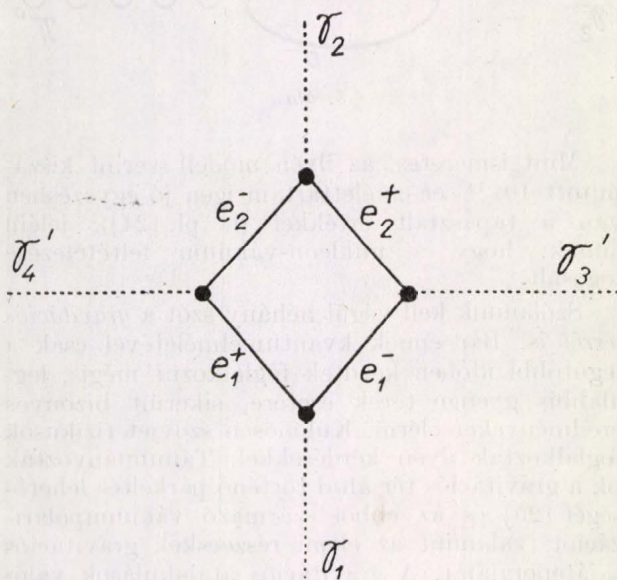
adódik. (l. [13/a])

Igen fontos az a tény, hogy az elektron anomális mágneses momentumát sikerült kísérletileg is kimutatni. Kusch és Foley már 1948-ban ugyancsak a mikrohullámok tartományában megfigyelt Zeemann-effektusból következettek a fent kiszámított effektusra. Az újabb, rendkívül pontos mérések szerint [14] az anomális momentum tapasztalati értéke

$$\delta\mu = (0,001145 \pm 0,000012) \mu_0, \quad (16)$$

teljes megegyezésben a (15) alatti számított értékkel.

Az eddigieken kívül van még egy olyan jelenségkör, ahol a vákuum polarizációja kísérletileg is megnyilvánul. Ezek a jelenségek a Maxwell-egyenletektől való ún. *nem lineáris eltérésekben* fognak mutatkozni. Tudjuk, hogy a klasszikus elektromágneses téregyenletek a térerőkben lineárisak és ezért pl. bármely két síkhullám-megoldás szuperpozíciója ismét egy megoldást szolgáltat. Ez más szavakkal azt jelenti, hogy az elektromágneses hullámok egymást »nem zavarják«, fény a fényen nem szóródik. Ezzel szemben a vákuum polarizálhatósága mégis lehetővé teszi ezt a folyamatot. Előfordulhat ugyanis pl., hogy két foton kölcsönhatásba lép az elektron-pozitron-tér vákuumával és létrehoz, legalább is virtuálisan, egy-egy elektron-pozitron párt. Az egyik foton által keltett elektron azután nyomban, mintegy *in statu nascendi*, megsemmisül a másik foton által keltett pozitronnal és viszont. Így végeredményben megint két foton keletkezik. A jelenséget mint *fotonnak fotonon való szóródását* fogjuk észlelni (3. ábra).

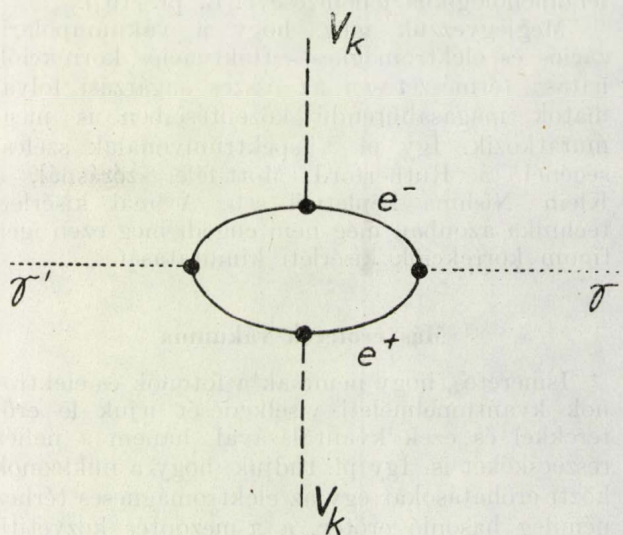


3. ábra

Az effektussal már a 30-as években többen foglalkoztak, legutóbb pedig a számításokat az új módszerek segítségével is ellenőrizték [15]. Ezek eredménye szerint a foton-fotonszórás hatáskeresztmetszete előbb a frekvencia 6-ik hatványával nő, majd négyzetesen csökken. A maximum a valódi párkeltéshez szükséges energiánál valamivel kisebb frekvenciánál várható, ami 0,7 MeV-os γ -fotonoknak felel meg. Itt a hatáskeresztmetszet mintegy $4 \cdot 10^{-31}$ cm². A mai kísérleti technika mellett ez sajnos még megfigyelhetetlen.

Nagyon érdekes azonban, hogy az elmélet szerint a *fotonnak sztatikus elektromos erőterében is szóródnia kell*. A klasszikus elektrodinamika alapján a mondottak miatt ez szintén lehetetlen.

Azonban a vákuum polarizálhatósága miatt a folyamat a következőképpen értelmezhető szemléletesen. A sztatikus Coulomb tér forrása a (10) képletnek megfelelően a maga környezetében kissé



4. ábra

polarizálja a vákuumot. Ez azt jelenti, hogy ott a vákuumnak helytől függő dielektrikus állandója lesz. Ezen az »inhomogén dielektrikumon keresztülhaladva a fénysugár természetesen »megtörik«, irányváltozást szenved, vagyis szóródik. A jelenséget természetesen úgy is felfoghatjuk, hogy a beeső foton polarizálja a vákuumot, a keletkezett (virtuális) elektron és pozitron egyaránt szóródik az adott Coulomb térben s azután egymást megsemmisítik, egy foton kibocsátása közben (4. ábra). A jelenséget pl. nehéz atommagok körzetében elhaladó fotonoknál tudnánk észlelni. A számítások [16] azt mutatják, hogy a totális hatáskeresztmetszet elég nagy energiáknál urán esetében mintegy 10^{-27} cm² lesz. Ez már esetleg megfigyelhető. Valóban, nemrégiben Wilson [17] megvizsgálta 1,3 MeV-es γ -sugaraknak ólmon való szóródását. A kísérlet kiértékelése azért nehéz, mert természetesen fellép a magon Thomson-szórás, az erősen kötött elektronokon Rayleigh-szórás, és a lazán kötött elektronokon Compton-szórás. Mindezek tekintetbevételé után azonban a kapott szóráshatáskeresztmetszet-görbe már a kísérleti hibákat elég jól meghaladó mértékben valóban mutatta a várt foton-Coulomb szórás. Érdekes lenne a kísérleteket nagyobb, kb. 300 MeV-es tartományban és igen kis 0,5'-es szögekre megvizsgálni. Ez esetben ugyanis a várt hatáskeresztmetszet $3 \cdot 10^{-21}$ cm²/szterad, míg a Compton-szórásé alig $7 \cdot 10^{-24}$ cm²/szterad.

Mielőtt elhagynánk ezt a területet, megemlítjük, hogy a klasszikus elektrodinamikának Born és Infeld [2] féle, a bevezetésben említett általánosítása szintén nemlineáris jellegű. Nagyon érdekes, hogy Heisenberg és munkatársai vizs-

gálata szerint [18] ez a nemlineáris, fenomenológikus elektrodinamika elég jó közelítésben a Dirac-féle vákuumpolarizációval megegyező eredményekre vezet. Újabban mások is eredményesen próbálkoztak a vákuumpolarizáció klasszikus-fenomenológikus jellemzésével (L. pl. [19]).

Megjegyezzük még, hogy a vákuumpolarizációs és elektromágneses fluktuációs korrekciók hatása természetesen az összes sugárzási folyamatok magasabbrendű közelítéseiben is megmutatkozik. Így pl. a spektrumvonalak szélességénél, a Rutherford–Mott-féle szórásnál, a Klein–Nishina képletnél stb. A mai kísérleti technika azonban még nem engedi meg ezen igen finom korrekciók kísérleti kimutatását.

Más erőterek vákuuma

Ismeretes, hogy nemcsak a fotonok és elektronok kvantumelméleti viselkedését írjuk le erőterekkel és ezek kvantálásával, hanem a nehéz részecskékét is. Így pl. tudjuk, hogy a nukleonok közti erőhatásokat egy az elektromágneses térhez némileg hasonló erőter, a π -mezontér közvetíti. Ennek kvantumai a π -mezonok. Továbbá, maguk a nukleonok is egy erőter kvantumainak tekinthetők. Sajnos, ennek pontos természetéről még alig tudunk valamit. Egyébként a magerók mezionelmélete is még viszonylag kezdetleges stádiumban van.

Mindezek ellenére mégis mondhatunk már valamit a nehéz részek vákuumjának problémáiról is.

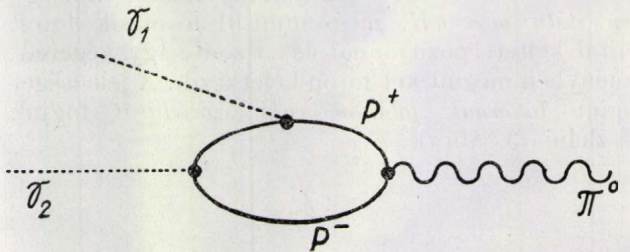
Nagyon fontos mindenekelőtt az *elektronter polarizációjának analógonja, a nukleonter polarizációja is*. Feltehető, hogy a nukleonok viselkedését egy a Dirac egyenlethez igen hasonló egyenlet írja le. Ez esetben a pozitronokhoz hasonlóan *anti-nukleonok* is léteznek. Pl. a proton anti-részecskéje egy vele megegyező tömegű, de ellentétes, vagyis negatív töltésű részecske lenne. Kísérletileg ezt még nem sikerült kimutatni, mert a nukleon-antinukleon párkeltéshez szükséges energia nyilván kb. 1830-szor nagyobb, mint az elektron-pozitron párkeltés esetén. Mégis, legutóbb [20] a kozmikus sugárzás vizsgálata során készítettek egy olyan ködkamrafelvételt, mely valószínűleg egy antiproton megsemmisüléseként értelmezendő.

Ezt a valószínűleg létező nukleon-antinukleon-vákuumot természetesen a mezonok polarizálhatják. Ez, a fentebb megismert esetekhez hasonlóan pl. *mezonoknak mezonokon való direkt* (nem elektromágneses!) *szóródásában* nyilvánulhat meg. Erre vonatkozólag természetesen kísérleti anyag egyáltalán nem áll még rendelkezésre.

A nukleon-vákuum polarizációja szükségképpen arra vezet, hogy a mezonok viselkedését *nemlineáris differenciálegyenleteknek* kell leírnia [21]. Erre a tényre egyébként fenomenológikus okok miatt szovjet szerzők már régebben rámutattak [22], hasonlóan, mint Born és Infeld az elektromágneses térnél. Ennek a ténynek egyik fontos

következménye, hogy nagyenergiájú nukleonok ütközésénél egyszerre több mezon keletkezhet, amit bizonyos kísérletek [23] erősen valószínűsítenek.

Egy másik, a nukleon-antinukleon tér polarizációján alapuló jelenség, mely kísérletileg jól tanulmányozható, a *semleges π -mezon spontán bomlása* két fotonra. Ennek a folyamatnak az a mechanizmusa, hogy a π^0 -mezon egy (virtuális) proton-antiproton párt hoz létre. Ezek egyike kölcsönhatásba lép az elektromágneses térrel és kisugároz egy fotont; ezt követően a proton és antiproton kölcsönösen megsemmisítik egymást, és pedig egy újabb foton kisugárzása közben (5. ábra). Ezt a jelenséget japán szerzők már 1940-ben megjósolták (Phys. Rev. 57, 548 (1940)).



5. ábra

Mint ismeretes, az ilyen modell szerint kiszámított 10^{-14} sec-os élettartam igen jó egyezésben van a tapasztalt értékkel (l. pl. [24]), jelölül annak, hogy a nukleon-vákuum feltételezése jogosult.

Szólunk végül néhány szót a *gravitációs térről* is. Bár ennek kvantumelméletével csak a legutóbbi időben kezdtek foglalkozni, mégis, legalábbis gyenge terek esetére, sikerült bizonyos eredményeket elérni. Különösen szovjet fizikusok foglalkoztak ilyen kérdésekkel. Tanulmányozták pl. a gravitációs tér által történő párkeltés lehetőségét [25] és az ebből származó vákuumpolarizációt, valamint az elemi részecskék gravitációs sajátenergiáját. A gravitációs átalakulások valószínűsége normális energiáknál mintegy 80 nagyságrenddel kisebbnek adódott a fotonnal kapcsolatos folyamatoknál. Viszont abszurd erősségű gravitációs terekben, amilyenek talán a legsűrűbb csillagokban fordulnak elő, a gravitációs és foton által keltett átalakulási folyamatok nagyságrendje összemérhető, sőt a gravitációs folyamatok *predominálhatnak*. Természetesen, ilyen jellegű kísérleti anyaggal még egyáltalán nem rendelkezünk.

* * *

Foglaljuk most össze röviden az elmondottakat.

A múlt században az erőter és az »anyag-részecske« fogalma, két egymással mereven szembenálló kategóriát jelentett. Ez a szemlélet teljesen mechanisztikus volt. A térelmélet fejlődése egyre jobban áthidalta ezt az űrt. Maga az erőter

nem egyéb, mint egy végtelen sok szabadsági fokkal rendelkező rendszer. A térfogalom fejlődése különösen a kvantumelméletben volt igen jelentős. Mai tudásunk szerint az »üres« tér, a vákuum, számos olyan tulajdonsággal rendelkezik, melyeket azelőtt csak »anyagi közegre« ismertünk meg. A dialektikus fejlődés során a tér és a részecskék közti ellentét tudásunk előrehaladásával egyre jobban elveszti értelmét és felolvad az anyag egységes fogalmában. Bátran mondhatjuk, hogy a vákuum — az anyag egyik létezési formája. Hiszen a vákuum tulajdonságai egy sereg jól tanulmányozott fizikai jelenségben megnyilvánulnak, márpedig, Engels szavaival élve, »anyag nélküli lét nincsen«.

Az elmondottak során nem tárgyaltuk a vákuum elméletének nehézségeit. Ezek részben abban rejlenek, hogy a vákuummal való kölcsönhatásokból származó említett tömeg- ill. töltésrenormalizációs állandók a jelenlegi elméletben végtelennek adódnak. A vákuummal való kölcsönhatásból adódó végtelenségek, divergenciák, hosszú ideig megbénították az erőterek kvantumelméletének továbbfejlődését. A háború után kidolgozott új módszerek (*Schwinger, Tomonaga, Feynman, Dyson* és mások) óriási jelentősége éppen abban áll, hogy a fellépő divergenciákat sikerült osztályozni és a renormálási tagokban leválasztani a vákuumkölcsönhatásokból származó megfigyelhető véges effektusoktól. Az elemi részecskék tömegének és töltésének, kölcsönhatási állandójának (véges) szám-szerű értékét azonban ma még nem tudjuk a vákuum analíziséből levezetni.

Ez a nehézség kapcsolatos azzal a másik hiányossággal, hogy egyelőre külön-külön beszélünk elektromágneses, gravitációs, mezon, elektron és nukleon-vákuumokról, vagyis másszóval: hiányzik még az elemi részecskék egységes térelmélete. Bár ezen a téren történtek már érdekes kísérletek (l. pl. Rumer [26] szovjet fizikus munkáit), igen távol vagyunk még a megoldástól. Kétségtelen viszont, hogy éppen itt rejlik a fejlődés igazi lehetősége, hiszen »minden jelenség megérthető és megmagyarázható, ha a környező jelenségekkel megszakítatlan kapcsolatban, a környező jelenségektől függően vizsgáljuk«. (*Sztálin*)

Az út, amelyen ma járunk, kétségkívül göröngyös és kanyargós, de végeredményben a helyes irányba vezet. Sikerült megmagyarázni, és pedig a tapasztalattal teljes megegyezésben,

olyan rendkívül finom jelenségeket, melyeknek néhány évvel ezelőtt még a létezéséről sem volt fogalmunk. Biztosak lehetünk abban, hogy ezek a nagyon is elmélyült kutatások előbb-utóbb célhoz vezetnek és lehetővé teszik a természet végtelen változatosságának még sokkal alaposabb megértését.

Román Pál

Eötvös Loránd Tudományegyetem
Fizikai Intézete, Budapest

Irodalom

1. G. Mie, Ann. d. Phys. 39, 511 (1912) és 40, 1 (1913).
2. M. Born-L. Infeld, Proc. Roy. Soc. A 144, 425 (1934).
3. P. A. M. Dirac, Proc. Roy. Soc. A 209, 291 (1951).
4. D. I. Blohincev, Uszp. Fiz. Nauk, 42, 76 (1950)
5. A. I. Frenkel, Uszp. Fiz. Nauk, 42, 69 (1950)
6. M. Laue, Röntgenstrahlinterferenzen, 1941; 185, 201 és 227. old.
7. Novejcsseje razvityije kvantovoj elektrodinamiki, 1954.
8. W. E. Lamb - Triebwasser - Dayhoff, Phys. Rev. 89, 98 (1953).
9. P. A. M. Dirac, Proc. Camb. Phil. Soc. 30, 150 (1934).
10. J. Schwinger, Phys. Rev. 75, 651 (1949); a régebbi munkák közül pedig pl. W. Heisenberg, Zs. f. Phys. 90, 209 (1934) és R. Serber, Phys. Rev. 48, 49 (1953).
11. A. Galanin — I. Pomerancsuk, Dokl. Ak. Nauk SzSzsZr. 86, 251 (1952).
12. V. L. Fitch — J. Rainwater, Phys. Rev. 92, 789 (1953).
13. J. Schwinger, Phys. Rev. 76, 790 (1949).
- 13/a R. Karplus — N. M. Kroll, Phys. Rev. 76, 846 (1949).
14. S. Koenig — A. Prodel — P. Kusch, Phys. Rev. 88, 191 (1952).
15. H. Euler, Ann. d. Phys. 26, 398 (1936), A. I. Ahiezer, Sow. Phys. 11, 263 (1937), R. Karplus — M. Neumann, Phys. Rev. 80, 380 (1950).
16. A. Ahiezer — I. Pomerancsuk, Sow. Phys. 11, 487 (1937), és E. Rohrlieh — R. Glückstern, Phys. Rev. 86, 10 (1952).
17. R. R. Wilson, Phys. Rev. 90, 720 (1953).
18. H. Euler — W. Heisenberg, Zs. f. Phys. 98, 714 (1936).
19. E. Bagge, Zs. f. Phys. 130, 650 (1951).
20. H. S. Bridge etc., Phys. Rev. 95, 1101 (1954).
21. H. Malenka, Phys. Rev. 85, 687 (1952).
22. D. Ivanenko — V. Rodicsev, ZsETF 9, 526 (1939).
23. M. Schein — J. Lord — J. Fainberg, Phys. Rev. 80, 970 (1950).
24. H. Marshak, Meson Physics, 1952. p. 142—144.
25. D. Ivanenko — A. Brodskij, Dokl. Ak. Nauk SzSzsZr. 94, No. 4. (1953).
26. Ju. B. Rumer, ZsETF. 19—23, (1949—54).

A röntgen egységgel kapcsolatos elvi és mérési kérdésekről

Ez év őszén lesz 60 esztendeje annak, hogy W. C. Röntgen felfedezte a róla elnevezett új sugárzást. A röntgensugárzást felfedezése után az orvostudomány azonnal széleskörű alkalmazásba vette. Még javában folytak az új sugárzás mibenlétére és sajátosságaira vonatkozó kutatások, Laue és munkatársainak csak 17 évvel a röntgensugárzás felfedezése után sikerült végre interferencia jelenségek létrehozásával a sugárzás hullám természetét igazolni, mikor az orvostudomány már rendszeres diagnosztikai vizsgálatokat és gyógykezeléseket végzett az új sugárzással. Természetes tehát, hogy az összes többi alkalmazási területeket évtizedekkel megelőző orvostudomány részéről merültek fel legelőször és leg sürgetőbbben igények a röntgensugárzás minőségi és mennyiségi mérésével kapcsolatban. A tapasztalat ugyanis azt mutatta, hogy a röntgensugárzásnak bizonyos betegségek gyógyítására felhasználható biológiai hatása különféle minőségű és főleg meglehetősen jól definiált mennyiségű röntgensugárzáshoz van kötve. A szükségesnél kisebb sugáradagnál a hatás nem lép fel, míg nagyobb dózisok irreverzibilis károsodást idézhetnek elő.

A röntgensugárzás biológiai hatása azonban csak hosszabb idővel a besugárzás után jelentkezik, tehát a sugáradag kiszolgáltatását nem lehet közvetlenül az észlelt biológiai hatáshoz szabni. Szükségesnek mutatkozott tehát besugárzáskor magának a röntgensugárzás mennyiségének a mérése és így a gyógyszerekhez hasonló adagolása. Több mint három évtized telt el, míg végre sikerült a dóziszfogalom és dózismérés problémáit kielégítő módon megoldani.

Az 1940-es években aztán a modern fizika vívmányai, a nagy energiájú betatronsugárzások, neutronsugárzások, stb. részben új dozimetriai problémákat vetettek fel, amelyeket mai napig nem sikerült kielégítően megoldani, részben a terápiás dózisok mérése mellett a dózismérés számára nagy fontosságú új területeket nyitottak meg. Az atommáglyák megjelenése a radioizotópok széleskörű alkalmazása egyre szélesebb néprétegek számára elsőrendű fontosságú kérdéssé tette a különféle sugárzások egészségre káros dózisaiknak mérését, az úgynevezett sugárvédelmi dózisméréseket.

A következőkben valamennyi ionizáló sugárzás mérésének alapjául szolgáló röntgensugárzás mérés kérdéseivel és az ezzel kapcsolatos elvi problémákkal foglalkozunk.

A röntgensugárzásnak különféle fizikai és kémiai hatásai vannak, amelyeknek mérésével igyekeztek a dozirozás kérdését megoldani. Ilyen sugárhatások voltak pl. bizonyos anyagok fluoreszkálása, illetve színváltozása. Holzknacht már 1902-ben alkáli sók elszíntelenedését, Sabouraud és Noire 1904-ben báriumplatincyanid pasztillák élénk sárgás-zöld színének barnás-sárgára való megváltozását használták fel a sugáradag mérésére.

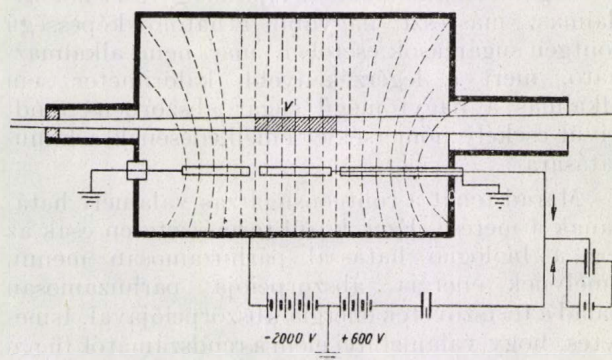
1905-ben Kienböck a röntgensugárzásnak ezüstbromid fotoemulzióra gyakorolt hatását, míg Fürstenau a szelénecella sugárzás hatására bekövetkező ellenállásváltozását használták fel dózismérésre. Mindezek az eljárások azonban részben nem voltak eléggé érzékenyek, részben erős hullámhossz-függést mutattak, ami azt jelentette, hogy pl. bizonyos fotoemulzió feketedéshez nem lehetett egyértelműen megfelelő biológiai hatást rendelni. A hullámhossztól való függetlenség igen lényeges követelmény a dózisméréssel kapcsolatban, mert egyrészt a különféle betegségek gyógyításához különféle keménységű röntgensugárzásra van szükség, másrészt még egy bizonyos fajta röntgensugárzás esetében is a lámpából kijövő heterogén sugárzás átlagos hullámhossza nem marad állandó. A különböző testmélységekben egyrészt a szűrés, másrészt a Compton szóródása következtében a sugárzás összetétele megváltozik és így egyértelmű doziméter kalibrálás csak hullámhossztól való függetlenség esetében lehetséges.

A biológiai hatással a hullámhossztól függetlenül párhuzamosan haladó fizikai hatásnak bizonyult a levegőben létrehozott ionizáció. 1908-ban P. Villard ajánlotta először, hogy ezt válasszuk a röntgensugárzás mennyiségi mérésének alapjául (1). 1914-ben a magyar Szilárd készítette az első ionizációs dózismérőt (2). Holthausen (3), majd Friedrich és Krönig (4) részletes vizsgálat tárgyává tették az ionizáció alapján történő sugárzásmérés és megállapították, hogy ahhoz, hogy egy bizonyos térfogatban létrehozott ionizációs áram intenzitása és a létrehozó röntgensugárzás intenzitása között egyértelmű összefüggés legyen megállapítható, két feltételnek kell teljesülnie. Az egyik feltétel az úgynevezett fali hatások kiküszöbölése, azaz a röntgensugárzásnak nem szabad az ionizációs kamra falát érni. A falból kiváltott elektronok ugyanis a fal anyagi minőségétől és a geometriai viszonyoktól függően lényegesen befolyásolják az ionizációs áramot. A másik feltétel: a szekunder elektronok ionizációjának teljes kihasználása, ami azt jelenti, hogy az ionizációs kamrának olyannak kell lennie, hogy magában az ionizációs térfogatban keletkező foto- és Compton-elektronok kifuthassák energiájuknak megfelelő teljes úthosszukat, azaz ne ütközzenek az ionizációs kamra falába mielőtt le nem adják az ütközések során teljes energiájukat. A termelt ionokat az ionizációs kamrának természetesen mind bele kell mérnie az ionizációs áramba.

E vizsgálatok figyelembevételével mondotta ki a stockholmi nemzetközi radiológiai kongresszus 1928-ban a röntgensugárzás dóziségységének definícióját: »A röntgensugárzás nemzetközi egysége az a röntgensugár mennyiség, amely a szekunder elektronok ionizációjának teljes kihasználása és a kamrafal hatásainak kiküszöbölése mellett az ionizációs kamrában 1cm^3 0 C fokú 760

Hg mm nyomású levegőben olyan vezetőképességet hoz létre, hogy telítési áram esetén a mért elektromos töltés a töltés elektrosztatikai egysége. Jele : r.»

E definíciónak megfelelő egzakt röntgen egység meghatározó berendezés részlet problémáit az európai kontinensen Behnken és Jaeger dolgozták ki. Egy 30—40 literes hordóalakú ionizációs kamra közepén van kialakítva a mintegy 10 cm^3 -es fal nélküli tulajdonképpen mérő térfogat. Ennek keresztmetszetét egy megfelelően kiképzett ólom diafragma definiálja, amely a fali hatás kiküszöbölése céljából a szekunder elektronok úthosszának megfelelő távolságban a kamra előtt nyer elhelyezést. A mérőtérfogat hosszát a mérő elektródra merőlegesen haladó elektromos erővonalak szabják meg, amennyiben csupán a mérő elektróddal azonos hosszúságú hengeres térfogatban keletkező ionokat hajtják a mérő elektródra, a többi a két földelt segéd elektródra. Ilyen módon a v térfogatban keletkező foto- és Compton-elektronok a környező levegőben szabadon kifejtetik teljes ionizáló hatásukat és ezek az ionok mind rá is jutnak a mérő elektródra, ha néhány ezer voltos telítő feszültségről gondoskodunk. Valójában lesznek ugyan olyan elektronok, amelyek a segédelektrodok elektromos terébe mennek át és így a termelt ionok nem a mérő elektródra



1. ábra. A röntgen egység mérésére szolgáló hordókamra

kerülnek, azonban kimutatható, hogy ezeket éppen kompenzálják a két segédelektrod teréből kiinduló és a mérő elektród elektromos terébe átjövő elektronok által termelt ionok. Amint látható, lényeges a mérés szempontjából, hogy az elektromos erővonalak valóban merőlegesen haladjanak a kamra hossz tengelyére. Ennek biztosítása céljából egyrészt a mérő elektród kivezetését is megfelelő borostyán szigeteléssel az egyik segéd elektród belsején át kell vezetni, másrészt a mérő elektródra jutó töltés meghatározására olyan mérési eljárást kell alkalmaznunk, amelynél az elektród feszültsége állandóan föld potenciálon van. Kis feszültségemelkedés is már eltorzítja az elektromos teret és így meghamisítja a mérést.

Egyik legegyszerűbb mérési eljárás az, hogy a mérő elektródhoz ellenkező polaritással egy

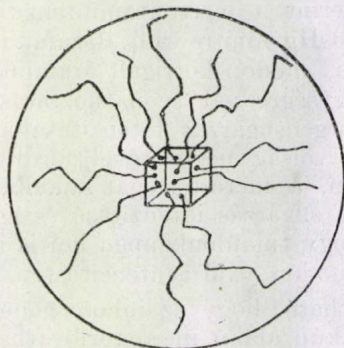
olyan urán áram-normált kapcsolunk, amelynek intenzitását kapacitásváltozás nélkül folyamatosan változtatni tudjuk. A beiktatott elektrométer jelzi, hogy mikor következett be a tökéletes kompenzálás. Ekkor a hordókamra árama a nagy pontossággal behitelesíthető urán áram-normál áramával egyenlőnek vehető. Az abszolút röntgen meghatározáshoz szükségünk van még a definíció szerint a mért áramintenzitásnak 0 C fokra és 760 Hg mm -re való átszámítására, valamint az ilyen módon korrigált áramintenzitásnak a térfogategységre való vonatkoztatására. Mint-hogy a röntgensugárzás intenzitása a fókuszról számított távolság négyzetével fordított arányban csökken, a mérő térfogat különböző részein, különböző a sugárzás intenzitása és így felmerül a kérdés, hogy tulajdonképpen hol is határozzuk meg ilyen módon a dózisintenzitást.

Kimutatható, hogy az inhomogénen átsugárzott csonkakúp alakú mérő térfogatban ugyanannyi energia abszorbeálódik, mint a diafragma helyén fellépő sugárintenzitással homogénen átsugárzott olyan hengerben, melynek alapja a diafragma keresztmetszetével, magassága a mérő elektród hosszával azonos. Ezzel a térfogattal osztva az elektrosztatikai egységekben kifejezett áramintenzitást, megkapjuk a diafragma helyén egy másodperc alatt szolgáltatott dózist röntgen egységekben (5).

A fentiekben vázolt abszolút röntgen meghatározó berendezést készítettünk 1938-ban az Eötvös Lóránd Rádium és Röntgen Intézetben (most Országos Onkológiai Intézet). Az ország valamennyi dozimétere szekunder standardoknak nevezett Küstner-kamrák segítségével ehhez a berendezéshez van hitelesítve. Mivel ez a hitelesítő állomás csak 180 kV -os sugárzásokig használható, ami ma már messze nem elegendő, a Magyar Tudományos Akadémia Központi Fizikai Kutató Intézetében nekikezdtünk egy jóval nagyobb feszültségű hitelesítőállomás megépítéséhez.

Nyilvánvaló, hogy a röntgen egység definíciójának megfelelő abszolút röntgen meghatározó berendezés segítségével nem lehetséges dózist mérni sem a test felszínén, még kevésbé a test belsejében, amire pedig egyre inkább igényt támasztott a röntgen- és rádium-therápia. A kérdést Fricke és Glasser (6) oldották meg a levegőekvivalens anyagból készített úgynevezett gyűszű ionizációs kamrák segítségével. A kérdés lényege a következő gondolati kísérlettel világítható meg. Képzünk el egy kis fal nélküli ionizációs kamrát. A benne keletkező ionizációs áramhoz a röntgen egység definíciója szerint hozzájárulnak mindama levegőrészek, amelyek egy olyan gömbhéjon belül fekszenek, amelynek vastagsága azonos a szóba-jöhető legnagyobb energiájú fotoelektron hatótávolságával. Nyomjuk össze ezt a gömbhéjat egy vékony levegőréteggé. Az ionizációs kamra áramában nyilván nem fog semmi változás sem bekövetkezni. Ha végül egy hasonló ionizációs kamrát olyan szilárd anyagból készítünk, amely

hullámhossztól függetlenül úgy viselkedik, mint ez az összepréselt levegőréteg, akkor ez az ionizációs kamra is teljesen azonos ionizációs áramot fog szolgáltatni, azaz olyat, mintha a mérőtér fogatot szabad levegő venné körül. Az ilyen anyagot nevezzük levegőekvivalens anyagnak. Glasser majd Miehl nickel (7) vizsgálatai szerint



2. ábra A mérő térfogatból kiinduló elektronpályák

ahhoz, hogy valamely anyag levegőekvivalens legyen, szükséges, hogy effektív rendszáma a levegő effektív rendszámával, 7,69-el legyen egyenlő. Az effektív rendszám definíciója

$$N_{eff} = \sqrt[3]{\frac{a_1 N_1^4 + a_2 N_2^4 + \dots}{a_1 N_1 + a_2 N_2 + \dots}}$$

ahol a_1, a_2, \dots az N_1, N_2, \dots rendszámú atomok száma. A levegőekvivalens anyagból készült ionizációs kamra falának az előzőek szerint olyan vastagnak kell lennie, mint amennyi a legnagyobb energiájú elektron hatótávolsága ebben az anyagban. Kis méretű ionizációs kamrák esetében az ionizációs áramot csaknem kizárólag a kamrafalból kilépő elektronok hozzák létre. Ha a fal levegőekvivalens anyagból készült, a kamrával pl. a test belsejében is az r egység definíciójának megfelelő körülmények között mérhetünk röntgen-dózist. Hogy az ionizációs áramot az ionizációs kamra elektrosztatikusan feltöltött belső elektródjának bizonyos fokú kisütésére használjuk-e fel, avagy jól szigetelő kábellel egy úgynevezett direkt leolvasású elektronikus vagy elektrosztatikus mérőkészülékbe vezetjük, lényegében véve közömbös, a mérőberendezést abszolút röntgen meghatározó berendezés segítségével hitelesíteni kell.

Miután a főbb vonásaiban vázolt lépésekben empirikus úton megszületett a biológiai hatásokkal párhuzamosan haladó, tehát azokkal egyértelmű összefüggésbe hozható, jól mérhető fizikai hatáson alapuló dózisegység és mérési eljárás, kezdtek el boncolgatni a dózismérés elvi alapjait. Christen svájci fizikus 1931-ben a dózis fogalmát a következőképpen definiálta: »A fizikai dózis egyenlő egy bizonyos test elemében elnyelt röntgen-energia, osztva a test elem térfogatával.« A Christen-féle definíció lényegében véve ma is érvényes

azzal a különbséggel, hogy egyrészt az »elnyelés« alatt nem csupán a fotoelektromos abszorpciót kell értenünk, hanem a Compton elektronok által átvett energiát is, másrészt, hogy az 1937-évi chicágói nemzetközi radiológiai kongresszus új definíciójának megfelelően az energiaelnyelést nem a térfogat egységre, hanem a tömeg egységre vonatkoztatjuk. A fizikai dózis alatt tehát azt az energiamennyiséget értjük, amelyet a sugárzás a kérdéses helyen a besugárzott anyag egy grammjával ionizáló részecskék útján közöl.

Maga a röntgensugárzás teljesen hatástalan az emberi szervezetre, biológiai hatása csak annyiban van, amennyiben a sugárzó energia elektronok kinetikai energiájává alakul át. Ebből következik, hogy a dózismérést logikusan úgy kellene végeznünk, hogy közvetlenül megmérjük a testszövetekben mozgósított foto- és Compton-elektronok összenergiáját. Sajnos, erre jelenlegi technikai adottságaink mellett egyáltalában nincs lehetőségünk. Másik eljárás az lenne, hogy megmérjük a sugárzás intenzitását, azaz a sugárzás irányára merőlegesen egy cm^2 -en másodpercenként áthaladó energiamennyiséget, aztán a kérdéses testszövetre érvényes abszorpciós együttható, illetve sugárgyengülési együttható alapján kiszámítjuk a tömegegységben elnyelt energiát. Ilyen irányban történtek is kezdeményezések (Császár-féle ergométer), azonban az eljárás egyrészt hosszadalmas, másrészt nagyobb áthatoló képességű röntgen sugárzások esetében már nem alkalmazható, mert a legérzékenyebb kaloriméter sem alkalmas a nagytömegű sugár abszorbenst rendkívül csekély hőmérséklet emelkedésének a kimutatására.

Marad tehát a röntgensugárzás valamely hatásának a mérése. Ezek közül természetesen csak az fog a biológiai hatással párhuzamosan menni, amelynek energia abszorpciója párhuzamosan halad a testszövetek energia abszorpciójával. Ismeretes, hogy valamennyi elem a rendszámától függő meghatározott hullámhosszaknál szelektív abszorpciót mutat, azaz abszorbeáló képessége hirtelen a sokszorosára megnő. Ezek az abszorpciós élek a periodikus rendszer elején levő elemeknél, ahova a testszöveteket alkotó hidrogén, szén, oxigén, nitrogén is tartoznak, már olyan hosszú hullámhosszúságú tartományba esnek, hogy számításon kívül hagyhatók. A többi elemnél azonban az abszorpciós élek már a közép- és rövid hullámhosszak tartományába kerülnek. Természetes tehát, hogy a felhasznált effektus függetlenül attól, hogy az fotoemulzió feketedés, fluoreszkálás, elszíneződés, vagy ellenállásváltozás-e, ezeken a helyeken a testszövetek abszorpciójához képest erős kiugrást fog mutatni.

Ezzel szemben a rövidebb hullámhosszak felé egyre jobban érvényesül a Compton szóródás kiegyenlítő hatása. A kétféle hatás összegeződéséből a magasabb rendszámú elemeket tartalmazó doziméterek hullámhosszfüggése az abszorpciós él helyzetétől függően valahol maximumot

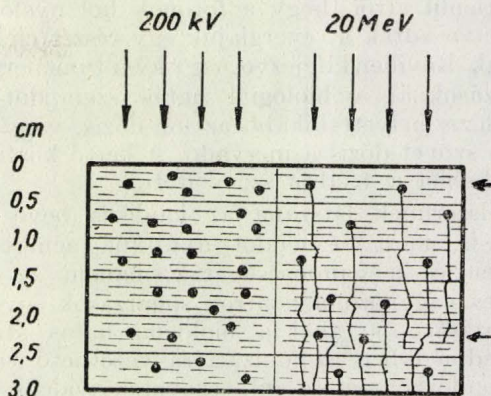
mutat (8). A levegőben létrejövő ionizáció azért megy párhuzamosan a biológiai hatásokkal, mert a levegőt alkotó elemek rendszáma eltekintve a csekély mennyiségben jelenlevő argontól és még kisebb mennyiségben jelenlevő kryptontól, hasonló a testszöveteket alkotó atomok rendszámához és így az 1 gr-ra vonatkoztatott abszorpció széles hullámhossz tartományban a levegőre és a testszövetekre közel azonos.

Egyrészt tehát a testszövetekkel azonos effektív rendszáma, másrészt könnyű hozzáférhetősége miatt a már említett 1937. évi chicágói, majd az 1950. évi londoni nemzetközi radiológiai kongresszusok továbbra is fenntartották a dózisegység definíciójában a levegőt, csupán az 1 cm³ 0 C fokú 760 Hg mm nyomású levegő helyébe annak súlyát tették. Az új definíció szerint egy r az a röntgen vagy gamma sugárzás mennyiség, mely által 1,293 mg levegőben kiváltott korpuzkuláris sugárzás levegőben egy-egy elektrosztatikai egységnek megfelelő töltésű pozitív, illetve negatív iont termel. Egy elektrosztatikai egységnek 2,083.10⁹ ionpár felel meg, tehát a röntgen egységnek megfelelő sugármennyiséget egyszerűen úgy is definiálhatjuk, mint amely 1,293 mg levegőben 2,083.10⁹, illetve 1 gr levegőben 1,61.10¹² ionpárt termel. Mivel Kuhlenskampff, Rump és Eisl mérései szerint 1 ionpár létesítéséhez levegőben 32,5 eV-ra van szükség, 1 röntgennek megfelel 1,61.10¹² · 32,5 eV, azaz 83,8 erg/gr levegő.

A legutolsó 15 év folyamán a therapiás alkalmazásra kerülő sugárzások kvantumenergiája igen lényegesen megnőtt. Nyilvánvalóvá vált azonban, hogy a röntgen egységekben történő dozirozás a 3 MeV fölötti sugárzásokra már semmiképpen sem terjeszthető ki. Egyrészt azért, mert a definíciónak megfelelő mérésük a foto- és Compton-elektronok rendkívül megnövekedő hatótávolsága következtében egyre problematikusabbá válik. A hordókamrás mérések még nagyobb légnymások alkalmazása esetén is komoly nehézségekbe ütköznek. Levegőekvivalens falú kiskamrás méréseknél viszont, mivel a sugárzás áthatolóképessége kevésbé növekszik, mint a kiváltott elektronok hatótávolsága, illetve az ennek megfelelő kamrafal vastagság, a sugárzás összetételét a kamrafalban fellépő abszorpció megváltoztatja és így a mérés illuzórikussá válik.

A másik baj onnan adódik, hogy nagyobb kvantumenergiájú sugárzásoknál a testszövetekben kiváltott korpuzkuláris sugárzás hatótávolsága is lényegesen megnő. Ennek következtében más helyen abszorbeálódik a röntgen-sugárzás és más helyen fejt ki az abszorbeált energia ionizáció útján biológiai hatását. Néhány száz kilovoltos sugárzásoknál az elektronok hatótávolsága a testszövetekben tizedmilliméter nagyságrendű és így gyakorlatilag a sugárabszorpció és biológiai hatás azonos helyen következnek be. Nagyobb kvantumenergiáknál azonban már ez az egyensúly nem áll fenn. Ha tehát tudnánk is a

definíciónak megfelelő egzakt röntgen egység mérését bizonyos testszövetben végrehajtani, ez mértéke lenne ugyan a kérdéses helyen abszorbeált röntgen energiának, azonban egyre kevésbé a biológiai hatásnak. A 3. ábra szkematikusan szemlélteti a viszonyokat 200 kV-os és 20 MeV-os sugárzások esetében. Az előzőnél az elektronoknak nagyságrendileg 0,1 mm hatótávolságú pályáit



3. ábra. A testszövetben létrehozott ionizáció helye 200 kV-nál és 20 MeV-nál

magukat az abszorpciós helyeket feltüntető pontok jelzik, míg a 20 MeV-os sugárzásnál a Compton-elektronok már több cm-re behatolnak a testszövetekbe.

Amint látható az ionizáció sűrűsége a nagyobb mélységek felé többszörösére megnövekszik, nyilvánvalóan együtt megnő a biológiai hatás is. Ezzel szemben ha pl. az első és ötödik rétegben a definíciónak megfelelő röntgen egység mérését tudnánk végrehajtani, azaz mindkét helyen pl. egy elvileg elképzelhető, megfelelő nagy nyomással összepréselt levegőfalú kis ionizációs kamrával biztosítani tudnánk az első, illetve ötödik réteghez tartozó teljes ionizáció mérését, a két helyen közel azonos értéket kapnánk.

A nehézséget lényegében véve az okozza, hogy bár 1 gr levegőben, illetve testszövetben közel azonos energia nyelődik el, a test felszín előtti levegő sűrűsége 800-szor kisebb lévén a testszövetek sűrűségénél, 800-szor kevesebb röntgensugarat abszorbeál. Amíg tehát egy adott térfogat elemet, pl. egy sejtet a test belsejében minden irányból érnek az ionizáló elektronok, addig a határfelületen levők a fél térrészből mintegy 800-szor kisebb sűrűségű elektron besugárzásban részesülnek. A határfelületen és ennek a sugárzás kvantumenergiája által meghatározott környezetében tehát elektron deficit lép fel.

A csontokkal határos testszövetekben viszont lényeges elektrontöbblet fog mutatkozni, mint-hogy a csontokban levő kalcium és foszfor rendszáma több mint kétszerese a testszövetek effektív rendszámának és az abszorpció a rendszám negyedik hatványával növekszik. Röntgenegységekben mérve ez a különbség a definícióból következőleg nem mutatkozhat meg.

Megállapíthatjuk tehát, hogy nagyobb kvantumenergiájú sugárzások dozirozására a röntgen egység sem gyakorlati, sem elvi okokból nem alkalmas. Számos kísérlet azt mutatja, hogy a biológiai hatás nem a kérdéses térfogatban abszorbeált röntgensugár energiától függ, amit a röntgen egységben való mérés szolgáltat, hanem attól, hogy az abszorbeált energiából mennyi alakul át a kérdéses térfogat elemben ionizációs energiává függetlenül attól, hogy a fotonok hol nyelődtek el, illetve adták át energiájuk egy részét elektronoknak. Röviden kifejezve, nagy kvantumenergiájú sugárzásoknál a biológiai hatás szempontjából az r-dózis helyett inkább az ion-dózis, vagy más néven szövet-dózis a mérvadó. A kettő közti elvi különbséget a 4. ábra szemlélteti.

Célszerűnek látszana az iondózis bevezetése azért is, mert ez módot nyújtana nemcsak a röntgen és a gamma sugarak, hanem az alfa, béta és nagyrészt a neutron sugárzások egységes dozirozására is, ahol a biológiai hatás szintén végeredményben az ionizációra vezethető vissza. Az iondózis mérése pl. szövetekvivalens falú ionizációs kamrával végezhető, azonban vigyázni kell arra, hogy magában a kamrában elnyelt röntgensugár energia kicsi legyen a környezetből eredő sugárzáshoz képest.

Az iondózis bevezetésével szemben áll az a vélemény, hogy ha a különböző ionizáló sugárzások egységes mérése szempontjából az eddig használt röntgen egységekben való méréstől már el kell térnünk, akkor nem célszerű a sugárzások egy bizonyos hatását, amilyen pl. az ionizáció is alapul venni, hanem inkább a kérdéses helyen az egységnyi tömegű anyag által felvett energiát kellene a fizikai dózis mértékéül választani. Elvileg valóban ez lenne valamennyi ionizáló sugárzás dozimetriájának legtermészetesebb fizikai alapja.

Sajnos, ezt a lépést ma még nem tudjuk megtenni, mert a közvetlen energiamérés megvalósításának egyelőre leküzdhetetlen akadályai vannak. Lehetséges azonban, amint Gray (9–12) kimutatta az anyag által felvett energia közvetett mérése az anyagban kialakított üregben létrejött ionizációnak a mérésével. Az egységnyi tömegű anyag által felvett energia: E_m és az üregben létrehozott, egységnyi tömegű gázra vonatkoztatott ionizáció: J_m között a következő összefüggés áll fenn:

$$E_m = s \cdot W \cdot J_m,$$

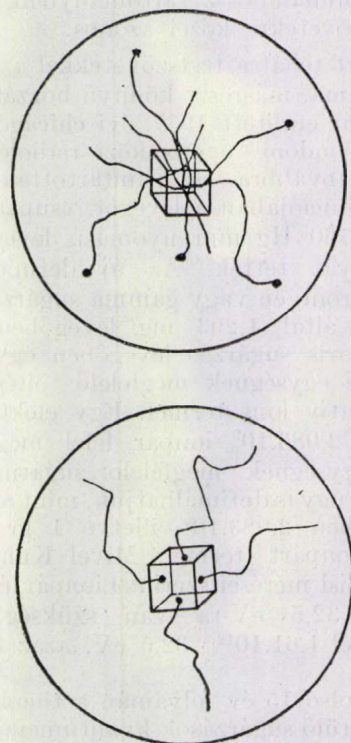
ahol W a gáz egy ionpárjának létesítéséhez szükséges energia (levegőre nézve 32,5 eV) és s az anyagnak a gázra vonatkoztatott relatív tömegfékezési együtthatója gyors elektronokra nézve:

$$s = \frac{n_k}{n_e} f(Z),$$

ahol n_k , illetve n_e az anyag, illetve levegő tömeg egységében levő elektronok száma és $f(Z)$ egy az

anyag effektív rendszámával lassan változó függvény.

Az ilyen közvetett úton történő energiamérés bevezetését is késlelteti egyelőre az a tény, hogy sem s , sem W értéke a különböző anyagokra és különböző sugárzásokra kellő pontossággal nem ismeretes, illetve még egyáltalában nem is



4. ábra. Az r-dózis és iondózis közti különbség

vizsgált. Valószínűnek látszik, hogy igen nagy foton energiáknál pl. W értéke levegőre már nem 32,5 eV. De ha az anyag által felvett energia és ionizáció nem haladnak párhuzamosan, akkor ismét felmerül a kérdés, hogy a biológiai hatás az energiával, vagy az ionizációval halad-e párhuzamosan, avagy egyikkel sem. Annyi mindenestre már biztos, hogy a termelt ionok száma mellett azok lineáris sűrűsége is befolyással van a biológiai hatás kialakulására.

Összefoglalva tehát megállapíthatjuk, hogy miután több évtizedes vajúdas után a röntgen és a gamma sugarak dozirozási problémái végre a 30-as évek folyamán a röntgen egység megalkotásával nyugvópontra jutottak, a legutolsó évtized újabb nagy fizikai eredményei olyan újabb dozirozási problémákat is vetettek fel, amelyekre a röntgen egység már nem használható fel. A fizikai és biológiai kutatások újabb kooperálására van szükség egy olyan, valamennyi ionizáló sugárzás dozirozására alkalmas új egység megalkotására, amely mint speciális esetet tartalmazza továbbra is a röntgen egységet.

Bozóky László
Országos Onkológiai Intézet

Irodalom

1. P. Villard, Arch. elec. med. 16. 692 1908.
2. Szilárd, Strahlenth. 5 742 1915.
3. Holthusen, Fortsch. a. d. Geb. d. Röntgenstr. 26. 211 1919—20.
4. Krönig, Friedrich, Physikalische u. biologische Grundlagen der Strahlentherapie. Berlin 1918.
5. Bozóky, Mat. Fiz. Lapok XLVII. 91 1940.

6. Fricke, Glasser, Fortsch. a. d. Geb. d. Rtg. 33 239 1925.
7. Miehnickel, Annalen d. Physik 5. 20 737 1934.
8. Holthusen, Strahlenth. 82 487 1950.
9. Gray, Proc. Roy. Soc. 122 647 1929.
10. Gray, Proc. Roy. Soc. 156 578 1936.
11. Gray, Brit. J. of Radiology 10 677 1949.
12. Gray, Brit. J. of Radiology 22 677 1949.

A MAGYAR FIZIKA ÚTTÖRŐI

Segner András

1704—1777.



250 éve született a Segner-kerék feltalálója. Kevesen tudják róla, hogy magyar ember volt. Pedig Segner András János Pozsonyban született, a debreceni református kollégiumban tanult és később Debrecen város főorvosa lett. Életrajzát utódja és nagy tisztelője, Weszprémi István (1) írta meg.

A Segner család a XV. században jött Magyarországra Stájerországból, Pozsonyszentgyörgyre. Tagjai élénken részt vettek a közéletben. Nemsokára magyar nemességet kaptak. Segner András atyja, Mihály, tekintélyes kereskedő, jómódú patricius, városgazda, vagy kvesztor volt Pozsonyban. Anyja Fischer Krisztina. Születésének időpontja vitás. Egyes források szerint 1704. október 4-én, mások szerint október 9-én született.

Iskoláit Pozsonyban, Győrött és Debrecenben végezte. A debreceni református kollégiumban a főiskolai hallgatók névsora az ú. n. »Series Studiorum«, 1588 óta megszakítás nélkül fennmaradt. Ebben a tógátus diákok »subskribálták« az iskolai törvényeket. Segner András neve itt nem szerepel. Valószínűleg azért, mert azok a diákok, akik nem papi pályára készültek, nem laktak feltétlen a kollégiumban, és nem is voltak aláírásra kötelezve. A Series egy másolója (2) Weszprémi István adatai nyomán már említést tesz Segnerről, de a többi forrásmunkák is egybehangzóan azt bizonyítják, hogy Segner a debreceni református kollégiumban tanult.

1724-ben iratkozott be és kb. egy évet töltött Debrecenben. Aztán Jénába ment és ott az orvosi fakultás hallgatója lett, de közben matematikát és fizikát is tanult. Ez irányú érdeklődését kétségtelenül még a debreceni főiskoláról hozta magával. Sajnos nem lehet teljes bizonyossággal eldönteni, hogy ki lehetett Segner professzora, aki vele a természettudományokat ennyire megszerettette. Nagy Sándor (3), a Kollégium levéltárnoka összeállította a régi kollégiumi professzorok névsorát. Ebből azt látjuk, hogy 1724-ben a következők voltak a tanárok: az első tanszéken Piskárkosi Szilágyi Márton tanított, a másodikon Tabajdi Sáska János, a harmadikon Szilágyi Tönkö István. A negyedik tanszék, amelyen a filozófia keretében éppen a természettudományokat tanították, ebben az időben nincs betöltve, illetve nem maradt fenn a rajta esetleg működő tanár neve. Mindössze a kollégiumi Nagykönyvtárban őrzött négy korabeli fizikai tárgyú kézirat egyike utal arra, hogy Szilágyi Márton adhatott ez idő tájt fizikát elő. Valószínűleg ő volt Segner professzora, s neki lehetett érdeme abban, hogy Segner érdeklődése a természettudományok felé fordult.

A jénai egyetemen igen hamar feltűnt tehetőségével. Már 1725-ben írt egy értekezést,¹ a

¹ Címe: Dissertatio epistolica ad G. E. Hambergerum, qua regulam Hariotti de modo ex acuationum signis numerum radicum, eas componentium, cognoscendi demonstrare conatur. Jenae MDCCXXV (Georg Erhard Hamberger orvos és tanár volt Jénában).

Descartes-féle jelszabályról. Második munkája egy kémiai »disputáció« az alkálikus sókról².) Abban az időben divatban voltak a »disputák« külföldön és Debrecenben is. A vitatkozás vezetője a rektor. Ő jelöli ki a védőt: »respondens«, aki valami teológiai, természettudományos, vagy bölcsészeti kérdést részletes megokolással terjeszt elő, valamint a támadót: »opponens«, aki a felvetett kérdést ellenérvekkel ostromolja. Ilyen jellegű ez az értekezés is, mutatják a szövegben előforduló szavak. Jelen esetben, úgy látszik, az opponens nem volt kijelölve, mert az értekezés végén csak az elnök szól, szép szavakkal dicséri meg a respondenst, Segnert. Elmondja, hogy ő megmutatta, mit ér el a jó módszer, az ész és a fáradhatatlan tanulmány. Megállapítja, hogy eddigi matematikai és fizikai tanulmányainak hasznát fogja venni az orvosi tudományban is. Végül Isten áldását kéri további munkájára.

Doktori értekezését 1730-ban adta ki »De natura et Principiis Medicinæ« címen, miután orvos doktori oklevelét 1729. október 3-án megkapta.

Ezután visszatért Pozsonyba gyakorló orvosnak, de ott meg sem melegedett, mert meghívták Debrecenbe. Debrecennek akkoriban már hónapok óta nem volt orvosa. Ezért megbízták a pozsonyi diétán tartózkodó Szeremlei Sámuel nótáriust, hogy kerítsen egy jó medikust. Szeremleinek kettőt ajánlottak; egy Seiler nevű idősebb orvost és az akadémiákról akkor hazatért Segnert. Neki a fiatal Segner tetszett meg. Ezt írta Debrecenbe: »Tegnap szólék Bél urammal. Főlette igen kommandálja Segner uramat, hogy derekasan absolválta studiumait, sőt kollégiumot is olvasott, jó matematikus, oda fel (ti. Jénában) professzorságot is várhatna. Láttam magam is; elég aktívusnak látszik.« (4) Erre a városi tanács 1730-ban ezt a határozatot hozza: »Szeremlei úrnak meg kell írni, hogy hívja meg városi orvosnak a sopróni (nyilván tévedés pozsonyi helyett) Segner András, aki az akadémiákról a minap tért vissza, 200 Ft fizetéssel, s ha ő azzal nem elégednék meg, hatalmaztassék fel Szeremlei úr arra, hogy 50 Ft-tal még növelje.«

Szeremlei úgy látszik megegyezett Segnerrel a szerényebb évi 200 Ft-ban, mert jelentése alapján a város ékes latin nyelvű levélben 1730. november 11-én meghívta Segnert Debrecenbe. A szép ékes latin nyelvű levelet, illetve annak másolatát, nem sikerült a város levéltárában megtalálni, de az ugyanazon napról keltezett tanácsi határozat megvan, így szól: »Segner András úr a városnak rendes orvosául 200 rhenes forint fizetéssel hivassék meg.« Állását decemberben el is foglalta és közmegelegedésre töltötte be.

De csak egy évig maradt Debrecenben. 1732-ben visszament Jénába. Mi volt ennek az oka? A legtöbb forrásmunka szerelmét hozza fel okul. Titkon eljegyezte Teichmayer nevű tanárának

² Címe: Disputatio de penetratione salis alcali in interstitia salis acidi. Jenae MDCCXXXVI.

leányát, Mária Karolina Zsófiát, és ez vonzotta vissza Jénába. Weszprémi (1) szinte vádlólag írja, hogy a kiváló képességű ifjú embert édes kecsge- tetéseivel állásából elesalta és az országból elragadta.

Mások szerint távozásának oka tudomány- szomja volt. Különös hajlama a matematikához és a természettudományokhoz vonzotta. Jénában a »Magistergradot« akarta megszerezni és előadásokat akart tartani. Egyik életrajzírója, Boernerus (5) szerint Segnert valami bántó ok is készítette távozásra. Hogy mi lehetett ez a bántó ok, azt nem tudtam megállapítani, csupán annyit, hogy egyáltalában nem lévén megelegedve, elfogadott egy helyettes professzori állást matematikából a jénai egyetemen. Ebből viszont az látszik, hogy meghívásra ment Jénába.

Itthonról nagy sajnálkozással bocsátották el. Szücs István 1870-ben (6) ezt írja: »ő egy év mulva köz-sajnálatra Jénába távozott, s ottan physica, mathesis és chémia tanárkodása mellett világhírű orvosi tekintélyre tett szert.«

Egy év sem telt bele, 1733 szeptemberében a weimári herceg a matematika tanítására rendes egyetemi tanárrá nevezte ki a jénai egyetemre. Sőt már 1735-ben majdnem elnyerte a hallei egyetemi tanárságot. Barátainak és jóakaróinak, elsősorban Hoffmann tanárnak fáradozása azonban, hogy Schneider professzor halála után Halle- ban annak utóda legyen, ellenfeleinek mesterke- dése miatt meghiúsult.

Hirneve mindjobban elterjedt, mert még ebben az évben a két évvel előbb megalapított, később világhírű göttingai egyetemre hívták meg matematika-fizikai és kémiai tanszékre, de az orvosi fakultásnak is tagja volt, és orvosi előadásokat is tartott. Számos orvosi tárgyú érte- kezése jelent meg itt.³

20 évig volt Göttingában, ekkor II. Frigyes porosz király a hallei egyetemre nevezte ki a matematikai és fizikai tanszékre. Titkos tanácsosi címmel tüntette ki, egyszersmind nemességét az ő és utódai részére is megerősítette, és egyéb kedvezményekkel is ellátta. Halléban orvosi mű- veket már nem adott ki. Ellenben nagyfokú irodalmi működést fejtett ki a matematika és fizika körében. A források több mint 60 munkáját sorolják fel. Ezeknek teljes felsorolását szükséges- nek nem tartom, csak nagyobb munkáinak címét közlöm és némelyiknek rövid ismertetését. Itt jelentette meg »Elementa Arithmeticae ac Geometriae« című munkáját. Egyik matematikai tan- könyvét fia, János Vilmos németre fordította. Ez a könyv a debreceni kollégium nagy könyvtárá- ban is megvan. Címe: »Anfangsgründe der Arithmetik, Geometrie und der geometrischen Berechnungen«. Rövid tartalma: egész számok, törtek, hatványok, logaritmus és szögfüggvények,

³ Orvosi tárgyú értekezései: Belek, tüdőfekély, érzékek, nehéz szülés, abortus, betegségek változásai, az emberi testre való számítások stb.

ezek táblái. Elemi mértan, síkok, testek, görbe felületek.

Legtekintélyesebb műve a »Cursus mathematici« három részben.

Matematikai könyvei bizonyításainak alaposágával azon kor legjobb könyvei közé tartoznak. Több bizonyítás ma is az általa adott módon használatos. Ő újította fel a Cavalieri-tételt köbtartalom számításoknál, utána egy darabig tévesen róla is nevezték. Érdekes eredményei vannak az egyenletek grafikus megoldásait illetőleg. Utolsó matematikai munkáját 1779-ben fia adta ki »Grund der Perspektiva« címen. Ezekon kívül nagyon sok értekezése van Programmata és Disputationes címen. Abból a »Programmából«, melyet a kollégiumi Nagykönyvtárban találtam, s amely egyetlen általam ismert forrásmunkában sincs felsorolva, világosan látszik, hogy még máshol is lehetnek ismeretlen munkái, ha ezekre gondolunk, munkáinak számát 70–80-ra is tehetjük.

A filozófia köréből is van egy műve; a Specimen Logicae, melyet 1740-ben adott ki Jénában.

Fizika könyve csak egy van. »Einleitung in die Natur-Lehre« Göttingen 1746. Tartalma az akkor ismert egész fizikai anyagot felöleli. Egy-két dologban megelőzi korát. A régi fizikák filozófiai alapon tárgyalták a természeti jelenségeket. Kísérletekkel nem sokat törődtek. Ragaszkodtak a négy ókori elemhez és a csillagok mozgásával foglalkoztak. Az 1820-as évekig majdnem minden könyv ilyen rendszer szerint készült, sőt az anyag elrendezésében még későbbben is megtartották a föld, víz, levegő és tűz szerint való felosztást. Segner bevezetésében hangoztatja a kísérletek fontosságát, ő már nem tartja meg a régi »Physica generális és speciális« felosztást, sem a négy elem szerinti tárgyalást. Értekezései között sok van a hidraulika köréből, könyvében is részletesen tárgyalja ezt a részt. A folyadékokban lévő nyomásokra sok máshol elő nem forduló kísérletet közöl. Ilyen pl. úszó szökőkútja.

Fizikai értekezéseinek tárgyai: a nehézség oka, a mérleg, Archimedes tükre, nyomások a folyadékokban, »machina hydraulica«, folyadékok kifolyási sebessége, a hőmérő, a legnagyobb téli hidegek, a barométer stb.

Halléban csillagászáttal is foglalkozott. 1775-ben kiadta asztronómiai előadásait.⁴ Értekezést írt a napfogyatkozásról. Halléban csillagvizsgálót is alapított, s ott működött 1777. október 5-én, 73 éves korában bekövetkezett haláláig.

Nevét leginkább ismertté a Segner-kerék tette. Nem igen található olyan tankönyv, amelyben ne szerepelne. 1750-ben ismerteti két értekezésében. A saját fizikakönyvében, amelyet 1746-ban adott ki, még nem tárgyalja. Az ismert készülék egy víztartó edény, melynek aljából egy függőleges cső nyúlik ki. A cső alsó végére vízszintesen kettő vagy négy L alakban meghajlított cső van szerelve.

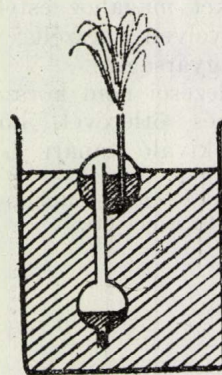
⁴ Címe: »Astromische Vorlesungen« Halle 1775.

A csövek meghajlított végén nyílás van ugyanazon forgásirányban. Ezekon a nyílásokon a víz kifolyhat. A folyadékban lévő nyomás ezen az oldalon megszűnik, ezért a szerkezetet ellenkező irányban forgásba hozza. Az az elv, hogy egy edényből kiáramló vízszög az edény szemben lévő falára nyomást gyakorol, először Bernoulli János írásai közt található, de Segner alkalmazta elsőnek. Tulajdonképpen Newton 3. törvényének egyik példája, ezért reakciókeréknek is nevezik. Még Segner életében gyakorlati alkalmazást nyert egy malomban; Nörtenben, Göttinga mellett, a készülék éveken át működött. Amerikában és Oroszországban is több ilyen malom volt működésben jó sikerrel. Újabban fontos alkalmazása a reakciós turbina.

Másik fontos tétele a szabad tengelyekre vonatkozik. Ő állapította meg először, hogy stabil forgás egy testnek csak három egymást merőlegesen metsző tengelye körül alakulhat ki. Segner tétele a mai középiskolai könyvekben is benne van, Segner nevének megemlítése nélkül.

Ő volt az első, aki a fénybenyomás időtartamát meghatározta. A fénybenyomás a retinán nem szűnik meg rögtön. Időtartamát Newton egy másodpercre becsülte. Segner $\frac{1}{2}$ sec-nak, 30 terciennek találta. Később sokan meghatározták különböző körülmények között, világosságnál, sötétben, egészséges és beteg szemnél és 6–15 terciennek találták. Ezen kísérleteivel ő is tett egy lépést a mozgóképek felfedezésének útján.

Einleitung in die Naturlehre c. könyvében Segner ismerteti úszó szökőkútját, és rajzát is bemutatja. Két egy-két literes üveggömb egy üvegcsővel van összekötve, amely majdnem a felső gömb tetejéig felnyúlik. Az alsó gömb alján nyílás van. Ha ezt a készüléket egy vízzel telt nagyobb edénybe beállítjuk, akkor a víz az alsó gömbbe benyomul, a benne levő levegőt összenyomja, s a felső vízzel telt gömbbe szorítja. A felső gömb mint egy Heron-labda működik, az aljái bele-nyúló üvegcsővön a vizet szökőkútszerűen a külső levegőbe löveli.



Segner a hajszálcövességgel is foglalkozott. A Young Tamás által kimondott tételt (hogy a cséppképződés milyen összefüggésben van a ka-

pilláris vonzással) vízre és borszeszre kísérletileg kimutatta.

A nagy Brockhaus (7) szerint a fény emissziós elméletének volt híve. Ide vonatkozó munkája, »De raritate Luminis« Halle 1740. Ezt a munkáját nem volt alkalmam áttanulmányozni, de a fizikakönyvéből nem ezt lehet megállapítani. »Zur Bewegung des Lichts« címen hosszasan foglalkozik ezzel a kérdéssel; Euler tanaival, az étherrel, vagy amint ő nevezi, »Himmelsluft«-tal. Talál ugyan még nehézségeket, viszont az anyag elmélet ellen erős ellenérveket hoz fel. Hogy pl. lehetetlen, elképzelhetetlen az, hogy a parányi fény anyagot, míg több fényév alatt a fény sebességével a távoli égitestekről hozzánk jön, útjában semmi akadály ne térítse el az egyenes vonaltól. Elmondja, hogy ezek a nehézségek Euler tanait nem érintik, mert csak a rezgés terjed tova, a rezgő részek a helyükön maradnak. Ebből nem látszik az, hogy ő az emissziós elmélet híve volna, legfeljebb nem tud választani, hanem beismeri, hogy neki ismeretlen az, ami a fény mozgásánál végbemegy. Ezzel a tárgyilagos véleményével szintén megelőzi korát, mert az 1760–70-es években megjelent híres könyvek (Horváth János, Makó Pál, Biwald Leopold munkái), sőt magyar nyelvű tankönyvek még 1841-ben is a Newton emissziós elméletének a hívei, pedig Heller szerint (8) az 1800–1820-as évek alatt a rezgési elmélet már győzedelmeskedett.

Segner kiváló vegyész is volt.⁶ Ő ajánlotta a kéndioxidot a búza és más gabonafajták fertőtlenítésére, s a fahamut trágyának. Foglalkozott a cukor és a puskaporgyártás kérdésével. Mikor Teleky Pálnak, aki 1752-ben Göttingában Segner tanítványa volt, atyja, gr. Teleky László két átalag (=kb. 75 literes kisebb hordó) tokajit küldött, s a bor a hosszú úton útóerjedésnek indult, seprős lett, Segner ledesztillálta és megtanította Telekyt és nevelőjét, Halmágyi Istvánt arra, hogyan kell szeszt főzni, a szesztartalmat megmérni és likőrt készíteni (9).

Halmágyi István naplójában elmondja, hogy Segner igen szerette őket, bejáratosak voltak hozzá, sokszor hívta őket magához estélyre, vacsorára, velük magyar nyelven beszélt; egyszóval nem tagadta meg magyarságát.

Segner felfedezései nem korszakalkotóak, de néhány szerencsés ötletével, komoly irodalmi munkásságával, kiváló tanári és orvosi műkö-

⁶ Kémiai felfedezéseit és munkásságát legbővebben Szathmáry László (9) ismerteti.

désével világhírré tett szert. A korabeli tudósok előtt is nagy tekintélye volt. II. Frigyes porosz király »szinte irigylésig« (1) elhalmozta kiváltságokkal. Tudományos társaságok: Pétervár, Berlin, London, Göttingen tagjaik közé választották. Weszprémi egyenesen Newtonnal méri össze, ha ez túlzás is, kétségtelen, hogy munkáival általános tiszteletet szerzett magának.

Születésének 250. évfordulóján illő, hogy mi magyar fizikusok is megemlékezzünk róla.

Jakucs István
Debrecen

Irodalom

1. *Weszprémi István*: Succinta Medicorum Hungariae et Transsilvaniae Bibliographia, Lipse 1774. I. kötet.
2. *Bakóczy János*: A debreceni főiskola növendékei II. kötet 1887.
3. *Dr. Nagy Sándor*: A debreceni református kollégium 1933.
4. *Magyar Kossa Gyula*: Magyar orvosi emlékek IV. kötet.
5. *Boernerus*: Vitis Medicorum nostri temporis.
6. *Szücs István*: Debrecen történelme 1870–72-ig.
7. *Der grosse Brockhaus XVII.* kötet.
8. *Heller Ágost*: A fizika története.
9. *Szathmáry László*: Segner szeszfőzésre oktatja honfitársait. Búvár III. évf. 229–231.
10. Magyarország vármegyéi és városai. Pozsony vármegye.
11. *Schrödl József*: A pozsonyi ev. hitv. egyházközség története I. rész.
12. Debrecen város jegyzőkönyvei 1730.
13. *Günther*: Lebensskizzen der Professoren der Universitaet Jena seit 1558-bis 1858.
14. *Haan*: Jena Hungarica sive Memoria Hungarorum a tribus proximis saeculis. 1858.
15. *Horányi Alexius*: Memoria Hungarorum et Provincialium scriptis editis Notorum III. 1777.
16. *S. Szabó József*: A depr. ref. Kollégium tanárai és kiváló növendékei 1549–1926.
17. Debreceni ref. Kollégium levéltár: Series studiosorum.
18. Segner Andrásnak a Koll. Nagykönyvtárban meglévő munkái: I. Einleitung in die Naturlehre. III. kiad. Göttingen 1770.
19. Segner II. Anfangsgründe der Arithmetik Geometrie und der Geometrischen Berechnungen. Halle 1764.
20. Segner III. Deutliche und vollständige Vorlesungen über die Rechenkunst und Geometrie. Lemgo 1767.
21. Segner IV. Dissertatio chymica penetratio salis alcali etc. Jena 1726. (egybekötve 44 értekezés).
22. Segner V. Programma quo Principium Parsimoniae universaliter demonstratur. Göttingen 1747. Dissertationes c. alatt egybekötve 27 értekezés.

A mechanika alaptörvényeinek szerepe az oktatásban*

Természeti törvények

Az újkori természettudományos kutatás nagy eredménye, hogy az ember megismerte a természeti jelenségeket kormányzó törvényeket. A mai ember a természetben már nem szeszélyes úrnőt lát, akinek csak engedelmeskedni lehet, akinek cselekedeteit csak feljegyezni tudjuk, de kiismerni, befolyásolni nem. A megfigyelések, kísérletek megtanítottak arra, hogy a természeti jelenségek is alá vannak vetve törvényeknek, saját belső törvényeiknek. A törvényeket ismerve előre látjuk a jelenségek bekövetkezését, sőt a kezdeti feltételeket mesterségesen előidézve egyes (a természetben esetleg elő sem forduló) jelenségeket tudunk akarattunk szerint létrehozni, szolgálatainkba állítani. Ezen alapszik egész technikai civilizációnk. A természettudományos oktatás egyik főfeladata (gyakorlati jellegű ismeretek közlése mellett) a bennünket körülvevő természet törvényeinek megismertetése, ez teszi lehetővé a modern technika megértését, de ez mutat rá helyesen a természettől és az ember kapcsolatára is. A mondottak vonatkoznak az alsó-, közép- és felsőfokú oktatásra egyaránt.

A természettudományok közül elsőnek a mechanika jutott el a fejlettség olyan fokára, hogy a jelenségek leírása helyett rátért a jelenségek okainak, törvényeinek vizsgálatára. A statika törvényeit Archimedes, a dinamika törvényeit Galilei és Newton ismerték fel, fogalmazták meg ma is helyesnek mondható formában. Az elektromosság, hőjelenségek, anyagszerkezet, élő világ törvényeinek felismerésére csak jóval később, a XIX. és XX. században került sor. Már ebből következik, hogy az egész fizika-oktatásban lényeges szerepet kell juttatni a dinamikai alaptörvények tanításának. A gimnáziumban a fizika többi fejezetének törvényeit (Maxwell-egyenletek, II. főtétel, Schrödinger-egyenlet) matematikai nehézségek miatt nem mutathatjuk be teljes egyszerűségükben és általánosságukban. Ez csak fokozza a Newton-féle axiómák jelentőségét: velük kell illusztrálnunk a természettörvény fogalmát, szerepét, rajtuk keresztül kell rámutatni a természeti jelenségek gazdag változatosságára mögött rejlő egyszerű és mély összefüggésekre. Talán nem esem túlzásba azon véleményemmel, hogy a gimnáziumban a Newton-féle axiómák tanításának döntő szerepe jut a helyes természettudományos világnézet kialakításánál.

Newton axiómáinak tanítása nem könnyű feladat. A fizikaoktatás ezen része kísérletek bemutatása szempontjából igen szegényesnek mond-

ható, nem hasonlítható össze például a sípok tanításának bő demonstrációs lehetőségeivel. Ezért a mechanika törvényei gyakran mellérendelt jelentőségű, kevésbé emlékezetes fejezetként szerepelnek a tanuló szemében a sípokat, lencsákat, házicsengőket ismertető órák szép kísérletekkel szolgáló anyaga mellett. Gyakran az egyetemek felsőbb évfolyamáig sem sikerül megvalósítani, hogy a tanulóknban helyes kép alakuljon ki ezen alapvető kérdéssről. Az anyag meglehetősen absztrakciós képességet igényel. A nehézségekhez hozzájárult bizonyos olyan felfogások elterjedése is, mely megnehezítette a Newton-féle axiómák igazi jelentőségének, mondanivalójának megértését. Az elmondottakból láthatjuk, hogy a dinamika alaptörvényeinek helyes tanítása a fizika-oktatás nehéz, de szép és fontos feladata. Ezért talán nem felesleges, ha ezen a helyen részletesebben foglalkozunk Newton axiómáival.

A tehetetlenség törvénye

Aristoteles a mozgások törvényeit a következőkben foglalta össze: A magárahagyott test természetes állapota a nyugalom, természetes helyzet föld- és víznemű testeknél lent, lég- és tűznemű testeknél fent van. A természetes helyzetből kimozdított test mindig törekszik annak újból való elérésére. Ettől eltekintve azonban csak akkor mozog egy test, ha valamilyen külső hatás éri: a mozgás fenntartásához folytonos külső beavatkozás szükséges. Meg kell vallanunk, hogy Aristoteles fizikája az első benyomások útján szerzett tapasztalatokkal összhangban állani látszik: egy kocsinak állandó sebességgel való mozgásakor állandóan erőt kell kifejtenünk, az erőhatás megszűntével a kocsi megáll. Az aristotelesi dinamikának azonban vannak problematikus részei. Miért mozog a függőlegesen felhajtott kő a hajtó erő megszűnte után is felfelé, természetes helyzetétől távolodva? Aristoteles a jelenséget az »úrtól való irtózás elvével« magyarázta: a haladó kő mögött légüres tér támad, az ide beáramló levegő toldja tovább a testet.

Az aristotelesi dinamikán túljutni csak céltudatos megfigyelésekkel, kísérletezéssel lehetett, a pusztá szemlélődés nem volt elegendő. A döntő lépést Galilei tette meg, a tehetetlenség elvének felfedezésével (1612). Annak felismerése, hogy az egyenletes mozgás a magárahagyott test természetes állapota, nem pedig kizárólagosan a nyugalom, ugyanolyan forradalmi gondolat volt a fizikában, mint a Föld mozdulatlan középponti helyzetének elvetése a csillagászatban. A dinamika I. axiómája: »A magárahagyott test megtartja mozgásállapotát (sebességének nagyságát és

* Előadás a Budapesti Pedagógus Továbbképző Intézetben, 1954. október 26.

irányát) mindaddig, míg valamilyen külső beavatkozás ennek megváltoztatására nem kényszeríti.»

A tehetetlenség elvét a mindennapi életben számtalan változatban tapasztalhatjuk, a tanulóval nem annyira közölni, mint tudatosítani kell. A tankönyvek találó példákat sorolhatnak fel, a diákok ezeket továbbbiakkal egészíthetik ki. Az idevágó tapasztalatok tudatos egybefoglalásával elérhetjük azt, hogy a tehetetlenség elvét a tanulók ugyanúgy használni tudják, mint a forrasztópákát és a fizika többi eredményét. (A tányér levest nem lassan, hanem gyorsulásmintesen kell vinnünk, hogy ki ne ömöljék. Igen sok közlekedési balesetet elkerülhetnénk, ha az utasok, kocsivezetők tudatosabban figyelembe vennék a tehetetlenség elvét. A gép-, út- és vasútépítő mérnökök munkája már el sem képzelhető annak szem előtt tartása nélkül.)

Az erő fogalma

Azt, hogy külső behatás nem a test sebességének fenntartását, hanem megváltozását eredményezi, már Galilei felismerte. A változó sebességű mozgás kísérleti tanulmányozása ebben az időben még nagy nehézségekbe ütközött. (Galilei időmérésre érverést, vízórárt használt, az eső test végsebességét a képlékeny anyagon létesített bevágódás mélységéből számította.) Az erő fogalmához Newton jutott el földi kísérletek eredményének és égitestek mozgásának tanulmányozásával. Felismerte, hogy a test mozgásállapotának megváltozása mindig más környező testekkel kapcsolatos, azokat eltávolítva a sebességváltoztató hatás is megszűnethető. A sebességváltozás okát tehát testek kölcsönhatásában kell keresnünk. Ezt a kölcsönhatást írjuk le az erőfogalom segítségével, az erő létesíti a sebességváltozást.

Az erőtvény tanításánál fokozott gonddal kell eljárunk. Ha rögtön felíránk, hogy $\text{erő} = \text{tömeg} \times \text{gyorsulás}$, logikai hibát követnénk el. Az egyenletben két olyan mennyiséget is szerepeltetünk (erő és tömeg), melynek számszerű értékét nem ismerjük, így az egyenlet teljesen határozatlan, nemcsak hogy különböző mennyiségek kapcsolatát nem fejezik ki, de a két ismeretlen miatt definíciós egyenletnek is kevés. Idézzük Planck szavait: *»Amit mérni tudok, az létezik.«* Az erőt csak akkor alkalmazhatjuk kvantitatív fizikai törvényekben, ha annak ismeretelméleti fogalmát (*»a testek kölcsönhatása«*) valamilyen konkrét mérési eljárás megadásával egészítjük ki, az erőt *mennyiséggé* tesszük. Az erő mérésére szolgálhat bármilyen általa előidézett hatás. A gyorsulás törvényét keressük, ezért félreértéseket elkerülendő jobb, ha mérésre más jelenséget használunk. A legközvetlenebb tapasztalatok közé tartozik, hogy az erő rugalmas alakváltozást létesíthet. Már az Odisszeában azzal válaszolja ki az eltűntnek vélt Odisszeusz felesége új kéri közül a legerősebbet, tehát a legkiválóbbat, hogy férje nyilat adja kezükbe. Annak ígéri kezét, ki

a nyilat felajzza és vele célba talál. De közelebbi példára is hivatkozhatunk a diákok előtt: a Városliget mutatványosainak erőmérőit bizonyára ismerik. A legények rugóra erősített bőrlabdába öklöznek, üllőre ütnek. A kifejtett erő nagyságát a rugó megnyílása, összenyomása méri. Ennek mintájára rugóból mi is készíthetünk erő mérésére alkalmas eszközt. Az erő hatásának kitett testet egyik végén rögzített rugó szabad végére erősítjük. A rugó megnyílása jellemzi kvantitatívan a testre ható erő nagyságát. Dinamométerünket még kalibrálnunk kell. Akasszunk egyforma anyagú, térfogatú és alakú testekből egyet, kettőt, hármat a rugó végére. A földnehezség által előidézett megnyúlásokat a melléerősített skálán egyes, kettes, hármas számmal jelöljük. (Általában azt tapasztaljuk, hogy a beosztás egyenletes, a megnyúlás arányos az erővel. Ha kevésbé vagyunk szigorúak, az erőt rögtön a megnyúlással arányos mennyiségként értelmezhetjük.) Az erő bevezetése során felismerhetjük azt is, hogy az vektormennyiség: pontos jellemzéséhez nagyságán kívül irányának megadása is hozzátartozik.

Newton mozgástörvénye

Pontosan mérni tudjuk az erőt és a gyorsulást, hozzákezdhetünk a köztük fennálló összefüggés tanulmányozásához. Elvégezzük jobb híján a kocsigyorsítási kísérletet. Ennek alapján felismerjük, hogy kétszer, háromszor akkora erő ugyanazon testen mindig kétszer, háromszor akkora gyorsulást létesít. A mozgástörvény pontos megfogalmazása (II. axióma): *»A testre ható erő a test mozgássebességét változtatja meg. A gyorsulás az erő irányába mutat, egy meghatározott testnél az erő és gyorsulás számértékének hányadosa mindig ugyanakkora.«* Ilyen megfogalmazásban csak olyan mennyiségeket szerepeltetünk, melyek mérését előzőleg megtanultuk. Ismert mennyiségek közt ad a megfigyelés szabályos kapcsolatot, valóban természettörvénnyel állunk tehát szemben, mely a jelenségekben rejlő objektív összefüggéseket tárja fel, mely nem dedukálható logikai, spekulatív gondolatmenettel, de nem is merül ki valamilyen új mennyiségnek (pl. az erőnek) definíciójában. (Sajnos, sok tankönyv a II. axiómában az erő célszerű, de bizonyos mértékig önkényes definícióját látja, nem pedig a természet tapasztalatokból megismert egyik törvényszerűségét.)

A II. axióma alapján bevezethetjük a tömeg fogalmát. A hatóerő és az előidézett gyorsulás hányadosaként adódó testre jellemző skaláris állandót nevezzük a test tömegének. Így a test m tömege, a környezettől származó f erő és a létesített a gyorsulás összefüggése

$$ma = f. \quad (1)$$

Adott f erő annál kisebb a gyorsulást létesít egy testen, minél nagyobb annak m tömege. A test

tömege tehát a gyorsító beavatkozással szemben való ellenállóképességet, ellenszegülést, a test tehetetlenségét jellemzi, ez a II. axióma állítása szerint az erőtől független, testre jellemző adat. (Ha egy testnek tömege zérus volna, nem volna erőre szüksége ahhoz, hogy a test mozgásállapotát megváltoztassuk.) Az (1) összefüggés lehetővé teszi a tömeg mérését is. A ható erőnek és az okozott sebességváltozásnak ismeretében a tömeg számértéke kiszámítható. A tömegmérésnek ez a módja szokatlannak tűnik, de nem szabad azt gondolnunk, hogy a tehetetlenségen alapuló tömegmérés kizárólag gondolatkísérletekben szereplő, elvi érdekességű módszer. Az anyag legkisebb alkotórészeinek (elektronoknak, atommagoknak, elemi részecskének) a tömegét tehetetlenségük alapján határozzák meg. A tömegspektrográfban és ködkamrában azt mérik, hogy ismert nagyságú elektromos és mágneses erők mekkora gyorsulást adnak a részecskének, mennyire térül el sebességük az eredeti mozgási iránytól. (A tehetetlenségből következtetünk a tömegre olykor a mindennapi életben is. Egy bádoggkamrában levő folyadék, pl. petróleum tömegét gyakran úgy becsüljük meg, hogy a kannát meglöklük, megmozgatjuk. A mozgató erőhatásnak való ellenszegülés felvilágosítással szolgál arra nézve, hogy mennyire van tele a kanna. A kizárólagos rakományát is azzal becsüljük meg, hogy meghúzzuk, megrántjuk a kocsit, kipróbáljuk, milyen könnyen tudjuk azt megmozdítani.)

Ha az erőnek rugós dinamométerrel történő mérése túlságosan speciális alkalmazhatóságúnak tűnik (nehéz volna pl. a magerőknél alkalmazni), kiindulhatunk közvetlenül az erő gyorsításából is. Ekkor azonban fokozottabban kell ügyelnünk arra, hogy az erő mérésére adott utasítást és a tapasztalatot kifejező mozgástörvényt elvállassuk egymástól. Gondolatmenetünk a következő lehet: Választunk egy kimérő egységpróbatestet, pl. a párisi kilogramm-etalonon azonos anyagi összetételű, de ezredakkora térfogatú platinagyolyót. Erre az egységtestre engedünk hatni különböző erőket és megmérjük a próbatestet gyorsulást. Ahány $cm\ sec^{-2}$ egységnyi gyorsulást szenvedett a próbatestet, annyi din nagyságúnak fogjuk mondani az erőt. (Nemcsak az előzőleg ismertetett sztatikus erőmérési módszerre, hanem erre a dinamikus mérőmódszerre is találhatunk példát a Vidám Parkban. A vetélkedő fiatalok bakkecskefigurát taszítanak meg. Minél nagyobb sebességet adnak neki, minél magasabbra gurul az fel az emelkedő lejtőn, annál erősebb a próbálkozó legény.)

Az erő ismeretében megfogalmazhatjuk a mozgástörvényt is. A tapasztalat szerint az erő és gyorsulás arányossága minden egyes testnél fennáll, nemcsak az erőt kimérő egységtestnél. *Bármely testet teszünk ki (az egységpróbatesttel megmért) erők hatásának, a létesített gyorsulások számértéke mindig az erővel arányosnak adódik.* Ez a megfigyelés nem következik az erő számértékének egy *kiszemelt* testet felhasználó meghatározási módszeréből, tehát valóban természettörvénnyel állunk szemben. Az erő dinamikai mérése a sztatikusnál általánosabb, de ezt alkalmazva gondolatmenetünk esetleg nehezebben követhetővé, kevésbé áttekinthetővé válik. Ezért véleményem szerint a bevezető fizikaoktatásban célszerűbb a sztatikus erőméréssel dolgozni.

Kellő számú méréssel vagy más, közvetettebb módszerrel meghatározhatjuk, miként függ az

erő egyes adatoktól, pl. az erő-forrásától mért távolságból. Az erő-függvény ismeretében az (1) mozgástörvény alkalmassá válik a mozgás lefolyásának matematikai kiszámítására. Mivel az a gyorsulás a test helyét megadó r helyzetvektor második differenciálhányadosa idő szerint, írhatjuk:

$$m \frac{d^2 r}{dt^2} = f. \quad (2)$$

Ismert alakú f függvény esetén ebből az egyenletből, mint differenciálegyenletből matematikai módszerekkel meghatározható r , meghatározhatók a test x, y, z koordinátái, mint az idő függvényei. (Másodrendű differenciálegyenletről lévén szó, a megoldás teljesen egyértelművé tételéhez meg kell adni az r helyzetvektor és $\frac{dr}{dt}$ sebesség $t = 0$ pillanatban érvényes kezdőértékét is.) Előre láthatjuk tehát a mozgások lefolyását, sőt az erő és kezdeti feltételek alkalmas választásával kívánt mozgásformák idézhetőek elő (tüzérség).

Az akció-reakció elve

A II. axiómánál az erőt fenomenológiailag méréssel vezetjük be, nem teszünk semmiféle kvantitatív kijelentést az erő forrására vonatkozólag. Valóban az erők olyan gazdag sokféleségben lépnek fel a természetben, hogy az egyes erőtípusok sajátosságainak vizsgálata a fizika önálló nagy fejezeteinek kialakulásához vezetett (égi mechanika, rugalmasságtan, elektrodinamika, magelmélet, általános relativitáselmélet). Van azonban egy olyan törvényszerűség, mely a megfigyelések szerint minden erőre egyaránt érvényes, független az erő létrejöttének speciális módjától. Ezt fejezi ki a Newton által felismert III. axióma: *»Ha egy testre egy másik test f erőt fejt ki, akkor ezen erőhatásnak kitett test is mindig hat az erő forrására egy az előbbivel ellentétesen egyenlő $-f$ erővel.«* A III. axióma juttatja legjobban kifejezésre azt, hogy az erő a testek kölcsönhatási formája. Ez az axióma idegenszerűbbnek tűnhetik, mint az első kettő. (Ismeretesek a szokott ellenvetések: miként húzza el a ló a kocsit, ha a kocsi is ugyanakkora erőt fejt ki a lóra, mint az a kocsira? Miként húzza el kötélhúzáskor az erősebb fiú a gyengébbet? Ezeket okvetlenül meg kell beszélnünk a fizikaórán, mert egyébként egyszer csak rájön a diák, hogy mégsem érti az akció-reakció elvét, hogy »hibás« a III. axióma.) Szerencsére éppen a III. axióma az, ahol gazdag demonstrációs lehetőségek állnak előttünk. Könnyű kimutatni vizen úsztatott tükkel, hogy a lágyvas is vonzza a mágnest. (A kísérlet Newtontól származik.) Guruló deszkákon álló kötélhúzóknak esetén az erős is elmozdul a gyengétől kiinduló erő hatására. (A harmadik test, a Föld tehát fontos szerephez jut a kötélhúzás, a lovaskocsi esetében.) De méréssel is ellenőrizhetjük az erő és reakcióerő egyenlőségét, akár az erős, akár a gyenge kötélhúzóra ható erőt mérjük meg közbeiktatott

dinamométer segítségével, ugyanazt kapjuk. (Mikor Guericke magdeburgi polgármester az ámuló polgárok előtt csak 16 lóval tudta szétválasztani az evakuált gömb két felét, a hatásosabb megoldást választotta. Elég lett volna 8 ló is egyoldalt befogva, ha a másik oldalon levő félgömböt egy vastag fához köti.)

Newton III. axiómája alárendelt szerepűnek tűnhetik az első kettő mellett. Hogy ez nincs így, azt egyszerűen beláthatjuk. Tekintsünk két tömegpontot, m_1 és m_2 tömeggel. Hassanak rájuk valamilyen \vec{f}_1 , \vec{f}_2 külső erők, de hassanak egymásra is a testek meghatározott $\mathfrak{B}_{1 \rightarrow 2}$ és $\mathfrak{B}_{2 \rightarrow 1}$ belső erőkkel. A testek mozgásegyenlete (2) alapján:

$$m_1 \frac{d^2 \vec{r}_1}{dt^2} = \vec{f}_1 + \mathfrak{B}_{2 \rightarrow 1}, \quad m_2 \frac{d^2 \vec{r}_2}{dt^2} = \vec{f}_2 + \mathfrak{B}_{1 \rightarrow 2}. \quad (3)$$

A két test tömegközéppontja definíció szerint

$$\vec{r}_0 = \frac{m_1 \vec{r}_1 + m_2 \vec{r}_2}{m_1 + m_2}. \quad (4)$$

Számítsuk ki a tömegközéppont gyorsulását. Figyelembe véve, hogy a III. axióma szerint $\mathfrak{B}_{1 \rightarrow 2} = -\mathfrak{B}_{2 \rightarrow 1}$, kapjuk:

$$\begin{aligned} \frac{d^2 \vec{r}_0}{dt^2} &= \frac{1}{m_1 + m_2} \left(m_1 \frac{d^2 \vec{r}_1}{dt^2} + m_2 \frac{d^2 \vec{r}_2}{dt^2} \right) = \\ &= \frac{1}{m_1 + m_2} (\vec{f}_1 + \vec{f}_2). \end{aligned} \quad (5)$$

Látjuk tehát, hogy a tömegközéppont mozgását a külső erők teljesen meghatározzák, belső erők annak mozgására nem lehetnek semmiféle befolyással. (Münchenhausen ezek szerint okvetlenül füllentett, mikor azt a csodás kalandját mesélte el, hogy lovastól elsüllyedt az ingoványban és saját kezével copfjánál fogva húzta ki onnan magát.) A számítás könnyen általánosítható akárhány részecskéből összetett rendszerre, testre. Egy ólomgolyó magától, belső erők hatására sohasem indul meg, tömegközéppontja nem mozdulhat ki helyéből. Newtonnak ezen eredménye tette lehetővé, hogy a Földnek Nap körüli mozgását tárgyalni tudták a Föld egyes részeire ható bonyolult nyomóerők, feszültségek ismerete nélkül, ez teszi lehetővé, hogy a ferde hajítás tárgyalásánál nem kell ismerni a kódarabot alkotó egyes tömegpontok, atomok közt ható molekuláris erőket. Látjuk, hogy az akció-reakció elvének lényeges szerep jut, lépten-nyomon alkalmazzuk, ez teszi lehetővé kiterjedt testekre az I. és II. axióma alkalmazását. Mindennek kiemelését gyakran elmulasztjuk a fizikatanítás során, ezért látnak gyakran mellérendelt szerepű, nélkülözhető, furcsa (talán egészen el sem hitt) jelenséget a diákok a III. axiómában.

Figyelemre méltó szerep jutott a III. axiómának az erőterek fizikájában. Ismeretes, hogy az elektromágneses sugárzás visszaverődéskor a tükörré nyomást fejt ki (fénynyomás). Az akció-reakció elve szerint a tükörnek is vissza kell hatnia a nyomóerő forrására. Ez a

forrás nem lehet a lámpa (elvben elképzelhető, hogy azt eloltottuk, eltávolítottuk, mire a sugárzás a tükröt eléri), hanem csak az elektromágneses tér. A fénynyomás reakcióereje az elektromágneses sugárzás sebességének megváltoztatására fordítódik. Erő viszont csak tehetetlenséggel, tömeggel rendelkező test sebességének megváltoztatásához szükséges. Ez a gondolat vezette Abrahamot arra a felismerésre, hogy az elektromágneses tér is rendelkezik tehetetlenséggel, tömeggel.

Súly és tömeg

A Föld felszínén minden testre hat a földi gravitáció, ezt az erőt nevezzük súlynak. A súlyerő függ a testtől magától, más-más testeknél más és más. A testnek azt az adatát, mely a ráható súlyerő nagyságát megszabja, nevezzük a test súlyos tömegének.

Már Galilei megfigyelte, hogy a földnehezég hatása alatt szabadon eső testek gyorsulása a test anyagától függetlenül mindig ugyanaz a g értéke: $a = g$. Helyettesítsük be a -nak ezt az értékét az (1) mozgástörvénybe. Kapjuk, hogy

$$\vec{f} = m\vec{g}. \quad (6)$$

A súly tehát a test m tehetetlen tömegével arányos. Galilei megfigyelése azt mutatja, hogy (megfelelő egységválasztás esetén) a súlyos tömeg egyenlő a tehetetlen tömeggel. Ezt később Newton, Bessel, majd Eötvös Loránd és tanítványai fokozódó pontossággal igazolták. A súlynak a test tömegével való arányossága, g -nek a test adataitól való függetlensége teszi lehetővé, hogy a testek tömegének összehasonlítását súlyaik összehasonlításának segítségével végezzük el. A tömeg mérése a tehetetlenség alapján (dinamikai módszer) gyakran nehezen volna elvégezhető, a súlymérés azonban rugós erőmérővel vagy akár mérleggel kényelmesen végrehajtható. A súlyok aránya megyegyezik a tömegek arányával (sztatikai tömegmérés).

Pontosabb megfigyelések szerint g a Föld felületén kissé függ a helytől. Ezért ugyanazon test súlya a Föld különböző helyein különböző lesz. (Mérlegelésnél ez nem okoz nehézséget, mert a mérendő tömeg súlyát a mérőtömegek súlyával tesszük egyenlővé, így a g arányossági tényező kiesik.) Az arányosság ellenére a tömeg és súly két lényegesen különböző fogalom, még dimenziójuk sem azonos, ezért élesen megkülönböztetendők.

A két fizikai fogalomnak fontos szerep jut a mechanikai mértékegységrendszerek kialakításánál. A kinematikai mennyiségek, mint tudjuk, visszavezethetők távolság és idő mérésére, segítségük m -ből (cm -ből) és sec -ből adódnak. Az erő és tömeg azonban új mérési eljárást kívánnak, melyhez óra és méterrúd nem elegendő. Elsőnek az erőmérést értelmeztük a rugós dinamométerrel. (A tömegmérés (1) szerint erre visszavezethető.) Ha erőmérőnk a párisi kilogramm-etalon súlyával kalibráljuk, kapjuk az erő gyakorlatban használt egységét, a kilogrammsúlyt. A m , kgs , sec

segítségével minden más mechanikai egység kifejezhető.

Az erőegység fenti, technikusok által alkalmazott megállapítását a fizikusok nem szívesen alkalmazzák. Ennek okát megérthetjük a következőkből: a párisi kg-etalon súlyának megfelelő erő hatására másképp nyúlik meg a dinamométer rugója Párisban, mint mondjuk az Egyenlítőn, vagy egy magas hegy tetején (g változik!). Egy »normál-dinamométerrel« értelmzett erőegység is nehezen volna reprodukálható a rúgó-fáradás jelenségei miatt. Abszolút alapegység bevezetésére az erőnél alkalmasabb a tömeg, mely a testeknek jól megőrződő tulajdonsága. Ezért a fizikusok az erőegység helyett inkább a tömegegységet vezetik be a mechanikai mértékrendszer harmadik alapegységének ($cm-g-sec$ vagy $m-kg-sec$ rendszer).

A súlynak mint alapfogalomnak használata ellen szól a tömeggel szemben az is, hogy a súly a Világegyetemben csak Földünkhöz (egy-egy bolygóhoz) kötve értelmezhető. Beszélhetünk egyes földi testek súlyáról, de nem sok értelme volna annak a kérdésnek, hogy mekkora a Nap, a Szíriusz, a Tejútrendszer súlya. (Ha erőszakolnánk a geocentrikus súly-fogalom alkalmazását, egy távoli állócsillag súlya kisebbnek adódna, mint egy földi mozdonyé, noha a csillag 10^{25} -ször annyi atomot tartalmaz.) Ezzel szemben a tömeg a tehetetlenség alapján teljesen általánosan értelmezhető fogalom. Kettőscsillagok tömegének arányát sok fényév távolságban meg tudjuk határozni tehetetlenségük alapján.

Inerciaerők és a mozgástörvény

Az elterjedt felfogás szerint (ezt tanítjuk a középiskolában is) az erő hatása kétféleképp nyilvánulhat meg: vagy gyorsít egyes testeket, vagy más erőket közömbösít. (Utóbbira példa a rugós erőmérő működése.) Egy másik felfogás az erőnek csak egy hatásmódját ismeri el: erő csak erőt ellensúlyozhat. Ennek következtében a természetben kompenzálatlan erők nincsenek. E felfogás szerint a gyorsítást előidéző erőnek is csak az lehet a szerepe, hogy valamilyen más erőt ellensúlyozzon. Fel kell ezért tételezni, hogy minden gyorsuló testre a környezet által kifejtett erőkön kívül mindig hat egy olyan erő is, mely a test tömegével és gyorsulásával arányos és az utóbbival ellenkező irányú. Az ilyen erőt nevezzük inerciaerőnek.*

$$\mathfrak{F} = -m a. \quad (7)$$

Az ismertetésre kerülő felfogás szerint a II. axiómát (1) helyett az inerciaerő kompenzálását kifejező

$$\mathfrak{f} + \mathfrak{F} = 0 \quad (8)$$

alakban kell írunk. Az inerciaerő a mozgásállapot megváltoztatásával, gyorsítással szemben való ellensúlyozás kifejezője. Az inerciaerő-felfogás a tehetetlenség mélyebb megértését célozza: ezt az erőt kell állandóan kompenzálnunk egy másik erővel, ha a test gyorsuló mozgását fenn kívánjuk tartani.

* Ez nem teljesen azonos a gyorsuló koordináta-rendszerekben fellépő tehetetlenségi erővel. Abban a vonatkoztatási rendszer gyorsulása szerepel, \mathfrak{F} -ben az erőhatásnak kitett test gyorsulása.

Az inerciaerővel kapcsolatban nem könnyű a válasz arra a kérdésre, hogy hol keressük ezen erő forrását. (A III. axióma is feltételezi ilyen erőforrás létezését.) Abraham az elektronra ható inerciaerő forrását az elektromágneses térben látja: a gyorsuló elektron által kibocsátott elektromágneses sugárzás hat vissza az elektron töltésére, ez létesíti a (7) erőt. Kérdéses azonban, hogy ez magyarázni tudja-e az elektron teljes tehetetlenségét és hogy miként általánosítható a többi, elektromos töltéssel nem rendelkező részecskére.

Más úton keresték a megoldást Mach és Einstein. Abból indultak ki, hogy gyorsulásnak addig van értelme, míg azt valamihez viszonyítani tudjuk. Ha egy test teljesen üres térben mozogna, melyben sem mérőlécek, sem Föld, sem más égitestek nem lennének, a gyorsulás fogalma is értelmét veszítené, így inerciaerőről sem lehetne beszélni. Ezért Einstein az inerciaerő, a tehetetlenség forrását a Világegyetem távoli tömegeiben látja: azok fejtik azt ki a hozzájuk képest gyorsuló testekre. Ilyenformán az inerciaerő a (közeli) tömegek által kifejlesztett gravitációs erő rokona. A két erő kapcsolatára utal az is, hogy mindkettő az erőhatásnak kitett test ugyanazon adatából: tömegétől függ. (Itt nyer mélyebb értelmet a súlyos és tehetetlen tömeg egyenlősége, jelentőséget Eötvösnek ezt igazoló pontos mérése.) A tehetetlenség ilyen szempontból nem a test önmagában értelmezett jellemzője, hanem különböző testek kölcsönhatásából származik. (Wheeler és Feynman elektrodinamikai elmélete szerint a gyorsuló töltések elektromágneses sugárzása is megszűnne, ha a térből minden más töltést el tudnánk távolítani, ezért teljesen üres térben az Abraham-féle elektromágneses tehetetlenség is zérussá válna.)

Az inercia-felfogás az eredeti Newton-féle felfogással teljesen azonos következtetésekre vezet. Mivel egyes kérdések e téren még nincsenek tisztázva, a középiskolában az inerciaerőről nem beszélünk. Látjuk azonban, hogy a Newton-féle axiómákban milyen mély problémák rejlenek, olyanok, melyek kutatása ma is időszerű

A relativitás elve

Mikor Copernicus tanítása a Föld forgásáról és a Nap körül végzett keringéséről terjedni kezdett, a Ptolemeus-követők többek közt a következő érvt állították szembe vele: Ha a Föld valóban mozogna, akkor az elejtett tárgyak nem függőlegesen esnének, hanem ferdén, az ágyú nyugat felé messzebbre hordana, mint keletre, sőt az épületeknek is össze kellene omolniok az állandó mozgás következtében. Ezek ellen a nézetek ellen vette fel Galilei a harcot. Rámutatott arra, hogy a természeti jelenségek lefolyásában nincs különbség, akár nyugvó, akár (egyenletesen) mozgó vonatkoztatási rendszerből szemléljük azokat. Megkapó szemléletes-séggel írja le ezt Dialógusában (1632): *»Zárkózz be barátod társaságában egy hajón lévő terembe. Vigyél be oda lepkéket és más röpködő állatokat. Akassz fel egy kis vödört, melyből víz csöpög egy alája helyezett szűknyakú edénybe. Figyeld meg gondosan, mint röpködnek az állatok minden irányban, míg a hajó áll. Dobj társad felé egy tárgyat: mind az egyik, mind a másik irányba egyforma erővel kell hajítanod. Ha ugrálni kezdesz, minden irányban ugyanolyan messzire jutsz. Most mozogjon a hajó tetszés szerinti sebességgel. Ha a mozgás egyenletes, azt fogod tapasztalni, hogy a felsorolt jelenségekben semmi változás nem következik be,*

egyik jelenségből sem tudod megállapítani, hogy a hajó halad-e, vagy sem. Ha ugrasz, olyan messzire fogsz jutni, mint előbb és bármilyen gyorsan mozog a hajó, nem tudsz nagyobbat ugrani hátra, mint előre, noha azalatt, míg a levegőben vagy, a hajópaddló ugrásoddal ellenkező irányban elmozdul előre. A lepkének sem könnyebb hátrafelé repülni, mint előre. A cseppek éppúgy bele fognak hullani az alsó edénybe, mint előbb, egy csepp sem fog az edény mögé esni, pedig az, míg a csepp a levegőben van, esetleg több hüvelyknyi utat tesz meg. Ha egy szem tömjént égetünk el, a füst kis felhő gyanánt lebeg a magasban és nem mozdul el sem egyik, sem a másik irányba.» Galileinek Salviati által mondatott szavai meggyőzték a peripatetikus Simpliciót arról, hogy a Föld nyugvó vagy haladó volta kísérletekkel nem mutatható ki, Copernicus elmélete földi megfigyelésekkel nem cáfolható meg. Nekünk azonban Galilei eredménye még többet jelent: felvilágosítással szolgál azon vonatkoztatási rendszerekre nézve, melyekben a dinamika törvényei érvényesek. Az I. axiómában a sebesség, a II-ben a gyorsulás szerepel. Mindegyik feltételezi a test helykoordinátáinak, mint az idő függvényének ismeretét, tehát egy koordináta-rendszer használatát. De melyik koordináta-rendszer használható? A gyorsuló jármű nem, ott a magukra hagyott testek is gyorsulni kezdenek. Galilei ismerte fel, hogy a térben nyugvó mellett az állandó sebességgel mozgó rendszer is egyaránt alkalmas. A nyugalom kísérletileg meg sem határozható. Ezt a felismerést nevezzük ma relativitás elvének.

Galilei eredménye a mechanikára vonatkozólag igen egyszerűen bizonyítható. Induljunk ki abból, hogy a (nyugvó) K_0 rendszerben igaz a tehetetlenség törvénye, a magárahagyott testnél $\frac{dx_0}{dt} = c = \text{const.}$ Mozogjon egy K rendszer közép-pontja K_0 -hoz képest állandó v sebességgel. K -ban a test koordinátája $x = x_0 - vt$, sebessége tehát $\frac{dx}{dt} = \frac{dx_0}{dt} - v = c - v$, szintén állandó. A magárahagyott test K -ból nézve is tehetetlenségi mozgást végez. Ha erő hat, $m \frac{d^2x_0}{dt^2} = F$. De mivel $\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{d^2x_0}{dt^2}$, a K -rendszerben is $m \frac{d^2x}{dt^2} = F$, ott is érvényesnek találjuk a II. axiómát.

Azokat a vonatkoztatási rendszereket, melyben a tehetetlenség elve érvényes, tehetetlenségi rendszereknek nevezzük. Miként Galilei azt kísérletei alapján felismerte, az ilyen rendszerekben egyforma alakban érvényesek a mechanika törvényei. (Földünk is jó közelítésben tehetetlenségi rendszer.) A relativitás elvének szellemében az I. axiómában nem annyira a tehetetlenségi mozgás meghatározását, hanem a tehetetlenségi rendszerek kiválasztóját kell látnunk. Az axiómát tehát helyesebb így megfogalmazni: »Léteznek a

természetben olyan vonatkoztatási rendszerek, amelyekben a magukra hagyott testek egyenesvonalú egyenletes mozgást végeznek. Az így kiválasztott tehetetlenségi rendszerekben érvényesek a további törvények.»

Newton ismerte Galilei eredményét, mégis mikor a dinamika Galilei, Descartes és sajátmaga által felállított törvényeit rendszerbe foglalta, szükségesnek látta, hogy bevezessen egy abszolút vonatkoztatási rendszert, bevezesse az abszolút tér fogalmát. »Az abszolút tér lényegénél fogva közömbös bármily külső körülmény iránt, mindig egyforma és mozdulatlan marad,« írja a Principiában. Erre vonatkoztatja axiómáit, Newton óta minden kutató ebben az abszolút térben rögzített koordináta-rendszerben írta fel az alaptörvényeket. Maxwell az elektromos tér alapegyenleteit szintén az abszolút térre vonatkoztatta. Ezzel kapcsolatban rámutatott arra is, hogy ha mechanikai kísérlettel nem is, de talán elektrodinamikai kísérlettel a sok mozgó rendszer közül kiválasztható lenne a (helyes) nyugvó koordináta-rendszer. A Maxwell által javasolt kísérletet (a fényterjedés sebességének különböző irányokban való megmérését) a XIX. század végén Michelson végezte el. Eredménye az volt, hogy a Föld haladó mozgása ilyen kísérlettel sem mutatható ki. Ennek tanulságaként vonta le Einstein azt a következtetést, hogy a Newton-féle abszolút tér fogalmától vissza kell térni Galilei relativitás-elvéhez. Galilei csak a mechanikai jelenségeket ismerte. Einstein azonban már kimondta, hogy a »tehetetlenségi rendszerekben minden fizikai törvény egyformán érvényes, köztük semmiféle kísérlet különbséget nem tehet.« (Speciális relativitás elve, 1905.) Ma már nem az abszolút tér képezi kiindulásunkat a fizikai törvények alkalmazásánál, a koordináta-rendszer felvételénél, hanem a relativitás elve.

Mint látjuk, a mechanika törvényeinek felfedezése az emberi szellem legnagyobb alkotásai közé sorolandó. Galilei eredményei máig időtállóan bizonyultak: a tehetetlenség elvét, az erőnek mozgásállapot-megváltoztató szerepét a relativitáselmélet és a kvantumelmélet is megtartotta. Newton axiómái az elméleti fizika-kutatás elindítói voltak. A szerteágazó kísérletek, megfigyelések tartalmának néhány egyszerű tapasztalati törvénybe való sűrítése és a legkülönbözőbb jelenségeknek ebből kiinduló matematikai tárgyalása, dedukciója képezi ma is az elméleti fizika módszerét. Három évszázad telt el Galilei és Newton kora, a fizika hőskora óta, de az ő kísérleteik, gondolataik ma is kiindulását képezik egész fizikai tudásunknak, ma is gondolkodóba ejtik a legkiválóbb elméket. Ezt a nagy alkotást méltó módon megismertetni a fiatalisággal — a középiskolai és egyetemi fizikaoktatás egyik legfontosabb, legszebb feladata.

Marx György

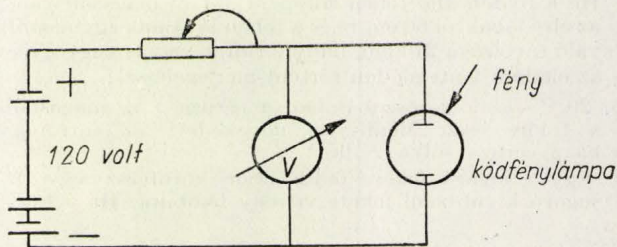
Eötvös Loránd Tudományegyetem
Fizikai Intézete, Budapest

Fényelektromos hatás kimutatása ködfénylámpával

A mellékelt kapcsolási vázlat szerinti berendezéssel meghatározzuk a voltmérőn leolvastva azon feszültséget, melynél a ködfénylámpa kigyullad. A feszültség változtatására szolgáló ellenállás olyan nagyságú legyen, hogy vele a voltmérőn levő feszültséget annyira tudjuk csökkenteni, hogy a ködfénylámpa kialudjon. Ha a feszültséget úgy állítjuk be, hogy az valamivel alacsonyabb legyen, mint a ködfénylámpa gyújtási feszültsége, úgy a ködfénylámpa még nem világít, de azonnal begyullad, ha fényt bocsátunk rá pl. azáltal, hogy tőle pár centiméterre egy gyufát meggyújtunk, magnéziumszalagot égétünk el, ivlámpa fényét rávetítjük, vagy ha érzékenyen sikerül beállítani a gyújtási feszültséget, egy 40–60 wattos izzólámpát bekapcsolunk. A közölt kapcsolás eltér a szokott potenciometrius feszültségváltoztatási eljárásoktól, de itt érdekesebb ezen megoldást választani, mert ez kevésbé terheli az áramforrást és emiatt pl. a szárazelemek állandóbb feszültséget tudnak adni. A ködfénylámpa megvilágításra való kigyulladásának jelensége azzal magyarázható, hogy a gyújtófeszültség a gáz hőmérsékletén kívül bizonyos mértékben függ a gázban levő ionok és elektronok számától is. A fotoelektronok megnövelve a gázban levő elektronok számát, a gyújtófeszültség kissé alacsonyabb lesz. Ehhez az szükséges, hogy a lámpán már meglévő feszültség közel álljon a gyújtófeszültséghez. A 110 voltos ködfénylámák gyújtófeszültsége 97 volt körül van és elektródjaik olyan alacsony elektronkilépési munkával bíró bevonattal (Kálium) vannak készítve, hogy a látható fény rövidebb hullámhosszúságú része már elegendő fotoenergiával bír a fényelektromos hatás előidézéséhez. A kísérlet számára majdnem mindenfajta 110 voltos ködfénylámpa alkalmas. Igen jó a Philips 13503-E típusú. Legjobb az a fajta, melyeket jelzési célokra szoktak használni, elektródjaik korong, illetve gyűrűalakúak (Típus DGL—Grm 110 KZ).

Az elektródok fekete színűek az aktív anyaggal való bevonás miatt. A 220 voltos fényes elektródú lámpák nem alkalmasak, mert a szokásos vas-elektrodok fényes felszíne az aktív fémmel való bevonás hiányát mutatja. Ha a lámpán a gyújtófeszültséget igen finoman tudjuk beállítással meg-

közelíteni, úgy azt is meg lehet mutatni, hogy a kék színű fény ki tudja a lámpát gyújtani, míg a vörös színű nem, mivel fotonenergiája kisebb. Ezen kísérlethez való színszűrők: kék színre gentianaibolya, vörös színre rubinvörös átlátszó festékkel bevont cellofánlapok alkalmasak. Ezen kísérletnél az érzékeny gyújtó feszültségbeállítás miatt vigyázni kell arra, hogy közvetlen fény ne essék a ködfénylámára és a gyújtófeszültségbeállításnál a lámpát le kell fedni. Igen hatásos a kísérlet akkor, ha a ködfényesövet egy kiveti-



tett színek különböző helyeire tartjuk és észleljük, hogy milyen érzékenyen gyullad be a színek ibolya részén, ahol a szem már alig észlel valami fényt. A kísérlet elvileg világítási hálózati egyenirányítóról nyert egyenfeszültséggel, ha annak szűrése megfelelő, elvégezhető, bár ez esetben gyakran hálózati eredetű elektrosztatikus zavarok jeletkeznek pl. azáltal, hogy a gyújtási feszültség közelében a kézzel megérintett ködfénylámpa kigyullad a földelés következtében. A kigyulladás előfordulhat kísérlet közben is, ha a hálózati feszültség lökészerűen változik. Ezért a kísérlethez legjobb a szárazelem, mint áramforrás. Erősebb radioaktív hatás vagy röntgenfény is kigyújtja a lámpát.

A kísérletnek az előadási programba való beillesztését illetően azt érdemes megjegyezni, hogy előbb célszerű az önálló gázvezetés körülményeit ismertetni és a lökésionizációval foglalkozni. Ezek után lehet az elektródokon lejátszódó folyamatokat tárgyalni, ahova a fényelektromos hatás közvetlenül bekapcsolható.

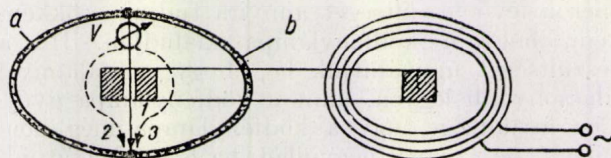
Goll György
Veszprémi Egyetem

FELADATOK

- Határozzuk meg, hogy mekkora lenne a Föld közép-pontjában a nyomás, ha a Föld mostani egész nagyságában ($R = 6360$ km) és a mostani átlagos sűrűségével ($\rho = 5,5$ g/cm³) folyékony halmazállapotban lenne. (A számításoknál az egyszerűség kedvéért vegyük a Földet álló gömbnek).
- Egy tehenet el akarnak adni kg-ként 10 forintért. Mivel nem áll megfelelő nagy mérleg rendelkezésre, a következőképpen járnak el: ráállítják a tehen első lábait a mérlegre (a hátsó lábak közben a földön vannak) és megméri így a súlyt. Azután hasonló módon a hátsó lábakat állítva a mérlegre mérik. Megállapodnak abban, hogy a tehen súlyának a két mérés összegét tekintik. A tehen valódi súlya 400 kg, a mérleg lengő asztala 20 cm-rel van a föld felszíne fölött. Ha a földön álló tehen súlypontja 1 m magasan van, az első lábaktól 60 cm-re és a tehen lábainak egymástól való távolsága 210 cm, hány forintot veszít, vagy nyer az eladó a fenti módon történt mérlegeléssel?
- 20 °C-os dolgozószobában a ceruza 1 m magasból a földre esik. Mennyivel növekedett az entrópia, ha a ceruza súlya 2 dkg?
- Egy r sugarú fekete fémgömböt körülvesz egy R sugarú kívül-belül fekete vékony fémbura. Ha a kör-

nyezet hőfoka T_0 és W teljesítménnyel fűtjük a belső gömböt, mekkorára emelkedik annak a hőmérséklete, ha a hősugárzás mellett a hővezetés és a konvekció elhanyagolható?

8.



Az ábrán látható vasmagos transzformátor primer tekercsére olyan feszültséget kapcsolunk, hogy menetenként 5 V feszültség indukálódjék. A szekunder tekercset egyetlen menetnek képeztük ki, azonban az »a« oldal keresztmetszete másfélszer akkora, mint a »b« oldalé. Mennyit fog mutatni az ábrán látható voltmérő, ha a vezetékét az 1-es, 2-es, vagy 3-as úton vezetjük. (Az 1-es útnál a vasmagot pontosan a felében keresztülfűrtük és azon vezetjük át a voltmérő szigetelt vezetékét).

EGYESÜLETI ÉLET

BUDAPESTI ELŐADÁSOK

1954. őszi félév

1954 szeptember hónapban a Tudományos Munkások Világszövetsége határozata szerint a Műszaki és Természettudományi Egyesületek Szövetsége vendégül látott tíz külföldi tudóst, köztük két fizikust.

Francia vendégeink *Evry Schatzman* a Párisi Tudományegyetem asztrofizikai tanszékének tudományos munkatársa és *René Bernas* az Országos Tudományos Kutató Központ tudományos munkatársa (Párizs) a következő előadásokat tartották. (Az előadások egy részét lapunkban közöljük.)

1954. szept. 8. *E. Schatzman* (Párizs)

A fénynek mágneses térben orientált grafitrézcsékek által az interstelláris térben előidézett polarizációja.

1954. szept. 9. *E. Schatzman* (Párizs)

A Nyugat-Európában és Amerikában elterjedt kozmogóniai elméletekre vonatkozó kritikai megjegyzések.

1954. szept. 10. *René Bernas* (Párizs)

Az izotópok laboratóriumi méretekben történő elektromágneses szétválasztása.

1954. szept. 13. *René Bernas* (Párizs)

Gyorsított nehéz ionok által előidézett magreakciók.

1954. Okt. 1 *W. A. Wooster* (London)

Anyagok szerkezetének és összetételének vizsgálata Röntgen sugarakkal.

*

Okt. 11. Tudor Tanasescu (Bukarest)

A fizika fejlődése a Román Népköztársaságban az utolsó tíz évben.

A kultúrcsere-akció keretében tanulmányútra hazánkba érkezett román fizikus áttekintést adott a román fizikai kutatásokról. Rámutatott arra, hogy az egyetemeken kívül a legutóbbi években már a kutatóintézetekben is jelentős tudományos munka folyik. A vizsgálatok a fizika legkülönbözőbb területeire kiterjednek, így többek között értékes eredmények születtek meg a rádió-

hullámok terjedésével és a félvezetőkutatással kapcsolatban. Az előadás után kialakult eszmecsere lehetővé tette, hogy a magyar fizikusok tájékoztatást kapjanak a román fizikusoknak egyes területeken elért eredményeiről.

Okt. 18 Jánossy Lajos (Bp. KFKI)

Beszámoló a Szovjetunióban tett tanulmányútról.

A pulkovói csillagvizsgáló felavatására kiutazott magyar delegáció tagjaként az előadó hosszabb tanulmányutat tett a Szovjetunióban. Különösen részletesen beszámolt azokról a megbeszélésekről, melyeket a kvantummechanika alapproblémáira vonatkozólag szovjet fizikusokkal folytatott. A szovjet fizikusok különböző véleményeknek adtak kifejezést. Fok és iskolája tökéletes elméletnek tekinti a mai kvantummechanikát, de mások, pl. Terleckij kritika tárgyává tették a ma elterjedt felfogást. A vitákat filozófusok is nagy figyelemmel kísérik, de nemcsak a filozófiai vonatkozásokkal foglalkoznak, hanem az elmélet matematikai módszereit is elsajátítják. Az Ivanenko intézetében folytatott eszmecserek alapján kitűnt az elvi kérdések kísérleti megvizsgálásának fontossága. A Szovjetunióban nagy jelentőséget tulajdonítanak Fabrikant kísérletének, melyben kimutatta a kisintenzitású elektronsugár interferenciaképességét, érdeklődtek a magyar kezdeményezések iránt is. Az előadás után magyar csillagászok számoltak be röviden tapasztalataikról.

Okt. 25. Tarnóczy Tamás (Bp. Postakísérleti Állomás)

Elektronikus zónalencék

Szilárd anyagú akusztikus lencsék már régóta ismeretesek. Hátrányaik közé tartozik, hogy a lencsék csak az $n \cdot \lambda/2$ vastagságú helyeiken teljesen áteresztők, tehát csak egyes koncentrikus gyűrűkben viszik át az energiát kielégítő mérték-

ben. Ezt a fizikai jelenséget kihasználva lépcsős lencsákat készítettünk, amelyek növekvő vastagságú koncentrikus gyűrűkből állanak. A kísérletek során kiderült, hogy az akusztikus lencsehatásnál lényeges, hogy az voltaképpen interferenciajelenség, törvényszerűségei elemi megfontolásokból matematikailag egyszerűen leírhatók. Az elkészített »zónalencsék« mért »fokusz-távolsága« jó egyezésben van az interferencia-megfontolásokból számítottal. Tekintve, hogy az ultrahangoptikában éppen azon a határon dolgoznak, ahol a hullámhossz az eszközök geometriai méreteivel azonos nagyságrendű, sok szélsőséges optikai, illetve ultrarövid hullámú jelenség ultrahangokkal tisztábban állítható elő és tanulmányozható.

Nov. 1. Fényes Imre (Bp. Egyetem)

A fázis-kvantálás hullámmechanikai megalapozása

Ismeretes az a kapcsolat, amit WKB-módszer a hullámmechanika és a Bohr-elmélet között megad. Ezt a kapcsolatot azonban nem tisztázták eddig eléggé. Ismeretes ugyanis, hogy a hullámmechanikában általában stacionárius állapotokkal, állóhullám-megoldással dolgoznak, a Bohr-elmélet és a WKB-módszer alapján nyert állapotok viszont áramló mozgásnak felelnek meg. Előadó ezért a stacionárius hullámmechanikai állapotot áramló mozgásokra bontotta fel, ezen felbontás után természetes megalapozást nyert a Bohr-féle fáziskvantálás.

Nov. 8. Nagy Elemér (Bp. HIKI)

Beszámoló a cambridge-i lumineszcencia kongresszusról

Előadó a magyar delegáció tagjaként résztvett a cambridge-i nemzetközi kongresszuson. Tapasztalatai alapján beszámolt a kongresszus technikai rendezésének részletei mellett az ott felvetődött problémákról és a világszerte elért eredményekről. A rendezés érdekessége volt, hogy a résztvevők az előadások részletes szövegét előre kézhez kapták, így az előadó erre támaszkodva csak a lényeges pontokra korlátozhatta beszédét. Az elvi érdekességű problémák megvitatása mellett nagy figyelmet szenteltek az elektrolumineszcenciára vonatkozó kísérleteknek, melyek újszerű gazdaságos fényforrás megteremtésének lehetőségét adhatják meg. A kongresszussal egyidőben került megrendezésre az Angol Fizikai Társulat műszerkiállítása, melyen a magyar kutatók sok hasznos újítást ismerhettek meg.

Nov. 15. Román Pál (Bp. Egyetem)

Maxwell elektrodinamikája mai szemmel

Az ünnepi előadás megemlékezett Maxwell, a legnagyobb fizikusok egyike halálának 75. évfordulójáról. Az előadó kiemelte, hogy sok más eredmény mellett Maxwell legnagyobb alkotása az elektromágneses tér törvényeinek felismerése és matematikai fogalmazása volt. Az előadás teljes szövegét lapunk közölni fogja.

Nov. 22. Fényes Imre (Bp. Egyetem)

Az atom hullámmechanikai és statisztikus elméletének kapcsolata

Kapcsolódva a november 1-én tartott előadáshoz, az előadó a Thomas—Fermi-féle statisztikus atomelmélet és a hullámmechanika kapcsolatával foglalkozott. Rámutatott arra, hogy a (különféle korrekciókkal kiegészített) Thomas—Fermi-

egyenlet megoldása nem közvetlenül a hullámmechanikai állóhullám-megoldás állapotfüggvényét szolgáltatja, hanem az ennek megfelelő áramló állapot állapotfüggvényét. Ezen az alapon más oldalról alapozható meg a Gombás Pál által bevezetett »kinetikus sajátenergia«. A statisztikus atomelmélet mennyiségeinek előadó által megadott új értelmezése azzal az előnnyel is jár, hogy a módosított normálási feltétel révén az atom héjszerkezetével összefüggő sűrűség-maximumok az elméletből megkaphatók.

Nov. 29. Horváth János (Szeged)

Az elemi részecskék tömegspektruma

Az előadó résztvett Maria Sklodowskiej—Curie halálának 20. éves évfordulója alkalmából rendezett varsói kongresszuson. Először Danysz professzor ott elhangzott előadása alapján ismertette az elemi részecskéket, kiegészítve az újonnan publikált eredményekkel. Ezután válaszolva Rayski toruni professzornak a kongresszuson nyilvánosságra hozott új elméletét, mely a bilokális térelmélet alapján megadja az elemi részecskék tömegspektrumát és lehetőséget ad a részecskék rendszerezésére. Rámutat arra, hogy a Yukawától származó bilokális térelmélet milyen természetes lehetőséget nyújt a tömegkvantálásra. A szisztematizálás során a háromdimenziós Lorentz-csoport lehetséges reprezentációit használja, mely négy részecskecsalád bevezetését teszi lehetővé, közülük kettő bozon-, kettő fermion-részecskét tartalmaz. A kölcsönhatásoknál két csatolási állandót vezet be, melyek közül az egyik több nagyságrenddel kisebb, mint a másik. Ily módon lehetségessé válik az elemi részecskék átalakulásának konzekvens értelmezése és pl. a Λ -részecskék és K -részecskék viszonylag hosszú élettartamának megmagyarázása.

Dec. 6. Vaclav Votruba (Prága)

Az elemi részecskék rendszerezése töltésállapotok alapján.

Az előadó részletesen ismerteti azokat a problémákat, melyek a hyperonok (neutronnál nehezebb részecskék) keletkezésével és bomlásával kapcsolatban felvetődtek. A megfigyelések szerint ezek a részecskék nagyenergiájú protonok ütközésekor nagy valószínűséggel keletkeznek, és általában a nukleonok, mezonok és hyperonok közt erős kölcsönhatás áll fenn. Ebből kiszámítható a hyperonok élettartama és az 10^{-20} sec-nál rövidebbnek adódik. A megfigyelések ezzel szöges ellentétben azt mutatják, hogy a hyperonoknak nukleonra és mezonra való bomlása sokkal lassabban, 10^{-10} sec átlagos élettartammal következik be. Fel kell tehát tételni, hogy a bomlás valamilyen kiválasztási szabály miatt első közelítésben tiltott. Az előadó rámutatott arra, hogy a pálya-impulzusmomentummal kapcsolatos kiválasztási szabályok ilyen nagy eltérés magyarázata nem alkalmasak. Ezután rátér Pais elméletének ismertetésére. Pais az elemi részek töltését meghatározó izotóp spint beépítette a nukleon állapotegyenletébe. Ezzel kapcsolatban kiadódott, hogy a háromdimenziós izotóp spintérben a paritás megmaradása nem engedi meg a Λ -rész gyors elbomlását. Az időközben felfedezett Y -rész metasztabilitását azonban az elmélet nem tudta magyarázni. Ha figyelembe vesszük, hogy az elméletnek a magerők töltésfüggetlenségét is biztosítani kell, akkor csak egy lehetőség maradt még hátra: a négydimenziós izotóp spintér bevezetése. Ennek keretei közt minden jelenség kielégítő módon magyarázható.

Vizsgálatok az O_2^+ -molekula 4π energiaállapotán

Az O_2^+ -molekula 4π elektronállapotánál, amely ez ideig az egyetlen ismert finomszerkezetű 4π -term, a multipliett-felbomlás, mint a rotációs kvantumszám függvénye, nem egyezik meg jól a Van Vleck-féle elmélet alapján levezetett formulákkal. Elméleti megfontolások arra mutatnak, hogy a termkomponensek viszonylagos helyzetében az elméletileg várt értékhez képest mutatkozó eltérések magyarázatát az említett komponenseknek egy (vagy több) 2π -termmel való kölcsönhatásában kell keresni, ilyen különböző multiplicitású termek közötti kölcsönhatást a spin pálya-kölcsönhatás létesíti. Valóban az O_2^+ termsémájában a tárgyalt 4π -termekhez aránylag közel előfordulnak 2π -termek. A 4π -term két középső komponensének említett anomális viselkedését sikerült a termsémában előforduló 2π -termek közül kettőnek perturbációjaként a mérési adatokkal egybehangzóan értelmezni. Az egyes termkomponensek helyzetéből következtetést lehetett levonni az egyik ez ideig még nem észlelt 2π -term helyzetére vonatkozóan, valamint az elmélet alapján ki lehetett számolni az említett 2π -term multipliett-állandóját is.

Megemlékezés Bródy Imréről halálának 10. évfordulóján.

Az emlékülésről külön részletesen beszámolunk.

BRÓDY IMRE EMLÉKÜLÉS

Az 1954. évi Bródy és Schmid díjak kiosztása

1954. december 22-én emlékezett meg az Eötvös Loránd Fizikai Társulat *Bródy Imréről*, a tíz év ezelőtt elhunyt nagy magyar fizikusról.

Az ülés elején *Gyulai Zoltán* elnök megemlékezett *Enrico Ferminek*, a XX. század egyik legnagyobb fizikusának, az első atommaglya megalkotójának haláláról. Ezután került sor Szigeti György főtítkárral emlékezésére.

Szigeti György beszédében röviden ismertette Bródy Imrének, az egyik legkiválóbb magyar elméleti és gyakorlati fizikusnak életét. Rámutatott azokra a mostoha körülményekre, amelyekkel meg kellett küzdenie, míg hazájában a kutatómunkát lehetővé tevő környezetbe került. Középszkolai tanárként a kutatómunka lehetősége nem volt meg, ezért kiment Németországba, Max Born mellé. Itt több évig professzorával együtt részt vett a Bohr-elmélet és a kvantumstatistikák akkor folyamatban levő kiépítésében. Bródy több elméleti fizikai eredményét a tankönyvek is átvették. Hazajövet az első magyar ipari kutatóintézetnek, az Egyesült Izzó kutatólaboratóriumának lett a munkatársa. Elméleti termodinamikai ismereteit itt a gyakorlati élet szolgálatába állította, legnagyobb alkotása a világhírű kryptonlámpa. Szigeti György a kérdés tudományos vonatkozásai után ismertette azokat a külső nehézségeket, melyeket Bródynak le kellett győznie egy kapitalista vállalatban addig, amíg elgondolásaiból tömeggyártmány vált. Itt megmutatkozott Bródy fáradhatatlansága, gyakorlati érzéke. Bródy Imre tíz évvel ezelőtt a fasizmus áldozata lett, de laboratóriumából kisarjadt a felszabadulás után a Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet. A mai nemzedék azzal becsülte meg Bródynak, az első és legnagyobb magyar gyakorlati fizikusnak úttörő munkáját, hogy laboratóriumát ezen a napon Bródy Imre laboratóriumának nevezte el. (Bródy Imre munkásságával a Fizikai Szemle annakidején Selényi Pál tollából származó megemlékezésben részletesen foglalkozott.)

Ezután került sor az 1954. évi Bródy Imre és Schmid Rezső díjak kiosztására. *Kovács István*, a kiküldött bizottság elnöke tett jelentést a kiküldött bizottság munkájáról. A felvett jegyzőkönyv értelmében.

az 1954. évi Bródy Imre díjat *Pál Lénárd*, a fizikai tudományok kandidátusa (Központi Fizikai Kutató Intézet) kapja a ferromágnességre vonatkozó kutatásaiért,

az 1954. évi Schmid Rezső díjat *Mátrai Tibor*, a fizikai tudományok kandidátusa (Központi Fizikai Kutató Intézet) kapja a molekula-fizika és a relativitás-elmélet területén elért elméleti és kísérleti eredményeiért.

A 3000—3000 Forint értékű díjakat *Gyulai Zoltán*, Társulatunk elnöke adta át, ezután a kitüntetettek rövid beszédben válaszoltak.

Bennem, akit fizikai hivatásom a molekulaszpektroszkópiához köt, Schmid Rezső emléke különös meghatottságot ébreszt, — mondta Mátrai Tibor — hiszen az általa alapított laboratóriumban dolgozhatom. Ott nap mint nap találkozhatunk Schmid Rezső nagy életművének egy-egy újabb dokumentumával. Búvárkodásunk nehézségei középette számtalanszor felidézzük a szeretett »doktor úr« tekintetét, nem egyszer felvetve a kérdést: »vajon mit tanácsolna most ő?« Schmid Rezső emléke azonban nemcsak a mi laboratóriumunkat tölti be, hanem a világ minden molekulaspektroszkópiás laboratóriumában tovább él. Valóban, a spektroszkópiás sávok utolérhetetlen megfigyelője volt. Mintegy 100 dolgozatban tette közzé kísérleti kutatásainak nagy eredményeit. Habár dolgozataiban többnyire egy-egy konkrét molekula spektrumát fejtette meg, bámulsó leleménységgel kutatásainak iránytűje mégis a hullámmechanikai molekula modell és a belőle levonható általános elvi kérdések voltak. A szénmonoxid Angström-sávjai, ugyanezen molekula első pozitív sávrendszerének vizsgálata, a nitrogén-oxid — sávjai az oxigén-molekula és molekulaion, vagy az ezüst-hidrid sávok szinképe a kutatásának oly összefüggő témái voltak, amelyekből a sávok rotációs szerkezetében jelentkező perturbációknak, továbbá a predisszociációknak, vagy a kiválasztási szabályokban észlelhető anomáliáknak elméleti értelmezésére ihletet nyertek a hozzácsatlakozó fiatal teoretikusok is. Kimagasló eredményeit abban az időben vívta ki, amikor tudományegyetemünkön volt ugyan heraldikai tanszék, de pl. fizikai kémiai tanszék nem volt. Pedig ugyanakkor külföldön már az egyetemi oktatómunkától mentesített kutatóintézetek is működtek, közülük nem egy sokévtizedes múlttal. Amikor Népköztársaságunk kormányzata idejében felismerte a régebben mostohán támogatott hazai kísérleti fizika fejlesztésének fontosságát és életre hívta a Központi Fizikai Kutató Intézetet, akkor Schmid Rezső laboratóriuma volt a góc, amelyre a többi kísérleti kutató osztály rákristályosodott. Amint tehát a Híradástechnikai Ipari Kutató Intézet összeforrt Bródy Imre alapvető működésével, úgy a Központi Fizikai Kutató Intézet Schmid Rezsőt tekintheti géniuszának. Mindkét fizikusnak tudományos és emberi nagysága előtt most mélyen meghajtjuk kegyeletünk zászlaját.

Ezután *Mátrai Tibor* és *Pál Lénárd* köszönetet mondott kitüntetésükért, majd röviden ismertették tudományos eredményeiket és jövő terveiket.

KITÜNTETÉSEK

Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat tagjai tudósok, fizikusok, középszkolai és általános iskolai tanárok, fizikus mérnökök a magyar értelmiség többi dolgozójához hasonlóan számos kitüntetésben, jutalmazásban, elismerésben részesültek a felszabadulás óta.

Alábbiakban közöljük kitüntetett kartársaink névsorát :

Kossuth-díj

Ács Ernő (1948, 1954)	Gerendás Mihály,
Budincsevits Andor,	Dallos András
Budó Ágoston,	Ernst Jenő

Gombás Pál (1948, 1950),
 Gyulay Zoltán,
 Huszka Ernőné,
 Jánossy Lajos,
 Kovács István,
 Lukács József,
 Marx György,
 Neugebauer Tibor,
 Novobáztzy Károly (1949, 1953),
 Öveges József,
 Renner János,
 Simonyi Károly,
 Szalay Sándor,
 Török Tibor,
 Tárczy Homoch Antal,
 Vermes Miklós.

Magyar Népköztársasági Érdemrend

Gombás Pál, III. fokozat,
 Kónya Albert, V. fokozat,
 Novobáztzy Károly, II. fokozat,
 Schay Géza, V. fokozat.

Munka Érdemrend

Budó Ágoston,
 Jánossy Lajos,
 Novobáztzy Károly,
 Valkó Iván Péter.

Szocialista Munkáért Érdemérem

Stricker György,
 Szabó Ferenc.

Magyar Népköztársasági Érdemérem

Láng László (ezüst),
 Pauncz Rezső (ezüst),
 Réti Pál (ezüst),
 Renner János (arany),
 Szamosi Géza (arany),
 Szigeti György (arany).

Munka Érdemérem

Árkosy Béla,
 Bodó Zalán,
 Párkányi László,
 Török Tibor,
 Szigeti György.

Oktatásügy kiváló dolgozója

Bayer István,
 Hárosy Teofil,
 Körmendy Károly,
 Márk Bertalan,
 Öveges József,
 Szepessy Tibor,
 Sziráky László,
 Szokol Humay Győző.

Felsőoktatás kiváló dolgozója

Kedves Miklós,
 Kövesdi Pál,
 Pallós János,
 Somos János,
 Straub Gyula,
 Tarján Imre,
 Újhelyi Géza.

Brédy Imre-díj

Bodó Zalán,
 Gergely György,
 Medveczky László,
 Nagy Elemér,
 Pauncz Rezső,
 Pál Lénárd,
 Szimán Oszkár.

Schmid Rezső-díj

Fenyves Ervin,
 Gáspár Rezső,
 Haiman Ottó,
 Hoffmann Tibor,
 Mátray Tibor,
 Marx György,
 Szamosi Géza.

Élmunkás-kitüntetés

Vermes Miklós.

Koreai Népi Demokratikus Köztársaság-éml.kérem

Tarján Imre.

Rákosi Mátyás Tanulmányi Érdemérem

Temes Gábor.

KANDIDÁTUSI DISSZERTÁCIÓK MEGVÉDÉSE

Nagy Károly aspiráns (Egyetemi Fizikai Intézet, Budapest) »Az elektromágneses sugárzás kvantumelmélete dielektrikumokban« című értekezésének vitájára 1954. november 5-én került sor. Először *Novobáztzy Károly* aspiránsvezető ismertette a probléma történetét, majd Nagy Károly ismertette téziseit. Az átlátszó anyagokban haladó fotonok tulajdonságaira vonatkozólag nem alakult ki egységes felfogás, Laue maga kételkedett ilyen fotonok létezésében. Nagy Károly az elektromágneses sugárzás energiája mellett figyelembe vette a tér által polározott közegnek átadott energiát is. A kettőből együtt adódik a foton energiája (és impulzusa). A foton tulajdonságai mindenben egy részecske energiájának és impulzusának sajátosságait mutatják, az üres térben haladó fotontól abban különbözik, hogy a fotonhoz véges nyugalmi tömeg tartozik, mely a frekvencián kívül a közeg törésmutatójától is függ. *Horváth János* és *Hoffmann Tibor* opponensek kiemelték a dolgozat újszerű probléma felvetését és az ennek köszönhető eredményeket, majd kérdéseket intéztek a jelölthöz a foton-energia mechanikai természetű részének és a fononoknak (hangkvantumoknak) kapcsolatára vonatkozólag. Ezekre, valamint több más feltett kérdésre az aspiráns válaszolt, majd tanácskozás után *Kovács István*, a bírálóbizottság elnöke felolvasta a bizottság határozatát: javasolják, hogy *Nagy Károlyt* nyilvánítsák a fizikai tudományok kandidátusává. A Tudományos Minősítő Bizottság a javaslatot magáévá tette.

Láng László (Központi Fizikai Kutató Intézet) rövidített úton benyújtott »A 9 helyen szubsztituált fenantrén származékok ultraibolya abszorpciós színképének vizsgálata« című értekezésének vitája 1954. december 21-én folyt le. A disszertáció opponensei: *Kiss Árpád* és *Pauncz Rezső* voltak. A vita alapján a *Schay Géza* elnökletével összeült bírálóbizottság javasolta, hogy *Láng Lászlót* nyilvánítsák a kémiai tudományok kandidátusává.

Ladányi Károly aspiráns »A nemes fémek elmélete. című dolgozatának vitéje 1955. február 11-én zajlott le« Oppenensek voltak *Horváth János* és *Kónya Albert*. A bizottság véleménye az volt, hogy a jelöltet nyilvánítsák kandidátussá.

Keszthelyi Lajos aspiráns (Központi Fizikai Kutató Intézet) »Gamma sugarak abszorpciója NaJ szcintilláló kristályban« című értekezésének vitája 1955. február 23-án folyt le. A disszertáció opponensei *Szalay Sándor*, *Simonyi Károly* és *Imre Lajos* voltak. Miután Keszthelyi Lajos részletesen ismertette munkáját, az opponensek felolvasták bírálatukat. Számos kérdés elhangzása után a bírálóbizottság javaslata, hogy Keszthelyi Lajost nyilvánítsák a fizikai tudományok kandidátusává.

1955. ÉVI KOSSUTH-DÍJASUNK

Marx György

Marx György az elméleti fizika területén elért eredményeiért, különösen a dielektrikumbeli elektromágneses tér energia-impulzus-tenzorával kapcsolatos nagy jelentőségű dolgozatáért részesült ebben a magas kitüntetésben.

A relativisztikus elektrodinamikában az erőter dinamikai sajátosságait (energia, impulzus, ponderomotoros erő) az energia-impulzus-tenzor foglalja magába. Ez a tenzor a Maxwell-féle hármasszűrés tenzort egy sorral és oszloppal egészíti ki. Ez a negyedik sor és oszlop a tér energiaáram-sűrűségét ill. impulzusáram-sűrűségét tartalmazza ismert faktortól eltekintve. Az energia-tehetetlenségének törvénye megköveteli, hogy az energia-impulzus-tenzor szimmetrikus legyen. Ugyanis csak szimmetrikus energia-impulzus-tenzor elégíti ki az energia-tehetetlenségét kifejező híres Planck-féle összefüggést: impulzusáram-sűrűség egyenlő az energiaáram-sűrűség c^2 -ed részével. A mozgó testek elektrodinamikájában a tér energia-impulzus-tenzorára két kifejezés szerepel az irodalomban. Az egyik az Abraham által bevezetett szimmetrikus tenzor, a másik Minkowskitól származik és nem szimmetrikus. Az 1910-es években többen foglalkoztak ezzel a kérdéssel és számos érvelést hoztak fel az egyik, illetve a másik tenzor mellett vagy ellen. A vita lassan elült és a fizikusok többsége szimmetriájánál fogva az Abraham-féle tenzor helyessége mellett foglalt állást. (Pauli, Laue, Becker, Schrödinger stb.) Az utóbbi években sugárzáselemtani problémák kapcsán a két tenzor helyessége ismét eldöntésre került. Maga Laue, ki az Abraham-féle tenzor híve volt (kb. 40 éven keresztül), újabban a Minkowski-féle részeseit előnyben, mert az energia terjedési sebessége az Abraham-féle tenzor alapján nem négyesvektorként transzformálódik, míg a Minkowski-tenzor ellen ez a kifogás nem emelhető. Laue ezt olyan erős érvelésként tartotta, hogy az Abraham-tenzor szimmetrikus volta sem tartotta vissza attól, hogy a Minkowski-féle mellett szálljon síkra. Más problémák kapcsán Tamm és Möller ugyancsak a Minkowski-féle fogadták el helyesnek. Ezek a problémák magyar elméleti fizikusokat is megragadták. Novobátzky Károly a térelmélet által variációs módszerrel levezetett az erőter energia-impulzus-tenzorát izotrop dielektrikum esetére. Ez az eljárás egyértelműen az Abraham-féle szimmetrikus tenzort szolgáltatja. Ezután kapcsolódott Marx György is ebbe a problémakörbe. Abból az elvből indult ki, hogy az energia-tehetetlenségének törvénye oly általános érvényű törvény, melynek helyességében nem kételkedhetünk. Ekkor viszont csak az Abraham-féle szimmetrikus tenzor írható le helyesen a dielektrikum-beli elektromágneses tér dinamikai sajátosságait. Marx György a dielektrikum és erőter kölcsönhatását figyelembe véve kimutatta, hogy a sugárzási energia és impulzus leírására nem az erőter tenzora szolgál, hanem az ún. sugárzási energia impulzus tenzor, melyet első, ezzel kapcsolatos dolgozatában sík hullámokra, majd később teljesen kovariáns formában sikerült az Abraham-féle tenzorból felépíteni. Ez a kitűnő felismerés tette lehetővé a dielektrikum-beli elektromágneses sugárzás kvantumelméletének kidolgozását is. Marx György ezen alapvető munkája nyomán valamennyi vitás kérdést sikerült az Abraham-féle szimmetrikus energia-impulzus-tenzor alapján megmagyarázni. Ezzel, véleményünk szerint, a mintegy 50 éve húzódozó vita lezártnak tekinthető. (Megemlítjük, hogy Tamm könyvének legújabb kiadásában már az Abraham-féle felfogást fogadja el.)

Marx György eredményesen foglalkozott az anizotrop közegek relativisztikus elektrodinamikájával is. Az anyagi egyenletek anizotrop közegekre érvényes kovariáns alakját megadta, majd meghatározta a tér energia-impulzus-tenzorát variációs eljárással. Eredményül az anizotrop közegekre általánosított Abraham-féle tenzor adódott.

A mágnesek relativisztikus elektrodinamikája című dolgozatában ugyancsak egy olyan problémát old meg, mely hosszabb vita tárgyát képezte. Nevezetesen arra a kérdésre adja meg a választ, hogy milyen erő hat kiterjedt mágnesekre? Az energia-impulzus-tenzorból divergenciaképzéssel egyértelműen adódik a felelet.

Bár a relativitás elmélete a kedves munkatere, otthonos kézzel nyúl Marx György az elméleti magfizika és elemi részecskék fizikájának problémáihoz is. E terü-

leteken elért eredményeit több megjelent dolgozata tartalmazza. Ezek közül, súlyát tekintve, kiemelkedik a fermion-töltés megmaradásával kapcsolatos munkája. Ismeretes, hogy az eddig felfedezett, nagyszámú elemi részecskék általában instabilak. Az egymásba való átalakulást jól meghatározott fizikai törvények szabályozzák. Ilyenek az elektromos töltés, energia, impulzus, impulzusmomentum, spin, nukleon-töltés megmaradását kifejező ún. megmaradási tételek. A tapasztalat azt mutatja, hogy a fenti törvények által megengedett bomlás-típusok közül nem mind valósul meg. Marx György ezek megmagyarázására feltételezte, hogy a feles spinű elemi részek az esetleges elektromos- és nukleon-töltésen kívül még egy, a Fermi-féle kölcsönhatás erősségét megszabó, ún. fermion-töltéssel is rendelkeznek és az átalakulások során erre a töltésre is teljesülni kell a megmaradási tételnek. Marx György e nagy jelentőségű felismerése az elemi részek elméletének helyes irányba való kialakulását meggyorsíthatja.

Azok, kik Marx Györgyöt közelebbről ismerik, örömmel vették tudomásul e magas kitüntetés hírért, mert egy fiatal tudós gazdag eredményeinek és szorgalmas munkájának megérdemelt jutalmát látják benne.

KÜLFÖLDI UTAK

Fizikai tudományos életünket igen nagy mértékben mozditja elő nemzetközi kapcsolatainknak e téren növekvő mértékben való megindulása. Az ilyen nemzetközi tapasztalatesere, tanulmányutak, konferenciák mindig nagyon gyümölcsözőek, hiszen egy-egy rövid személyes vita sokszor jobban világosítja meg a helyzetet, vet fel új szempontokat, mint sok hosszú cikk.

Társulatunk tagjai az 1954-es évben több külföldi tanulmányutat végeztek. Pál Lénárd a Szovjetunióban vett részt az év elején egy ferrit anyagokkal foglalkozó konferencián. Ugyancsak a Szovjetunióban látogatott el egy nagyobb csoport Balázs János, Csada Imre, Detre László, Dezső Lóránd, Földes István, Jánossy Lajos részvételével a pulkovo-i csillagvizsgáló jubileumi ünnepsége alkalmából.

Az NDK-ban a Jénában tartott optikai konferencián Náray Zsolt, a Drezdában tartott, szilárd testekkel, továbbá a kvantummechanika alapkérdéseivel foglalkozó konferencián Gáspár Rezső, Hoffman Tibor és Jánossy Lajos vettek részt. Novobátzky Károly a Csehszlovák Tudományos Akadémia nagygyűlésén Prágában tartott előadást. Náray Zsolt kb. egy hónapos tanulmányutat tett Bulgáriában, Horváth János pedig Lengyelországban. A lengyelországi Sklodowskiej—Curie emlékünnepeken Szalay Sándor képviselte hazánkat.

A nyugati konferenciák közül a cambridgei lumenescencia kongresszuson Budó Ágoston, Nagy Elemér és Szigeti György, az amsterdami félvezető kongresszuson pedig Bodó Zsolt, Nagy Elemér és Szigeti György vettek részt.

Az elmúlt évben több külföldi fizikus járt nálunk és tartott tudományos előadásokat. Így E. Schatzman francia csillagász tartott két előadást a kozmogonia néhány kérdéséről, R. Bernas francia kutató szintén két előadást kísérleti magfizikai kérdésekről. W. A. Wooster angol fizikus a röntgen-anyagvizsgálatáról, R. Rompe berlini professzor néhány gázkiszülési kérdéssel, T. Tanasescu, a román Központi Fizikai Kutató Intézet vezetője a román fizika fejlődéséről és V. Votruba prágai fizikus, az elemi részek elméletének néhány kérdéséről tartott előadást.

ANKÉT »A MAGYAR FIZIKAI KÖNYVKIADÁS HELYZETÉ«-RŐL

Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat 1955. január 31-én ankétot rendezett, amelyen megvitatta a magyar fizikai könyvkiadás jelenlegi helyzetét. A bevezető előadást Horváth János docens tartotta. Az ankét rövidített jegyzőkönyvét közöljük:

Horváth János: A múltban tartott könyvankétokon ismételen megállapítottuk már, milyen lényeges mennyiségi és minőségi különbség van a háború előtt és után kiadott szakkönyvek között. Vonatkozik ez természetesen a fizikai könyvkiadásra is.

Ha azonban az utóbbi 5–6 év fizikai könyvkiadását összehasonlítjuk a többi szakterületeken (matematika, műszaki tudományok) megjelent kiadványokkal, akkor sajnálattal kell megállapítanunk, hogy e téren ugyan-ezen ijesztő hiányosságok mutatkoznak.

A legsúlyosabb hiányosság abban mutatkozik, hogy egyrészt magyar szerzők munkái nem kerültek kiadásra (még magyar szerzők külföldi kiadásban nagy sikert elért művei sem, mint pl. Gombás és Jánossy professzorok munkái), másrészt csak kivételes esetben felelt meg a kiadott fordítások minősége a legminimálisabb követelményeknek.

Hasonlóképpen súlyos hibának minősítendő, hogy a lefordított munkák kiválasztása teljesen tervszerűtlen és tisztára ötletszerű volt. Így történhetett meg, hogy egyetlen korszerű összefoglaló munka nem jelent meg sem kísérleti, sem elméleti vonalon, mely alkalmazkodott volna a hazai követelményekhez és igényekhez.

Remélhető azonban, hogy a felemlített hiányosságokat a jövőben fel fogják számolni. Biztosítva látom ezt részint azért, mert mind akadémiai, mind pedig O. M. vonalon a fizikus szakbizottságok hatáskörébe került a könyvkiadási terv ellenőrzése és elvi irányítása, részint pedig azért, mert a végzett aspiránsok személyében kellő intelligenciával és nyelvtudással rendelkező szakemberek vonhatók be a fordítási munkába.

Ennek köszönhető, hogy az utóbbi évben már néhány igen értékes munka jelent meg, melyek a maguk nemében hézagpótlóak voltak. Így pl. minden elismerést megérdemelt a szépen fordított Spolszkij: Atommagfizika I. c. könyv, valamint Ahijezzer—Pomerancsuk magfizika könyve.

Az említett hiányosságok kiküszöbölésére kívánatosnak mutatkoznék, ha most röviden leszögeznénk a jelen és a közeljövő feladatait. E kettő lényegesen különböző. Ennek oka az akkori V. K. M. azon elhamarkodott intézkedése, mely 5–6 évvel ezelőtt törölte a középiskolákból a nyugati nyelvek oktatását, annak ellenére, hogy megfelelő orosz nyelvű oktatásról középiskolai káderek hiányában gondoskodni nem tudott. Ezen intézkedés következményeképpen egyetemi hallgatóink és fiatalabb kutatóink (ha csak még otthon meg nem tanultak valamilyen nyelvet) nem rendelkeznek elegendő nyelvtudással.

Ilyen körülmények között, bár nem mondhatunk le arról, hogy fizikusaink a jövőben kellő nyelvtudással rendelkezzenek, a pillanatnyi helyzetben még szükség van további fordítások kiadására. A pillanatnyi kényszerhelyzetben kívánatos lenne néhány (orszára is lefordított) standard munka (mint pl. Heitler sugárzáselméleti könyvének) minél előbbi megjelentetésére.

A további feladatok során gondoskodnunk kell néhány nagyobb szabású összefoglaló, nagy tárgykört felölelő munka megjelentetéséről. A legkívánatosabb az lenne, ha ez az Akadémiai Kiadó kiadásában jelenne meg.

Szükség van néhány alapvető tankönyv kiadására. Az ilyen irányú szükségletet az O. M. fizikus bizottsága már felmérte. Annál nagyobb hiba, hogy a felmérés után a legsürgősebb munkákra is késik a megbízások kiadása, adminisztratív és pénzügyi okok miatt. Ilyen körülmények között félt, hogy e téren mutatkozó hiányok felszámolása még soká várathat magára. Természetesen e téren a mulasztások pótlása a Tankönyvkiadóra tartozik.

A tankönyvek és nagyobb összefoglaló munkák között szükség van speciálisabb tárgyköröket felölelő monográfiákra, melyeket lehetőség szerint hazai szerzőknek kellene megírniuk, hogy mindenben alkalmazkodni tudjanak a speciális hazai előképzettséghez és követelményekhez. Ezen monográfiáknak az lenne a céljuk, hogy fiatalabb kutatóinkat egy-egy speciálisabb témakörön belül hazai tanulmányaik elvégzése után képessé tegyék a napi tudományos folyóiratirodalom tanulmányozására.

Ilyen típusú munkák megjelentetésében az Akadémiai Kiadónak nagy segítségére lehetne például a Művelt Nép Tudományos és Ismeretterjesztő Kiadó vállalat.

Végül feltétlenül szükséges lenne, hogy az egyes intézetekben folyó szemináriumi előadások, speciál kollégiumok és kandidátusi (doktori) disszertációk is közkincsesé legyenek tehetők. Ezen előadások kidolgozását elég lenne sokszorosítani (amint arra nagyon jó példát mutatnak a külföldi egyetemeken hasonló kiadványai!), hiszen nem kellene nagy példányszámot készíteni belőlük.

Ezek voltak azok a megfontolások, melyek a jelen ankét vitájában kiindulásul szolgálhatnak és kívánom, hogy az ankéton hozott határozatok eredményeképpen fizikai könyvkiadásunk is elérje azt a szintet, melyet méltán megkövetelhetünk tőle.

Hozzászólások

Szigeti György: Köszönöm az értékes előadást és felszólítom a jelenlevőket, hogy szóljanak hozzá. Szeretném, ha a vita alapján valami határozatot is tudnánk hozni.

Nagy Elemér: Osztom Horváth Jánosnak azt a véleményét, hogy szükség van feltétlenül összefoglaló művekre. Gondolok itt mind elméleti, mind pedig kísérleti műre. Ezeket azonban ne feltétlenül egy-egy személy írja, hanem esetleg többen és az egyes részek sorozat formájában jelenhetnének meg. Ez az, amire a fiataloknak a legnagyobb szükségük lenne, ha az egyetemet elvégezték.

A másik dolog, amihez szeretnék hozzászólni, a monográfiák kérdése. Ahhoz, hogy valaki a külföldi irodalmat elolvassa, ahhoz még komoly előtanulmányokat kell folytatnia. És itt olyan nívóra kell eljutnia, hogy a szóbanforgó cikket egyedül, szótár segítségével el tudja olvasni. A monográfiák — minden egyes monográfia — kiadása lehetetlen, mivel egyeseket esetleg csak egy-egy ember fogja elolvasni. Tehát — szerintem — meg kell elégednünk az eredeti külföldi speciális könyvekkel.

A magyar tudományok azonban jó hírt szerezne, ha idegen nyelven jelentetnénk meg magyar szerzők monográfiáit a matematikusok példájára, az Akadémiai Kiadó kiadásában. Így egyrészt a külföldi elhelyezési lehetőség folytán a kiadás is rentábilisabb lenne, másrészt a magyar tudomány hírnevét is megalapozná külföldön, ha ott magyar szerzők művei megjelenének.

Még egy dolgot megemlítenék. Lehetetlen állapot, hogy a különböző kiadók különböző árat fizetnek. Ez annál inkább lehetetlen, mivel minden kiadónak ugyanannyi árat jelent egy könyv kiadása és nem lehet, hogy más árat tudjanak számolni.

Ugyancsak sok baj származik abból, hogy a szerzők, szerkesztők és lektorok nem működnek eléggé szorosan együtt egy könyvön belül. Jobban kellene ügyelniük, hogy — különösen a külföldi neveknél — ne legyenek csúnya elírások, mint például most egy fordításnál előfordult, hogy Joule helyett konzekvensen Joy-t írt a szerző, és így is maradt benne.

Ezzel kapcsolatban megemlíteném azt is, hogy a fordítások minősége igen rossz. Magam is lektorálok most egy könyvet, ahol egy idegen kifejezést négyféle szóval fordítottak elő. Fordítója nyelvtanár volt, aki a könyvet sok részre felosztotta és a diákoknak házi feladatnak feladta a lefordítását. Így a fordítás széteső, ahány rész, annyi féle stílus és innen adódik az is, hogy egy-egy szó jelentése ahányszor előfordul, annyiféleképpen van lefordítva. Tanulság, hogy csak olyannak adjunk fordítást, aki bírja a nyelvet. Egy szakkönyv fordításán nem lehet egy nyelvet megtanulni. A fordítónak szakértelemmel is kell rendelkeznie a nyelvtudáson kívül. Egy bizonyos könyv, mely oroszul vagy németül nagyon jó könyv, magyar fordításban pedig kimondottan badarságnak hat, hogy csak az ábrákból lehetett megállapítani, hogy a könyv mégis jó lehetett volna, ha szakszerűen fordították volna.

Tehát a tanulság az kellene legyen, hogy a nyomda ne adjon ki fordítást olyannak, aki nem ért a nyelvhez.

Még ahhoz szeretnék hozzászólni, hogy a kandidátusi disszertációk kinyomtatását én is feltétlenül szükségesnek tartom. Azt is helyeslem, hogy a szemináriumi előadásokat, valamint a speciálkollégiumokat is legalább sokszorosított formában adassuk ki.

Marx György: Több kérdésről szeretnék szólni: Mindezek előtt az, hogy a Művelt Nép Kiadóval jó lenne valóban felvenni a kapcsolatot. Fel lehetne talán azt vetni, hogy a Fizikai Társulat és a Művelt Nép Kiadó közösen adják ki az egyes könyveket.

Azt hangoztatja az Akadémiai Kiadó, hogy nagy ráfizetéssel dolgoznak. Én ennek okát abban látom, hogy sok olyan könyvet adnak ki, amelyek kis érdeklődésre tartanak csak számot. Ha jobban megválogatnák, hogy mit adnak ki, kisebb lenne a ráfizetés. Itt van például a sokat idézett Heitler könyv. Ma már olyan példányban van Magyarországon forgalomban külföldi valutáért, hogy valutáris szempontból is kívánatosnak látszik a fordítás, mert ez az a könyv, melyet professzoroktól a diákokig mindenki keres. Ha például ezt a könyvet kiadná az Akadémiai Kiadó, biztos vagyok benne, hogy erre nem fizetne rá.

A harmadik dolog a szemináriumi kiadványok kérdése. Mi már régen gondoltunk erre, mert ez anyagilag nem jár nagy befektetéssel. Csak az a helyzet, hogy egy egyetemi intézet nem megfelelő szerv ezen sokszorosítással járó anyagi, üzleti ügyek lebonyolításához. Ehhez kellene az Akadémia vagy a III. Osztály segítségét kérni. Biztos vagyok benne, hogy ezen sokszorosított jegyzeteknek nagy kelendőségük lenne. Mi magunk nem győzzük elég példányban gépelni.

Horváth János: Nem osztom Marx György véleményét azzal kapcsolatban, hogy miért dolgozik az Akadémiai Kiadó ráfizetéssel. Szerintem az Akadémiai Kiadó azért van éppen, hogy ráfizessen: ők azt kell ugyanis kiadják, amit mi ráerőszakolunk a hallgatókra, amit tehát ki kell adni, de nem rentábilis.

Haiman Ottó: Nem egészen osztom Horváth János azt a nézetét, hogy az Akadémiai Kiadó ráfizetéssel kell, hogy dolgozzék. Példa erre a Buzágh könyv, melyről kezdetben mindenki azt hitte, hogy ráfizetés lesz, s mivel a könyv igen jónak bizonyult, várakozáson felül nagy példányszámban kelt el.

Nagy Elemér hozzászólásához csatlakozva én is nagy kockázatot látok a speciális külföldi könyvek lefordításában. Az a tapasztalat, hogy a hallgatók vagy megtanulják a külföldi nyelveket úgy, hogy a külföldi szakirodalmat, melyek őket elvezetik a folyóirat irodalomhoz, eredetiben, sőtár segítségével megértsék, vagy úgyszólván dilettánsok maradnak.

Egy könyv kiadásánál — különösen ezen alapvető könyveknél — azonban nem volna szabad spórolni. Erre a megfelelő összeget rá kell szánni. Ezek fogják a magyar fizikának a jó hírnevét megalapozni. A szerzői tiszteletdíjat nem szabad alacsonyan megszabni, és megfelelő időt kell hagyni a megírásra és lektorálásra is (levonások!). A spórolás itt súlyosan bosszulhatja meg magát.

Tarján Ferenc: Le kell nyúlnunk a bajok gyökeréig: a középiskolások tankönyveihez. Rendezni kellene azt is, hogy senki se írasson önállóan tankönyvet, csak ha illetékesek felkérnek erre. Sok esetben minden fejezetet más kellene megírjon, mindenki a saját szakterületéről. A szerzők pedig ne rivarizáljanak egymással. Felesleges egyébként, hogy mindig újat írjanak, sokszor elegendő lenne a régit átdolgozni, és így generációk nőhetnének fel ugyanazon a könyvön.

Az idegennyelvű könyvekkel kapcsolatban azt szeretném megjegyezni, hogy egy orosz nyelvű könyvet nem kell feltétlenül oroszból lefordítani, ha az már esetleg német nyelven is megjelent fordításban, hanem ezt a német (esetleg angol) fordítást lehet alapul venni. Ezt úgy nevezném, hogy »átszálló«-val lehet lefordítani.

Gémesi József: A tankönyveknél szerintem is bizonytalanság uralkodik. Én a kísérleti fizika szempontjából szeretnék hozzászólni. Itt feltétlenül szükségesnek látok egy alapvető művet. Ez lehetne fordítás, de lehet hazai mű is, vagyis, ha nem akad hazai szerző, le lehet egy ilyenfajta külföldi könyvet is fordítani.

Sándor Endre: Fizikai könyvkiadásunk terén — mint azt az előttem szólók is említették — eddig nagy tervszerűtlenség uralkodott. Nincs pl. egy jó magyar labor-praktikum sem. Ez kétségtelenül komoly hiány. Mi tehát a teendő? Vagy egy magyar szerző, vagy több magyar szerző írjon egy könyvet. Alapkönyvként fordították le a Papalekszi könyvet, ezzel akarván a problémát megoldani, de tudtommal ez nem vált be teljesen.

Ugyanakkor például a Pohl és Grimsehl annyian behozták, hogy a kiadott valuta a hazai kiadás költségeivel felér. Ez devizális probléma is. Meggondolandó, hogy nem érdemes-e még akkor is inkább itt kiadni a könyveket, ha forintban kis ráfizetés mutatkozna, mint devizáért behozatni. Persze kérdés, hogy hazai viszonylatban van-e olyan szerző, aki olyan jó könyvet tudna írni, mintha egy külföldit lefordítanánk? Részemről realitásnak tartanám, ha inkább egy meglevő jó külföldi művet fordítatnánk le magyarra. Lektort és szerkesztőt könyvnyebb találni, mint szerzőt. Ajánlanám a Pohl, Grimsehl és Joss, vagy más hasonló más típusú könyvek lefordítását.

Pócza Jenő: Egy konkrét javaslatom lenne: Hozzáférhetővé kellene tennünk a forgalomban levő egyetemi jegyzeteket vásárlásra, ezzel egyúttal a középiskolás tanárok fejlődését is elősegíthetnénk.

Az alapvető irodalom hiányához azt fűzném hozzá, hogy tervbe van véve egy új egyetemi tankönyv, melynek első részét magam írom Budó Ágostonnal, de határideje 1957. vége, és egyelőre még a szerződés sincsen megkötve.

A kiadványok kérdésében csatlakozom Marx György javaslatához, hogy az Akadémia kellene lebonyolítsa a szemináriumi füzetek kiadását a KFKI Közlemények mintájára.

A kandidátusi disszertációkra vonatkozóan azt tudom közölni, hogy láttam az Akadémia felszólítását, melyben ígéri, hogy leközi a kandidátusi disszertációkat, tehát itt talán nyitott kapukat döngöztünk.

Dukáti Ferenc: Szerintem nem járható út a fordítások terén, amit Tarján Ferenc elvtárs javasol, nevezetesen, ha egy könyv már meg is jelent fordításban idegen nyelven, nekünk mégis az eredetiből kell fordításunkat megcsinálni, mert különben csak a hibák számát szaporítanánk. Egyébként is a fordítások igen hibásak. Ennek okát a hiányos terminológiában látom. Szükség lenne egy az idegen nyelvű szakmai terminológiát összegyűjtő könyvre.

Haiman Ottó: Nem tartom helyesnek, ha egy jegyzetet egyszer megírtak, azt véglegesnek tekintik; ezek is elöregednek.

Sándor Endre: Aki már írt, vagy fordított, az tudja, hogy egy bizonyos szóra hányféle kifejezés van: sokszor 6—7-féle is. Lényeges lenne a fizikai szaknyelv megállapítása és kialakítása, hogy egy bizonyos szaknyelv kialakuljon, egységesen. Ezáltal a fordítóknak is könnyebb dolguk lenne. Ugyanez vonatkozik a tipográfiára is, mert igen nehéz a nyomda helyzete. Ott is egységesítésre lenne szükség.

Szigeti György: A fordításokkal kapcsolatban szeretnék hozzászólni. A fordításoknál az a helyzet, — különösen az oroszból lefordított munkák között — hogy sok olyan van közöttük, melyeknek az érthetősége és stílusa sok kívánnivalót hagy hátra. Ennek egyik oka az lehet, hogy a fordító nem tekinti lelkiismereti kérdésnek, hogy jó fordítást adjon be. Általában az a helyzet, hogy ha a lektor a dolgát rendesen, lelkiismeretesen akarja elvégezni, úgy legalább 20—30 oldalas hibajegyzéket kellene

készítsen. Ugyanennyi hibát kellene a szerkesztőnek is észrevennie. Azonban, ha mindezeket a hibákat a fordító ki is javítaná, még mindig azt kellene észlelnünk, hogy a fordítás továbbra sem kielégítő, még mindig maradtak benne hibák, és a stílusa sem elég magyaros. Azonban a lektortól nem lehet megkívánni, hogy a könyvet teljesen átsztilizálja, így a javítások csak foltozások lesznek, melyeket alig lehet elfogadni. Holott a lektortól kapott utasítások alapján a könyvet a fordítónak újból át kellene dolgoznia. Sokkal kevesebb hiba kerülne a fordításba, ha a fordító — ha valamit nem tud — kikérné a megfelelő szakemberek tanácsát. Így nem fordulhatna elő, hogy egy bizonyos szóra egy könyvön belül sokféle fordítás fordul elő. A fordító ne fogalmazványt adjon be, ha pedig a lektor a munkát rossznak találja, vegye magának a fáradságot, hogy újra átdolgozza. A lektor véleménye nélkül ne kaphasson a szerző honoráriumot. Azonban a lektorok és szerkesztők többnyire igen elfoglalt emberek. Nem is lehet megkívánni tőlük, hogy a szigorú határidő betartása mellett minden hibát kijavítsanak, ha pontos munkát akarnának végezni, ez nagyon meghosszabbítaná a mű kiadását, ellenkező esetben selejtes munka kerül ki a nyomdából. De figyelembe kell venni azt is, ha negatív lektori vélemény érkezik.

Marx György: Én is igen fontosnak tartom annak leszögezését, hogy minden esetben előbb a szerkesztőt jelöljék ki, és vele egyetértésben a fordítót.

A másik dolog, amit szeretnék megmondani, hogy tapasztalatom szerint általában jobban szeretik a hazai szerzők könyveit és kevésbé a külföldieket.

Dukati Ferenc: Arra szeretnék választ kapni, hogy a szerzői honoráriumokból a $\pm 20\%$ fordítható-e arra, hogy ha jó vagy rossz a fordítás, eszerint levonjanak vagy jutalmazzanak belőle.

Szabó Lajosné: Az Akadémiai Kiadó csak végrehajtott szerve az Akadémiának, minden rendelkezést az elnökségtől kap. Így a fordítókat, stb. is az Akadémia jelöli ki. Tervbe van véve saját lektorátus létesítése, melyhez egy fizikust, vegyészt és matematikust fog a Kiadó alkalmazni. Továbbá a fordítókat is ezentúl az Akadémiai Kiadó fogja kijelölni, jól, gyorsan és pontosan fordítók személyében; ezzel talán megrövidül a kiadási idő is. Ugyanis nagy hiba, hogy nagy a kifutási idő. Javasolnám, hogy rövidebb idő múlva kapjuk vissza a könyvet: most a kiszabott idő 10 év egy hónap, de senki sem tartja be. Sok esetben előfordul, hogy mire egy könyv nyomdába kerülne, már át kell dolgozni. Nagy nehézséget jelentett az utóbbi időben az is, és egyúttal a szerződések megkötését gátolta, hogy a Kiadói Tanácsnál hosszú ideig tart, míg a kiadandó könyvek felülbírált jegyzékét megküldik. Így például az 1955-ös évi könyvekről még nem tudtunk szerződést kötni.

A magyar szerzők könyveire vonatkozóan az a helyzet, hogy az idei évre van beütemezve Jánossy és Gombás professzorok egy-egy könyve: ha a kéziratot leadnák, már nyomhatnánk is.

A magyar szerzők könyvein kívül a következő könyvek fognak még ebben az évben megjelenni: Ivanenko—Szokolov, Heitler, Herzberg, Dushman, Whitehouse és még sok más könyv is előkészületben van.

Arra a javaslatra szeretnék még válaszolni, mely szerint pl. egy orosz könyvet, melynek német fordítása már megjelent, már csak azért is az eredetiből kell fordítani, mert a szerződést sokkal nehezebb nyugattal megkötni, a Szovjetuniótól csak engedélyt kell kérni.

A $\pm 20\%$ -kal kapcsolatban az a helyzet, hogy a Kiadó a honoráriummal is kötve van, ez rendeltetleg van szabályozva. A Kiadó nem von le, csak ha egy mű nem készül el időre, vagy ha nagyobb lesz a terjedelme, mint ahogyan tervezte volt. A Kiadónak mindenne az Akadémiától kell külön engedélyt kérnünk.

Horváth János: A szakkifejezések szabványosítása igen veszélyes. Műszaki vonalon történtek ilyen szabványosítások, ezek azonban merevséget okoztak. Nekem is volt ilyen esetem, hogy egy cikket külföldön kellett publikáltatnom, mivel a szokásos műszaki elnevezést jelen esetben helytelenítettem.

Egy fordításra váró műnél valóban először a szerkesztőt jelöljék ki és tőle függjön, hogy a könyv fordítását ki kapja meg. A fordítónak, lektornak és szerkesztőnek szorosan együtt kell dolgoznia és az esetleges felmerülő problémákat együttesen megbeszélni.

Nem tartom feleslegesnek, hogy azon témakörök, melyek nálunk igen kedveltek, ezek monográfiászerűen jelenjenek meg. A Művelt Néppel ma megállapodtam, hogy a Fizikai Társulattal közösen egy szerkesztőbizottságot alakítanának. Én most mindjárt felvetném azt, hogy a Kiadó Tanács összetételére nézve mi az elgondolásom:

elméleti részről: Marx György,
kísérleti részről: Pócza Jenő, v. Faragó Péter,
műegyetemi részről: Boros János, v. Doktorits István
középkiskolás részről: Tarján Ferenc,
népszerű részről: Öveges és magam is vállalnék szerepet ebben a bizottságban.

Szigeti György megköszöni és lezárja a vitát, majd sor kerül a határozati javaslat megszövegezésére.

HATÁROZATOK

1. Minél hamarabb meg kell jelentetni egy-egy korszerű alapvető összefoglaló munkát a kísérleti és elméleti fizika területén.

2. A tankönyveken és összefoglaló munkákon kívül szükség van speciális tárgyköröket felölölő monográfiákra, melyeket lehetőség szerint hazai szerzőknek kellene megírniok, hogy mindenben alkalmazkodni tudjanak a speciális hazai előképzettséghez és követelményekhez. Ezen monográfiáknak az lenne a céljuk, hogy fiatalabb kutatóinkat egy-egy speciálisabb témakörön belül hazai tanulmányaik elvégzése után képessé tegyék a napi tudományos folyóirat-irodalom tanulmányozására.

3. Egyetemi és kutatóintézeti szemináriumok, speciális kollégiumok, kandidátusi és doktori disszertációk, valamint egyes kutatóintézetek jelentései jelenjenek meg sokszorosított formában. Mivel ezek kiadását az egyes intézetek saját hatáskörükön belül nem tudják megoldani, ezért ezt egy központi szervnek, lehetőleg a Magyar Tudományos Akadémiának kell szerveznie. A kiadványokra előzetes jelentkezés útján lehet előfizetni.

4. Véget kell vetni annak a helyzetnek, hogy középiskolai vonalon újból és újból új tankönyveket adnak ki. Ezt a kérdést részleteiben a Társulat középkiskolai bizottsága vizsgálja meg.

5. A Társulat jelöljön ki bizottságot, mely a Művelt Nép Kiadónak és a Műszaki Könyvkiadónak segítséget nyújt fizikai könyvkiadási tervük összeállításában.

6. A kiadásra kerülő munkáknál előbb a szerkesztőt jelöljék ki és az ő meghallgatása után adjanak megbízást a fordítónak, illetve lektornak.

7. A fordító a terminológiával kapcsolatban előre állapodjon meg a szerkesztővel és lektorral.

8. A Társulat jelöljön ki bizottságot, mely részt vesz a Szabványügyi Hivatal terminológiával foglalkozó bizottságának munkájában.

Faragó Péter—Pócsa Jenő;

Eletronfizika

(Akadémiai Kiadó, Budapest, 1954)

A szerzők könyvükben szabad elektronok tulajdonságainak vizsgálatával foglalkoznak. Ezen ún. elektronfizikának különösen azokra a fejezeteire fektetnek tárgyalásaikban súlyt, melyek a gyakorlat szempontjából lényegesek.

Az I. fejezetben — mely egyszersmind a könyv bevezetésül is szolgál — általános képet adnak az elemi részek alaptulajdonságairól, majd vázlatosan az elemi részek viselkedésének elméleti tárgyalásmódját ismertetik.

A II. fejezetben a »Bevezetés«-ben mondottakat a statisztikus tárgyalásmód ismertetésével kiegészítve, kitérnek a szilárdtestek szerkezetének vázolására és utalnak e kérdéskomplexum elméleti tárgyalásának lehetőségére is.

A fenti, elsősorban összefoglaló jellegű elméleti előkészítés után kerül sor néhány — a következők szempontjából lényeges — effektusnak (kontaktpotenciál, zaj, elektronemisszió) ismertetésére. Ezek közül viszonylag részletesebben foglalkoznak a különböző célra kifejlesztett termikus- és fotokatódok emissziós tulajdonságaival és azok részben még tisztázatlan mechanizmusának vizsgálatára alkalmas mérési módszereket közölnek. A fejezet a fentiekben tárgyalt kérdések gyakorlati alkalmazásának példaként az elektronsokszorozó ismertetésével zárul.

A III. fejezetben az elektronoknak statikus elektromos, mágneses és a kettő szuperpozíciójából adódó terekben való mozgásának kérdésével foglalkoznak. A gyakorlati alkalmazás példájául a normál katód-sugárcső és a különböző képfelvető csövek szolgálnak.

A IV. fejezet a geometriai elektronoptika tárgyalásával foglalkozik. A tervezési és kísérleti munka szempontjainak megfelelően először elektromos és mágneses erők elméleti és kísérleti meghatározásának módszereit foglalják össze a szerzők. Ezek után a statikus erőkben mozgó töltéshordozók pályájának meghatározására térnek ki több közelítő módszert említve meg. Ezen előkészítés alapján az elektromos, illetve mágneses lencsék és azok leképezési hibáinak ismertetésére kerül sor.

A IV. fejezetben tárgyalt elektronoptika néhány tipikus alkalmazási példája az V. fejezetben található. Ebben az elektronágú problémakörnek meglehetősen részletes összefoglalása után egyrészt az elektronmikroszkóp általános és speciális kivitelének ismertetésére térnek ki, másrészt a tömegspektroszkópok kérdésével foglalkoznak.

A VI. fejezetben a nagyfrekvenciás erőkben mozgó töltéshordozók problémájának tárgyalására kerül sor. A fejezet keretében foglalkoznak a nagyfrekvenciás oszcillográfia kérdésével, majd a mikrohullámú technika speciális csöveinek (megnetron, klisztron, haladóhullámú cső), végül pedig az elemi részek mesterséges gyorsítására szolgáló berendezéseknek (lineáris gyorsító, ciklotron, szinkrotron, betatron) ismertetésére térnek át.

A VII. fejezet a gázokban történő elektromos vezetés kérdéseivel foglalkozik. Először a Child-törvényt és annak általánosítását ismertetik, majd a gázkisülések elméleti és gyakorlati problémáinak összefoglalását adják. A fejezetben kitérnek a gáztöltésű részecske-számláló tulajdonságainak tárgyalására is.

A könyvet egy a potenciálozslások meghatározási módszereinek ismertetésével foglalkozó függelék zárja.

A könyvben igen szerencsés módon jut kifejezésre a szerzőknek a tárgyalt problémakörben végő személyes kísérleti tapasztalata. Ez részben az elméleti vizsgálatok illusztrálására közölt gyakorlati alkalmazások ismerte-

tésében, részben pedig az anyag tárgyalása kapcsán közölt technikai és kísérleti vonatkozású problémákra történő utalásokban nyilvánul meg. Az egyes problémakörökkel kapcsolatos alkalmazások ismertetésével kettős célt érnek el a szerzők, egyrészt az elméleti tárgyalás áttekinthetőbbé, életszerűbbé válik az elméleti kérdések illusztrálására közölt alkalmazások folytán, másrészt ez utóbbi illusztrációk az alkalmazott elektronfizika eredményeiként létrejött speciális csövek és berendezések irodalmilag is korszerű összeállítását adják. Igen örvendetes, hogy a szerzők súlyt fektetnek azoknak a módszereknek részletes ismertetésére, melyeknek segítségével az elméleti számítások eredménye a gyakorlatba átvihető, illetve ellenőrizhető. Ilyen módon rámutatunk arra, hogy az elméleti módszerekkel a kísérleti és technikai fizikában még elterjedt empirikus, próbálgatási eljárások a gyakorlatban helyettesíthetők. Gondolunk itt arra a számos módszerre, amelyek a potenciálozslások stb. meghatározásával kapcsolatban ismertetnek.

A fentiek alapján a könyv megjelenését örömmel fogadjuk, mert megítélésünk szerint a kutató fizikusnak és a tervezőmérnöknek egyaránt hasznos segítségé lesz.

N. Zs.

Horváth Árpád:

A varázsinga

(Ifjúsági Könyvkiadó, 108 oldal, 8.— Ft.)

Az 1954. évi Könyvnapon szép kis könyvvel lepté meg az Ifjúsági Könyvkiadó a fizika iránt érdeklődő fiatalokat és öregeket. Eötvös Loránd életútját és életművét ismerteti könnyű, regényes, nevelő formában Horváth Árpád könyve, »A varázsinga«. Dr. Horváth Árpád neve nem ismeretlen a magyar fizikusok előtt. Ő írta meg Jedlik Ányos életrajzát »A dinamó regénye« címen. Miként a Jedlik-könyv, ez is megtörtént, de regényesen kiszínezett mozzanatokból épül fel. A könyvben szereplő epizódok valóság-magvát Eötvös Loránd levelei, Eötvös leányának, Rolandának személyes közlései szolgáltatják. A szerző szerepe nem egyes jelenetek kitalálásában, inkább azok felkutatásában és sorba rendezésében áll. Az alig száz oldalas könyvecske élénk, fordulatos módon ilyen epizódokból építi fel a legnagyobb magyar fizikus életét a középiskolától az 1919-beli temetéséig.

Különösen szépen írja le Eötvös egyetemi éveit, pár sorban is jól jellemzi a magyar fizika Eötvös előtti, egyes kiemelkedő egyéniségeket (Jedlik, Petzval) laboratóriumába beszoruló állapotát, ezt összehasonlítja a német egyetemeken élénk tudományos életével. Innen kiindulva szerzett Eötvös a magyar tudománynak világhírnevet. A szerző röviden, népszerűen (de mégsem pongyolán) ismerteti az Eötvös által elért eredményeket is. A felfedezésekkel kapcsolatban olyan érdekes történeti részleteket mond el, melyek a középiskolás és egyetemi oktatás élénkítésére, nevelő erejének fokozására is felhasználhatók. Gondolunk itt elsősorban az Eötvös-törvény és Eötvös-effektus felfedezésére. Komoly hiánynak kell tekintenünk azonban, hogy a magyar fizika legnagyobb alkotásáról, a súlyos és tehetetlen tömeg nyole jegy pontosságig menő azonosságának kimutatásáról nem esik szó. Pedig ez az eredmény az, melynek alapján Einstein híres, a könyv által is idézett szavait mondotta, ez volt az az eredmény mely mély hatással volt a modern fizika gondolatvilágának kialakulására. El kell ismernünk, hogy a tehetetlenség fogalma nem könnyen magyarázható meg egész fiatal olvasóknak, de azt hiszem, a többihez hasonlóan ennek az eredménynek az ismertetése sem jelentett volna megoldhatatlan nehézséget Horváth Árpád számára. Még csak egy megjegyzést: A könyvet még élénkebbé tették volna Eötvös akadémiai beszédeiből, műveiből, leveleiből vett pontos idézetek. A nagy tudós a fizikának egyik kiváló tollú

népszerűsítője is volt. Ezt felhasználhatta volna a könyv arra, hogy Eötvössel magával magyaráztassa meg az egyes felfedezéseket.

A könyv nem pótol egy alapos, részletes, kritikai Eötvös-életrajzot, de ez nem is volt célja. A »Varázsingát« a kiadó úttörőnek szánja. Én azonban azt hiszem, szól az az egész ifjúságnak, így az érettségiző, pályaválasztó diákoknak is. Különös haszonnal forgathatják azok, akik a fizikát tanítva nevelik az ifjúságot, az általános iskolától kezdve az egyetemig, hiszen a könyvecske legfőbb érdeme nevelő jellege. Végül minden ember, akár fizikus kutató, akár fizika iránt érdeklődő, kedves olvasmányt talál a »Varázsingában«. Kívánatos volna, ha a szerző Jedlik-életrajzát is újra kiadnák ilyen rövidre átdolgozott olcsó népszerű formában az ifjúság és a mai érdeklődők számára. Reméljük, hogy a 7000 példányban kiadott könyv sok új barátot szerez a fizikának, sok tehetséges fiatalban ébreszti fel a tudományos kutatómunka iránti érdeklődést.

M. Gy.

J. C. Slater:

»Mikrohullámú elektronika«
(Akadémiai Kiadó, 1954)

Az elméleti fizikai irodalomban valamelyes tájékozottsággal rendelkező olvasó fokozott érdeklődéssel veszi kézbe Slater könyvét, hiszen szerzője a modern elméleti fizikának úgyszólván minden gyakorlati vonatkozású ágában marandandót alkotott. S, hogy rendkívüli kiterjedésű tudományos munkássága mellett nagy súlyt helyez a pedagógiai tevékenységre is, azt számos, közmegebecsülésnek örvendő monográfiája és tankönyve bizonyítja. Azonnal megállapíthatjuk, hogy a »Mikrohullámú elektronika« előkelő helyet foglal el Slater művei között.

A könyv kitűnő didaktikai érzékkel van megírva. A téma részleteiben járatos olvasó is állandó érdeklődéssel tanulmányozhatja a szöveget, mely sohasem unalmas vagy bőbeszédű. Ellenkezőleg, több helyt szükséges, de az ambiciózus olvasót ez csak arra ösztönzi, hogy a nem minden részletében leközölt gondolatmenet hézagait önálló munkával egészítse ki. Ez kiválóan segíti a problémák megoldása módjainak alapos megismerését. A könyv egyébként csak annyi előismeretet tételez fel, amennyivel egy, az egyetemi elméleti és kísérleti elektrodinamika előadásokat lelkiismeretesen megtanuló hallgató feltétlenül rendelkezik.

Slater könyvének beosztása nagyjából a következő: Az első négy fejezet tárgyalja a hullámvezetők és üregrezonátorok, a mikrohullámú gyakorlat szempontjainak megfelelően felépített elméletét. A következő tíz fejezetben a gyakorlati alkalmazások részletes ismertetése kerül sorra. Többek között a klisztron, a magnetron, a lineáris gyorsító, ciklotron és szinkrotron elmélete is. Látható innen, hogy Slater könyve viszonylag kis terjedelméhez képest óriási anyagot ölel fel.

Az Akadémia könyvbizottságát illeti az elismerés, hogy elhatározták a »Mikrohullámú elektronika« kiadását, a Központi Fizikai Kutató Intézet Elektromágneses hullámok osztályának kutatóit és Faragó Péter szerkesztőt pedig a magyar kiadás lelkiismeretes fordításáért és gondozásáért. Biztosak lehetünk abban, hogy Slater könyvének magyar kiadása hozzá fog járulni nagy ütemben fejlődő kísérleti fizikánk e fontos ágának továbbhaladásához.

Sz. G.

B. Ljapunov:

Harc a sebességért
(Művelt Nép Kiadó 1954.)

Korunk technikájának egyik jellemző vonása a nagy sebesség, a sebesség fokozásáért folytatott küzdelem. Ljapunov könyve e küzdelem sok érdekes részletét

világítja meg. Bevezetésében a Szovjetunió energiatermelése, gépgyártása köréből mutat be gyors fejlődést feltűntető példákat. Ezután a korszerű technika számára nélkülözhetetlen fémek és ötvözetek előállítását, megmunkálását veszi sorra. Érdekes adatokat olvashatunk a sűrűlódás leküzdéséről, a nagy fordulatszámmal járó gépekről. A könyv igen részletes fejezete a hangsebességű repüléssel, rakétaközlekedéssel és az űrhajózás lehetőségeivel foglalkozik. Az elektronikus műszerek közül többek között a rádió, a radar, az elektronmikroszkóp, atomfizikai gyorsítók szerepelnek. Végül az automatikus jelző- és biztosító berendezésekről olvashatunk sok érdekeset. A könyv népszerűsítő jellegű és főként az ifjúság fantáziáját mozgatja meg helyes irányban, de szakmabeli és tanítással foglalkozó felnőttek igen sok érdekeset, hasznosat meríthetnek belőle.

V. M.

A MAGYAR FIZIKAI FOLYÓIRAT II. KÖTET 4., 5., 6. SZÁMÁNAK ISMERTETÉSE

A Magyar Fizikai Folyóirat II. kötetének 4. száma az alábbi dolgozatokat tartalmazza:

Első helyen *Csada Imre, Dezső Lóránt és Herczeg Tibor* az 1954. június 30-i teljes napfogyatkozásról szóló beszámolója szerepel. A teljes napfogyatkozás általában 1—2 percig észlelhető a Föld egy keskeny sávján. Az idei teljes napfogyatkozás a Szovjetunió több helyén volt megfigyelhető. A Szovjetunió Tudományos Akadémiájának meghívására magyar csillagász-küldöttség utazott a Szovjetunióba, akik a fogyatkozás ideje alatt megfigyeléseket végeztek. Beszámolójukban ezeket ismertetik röviden.

A következő dolgozatot *Györgyi Géza* írta, a dielektrikumbeli elektromágneses tér energia-impulzus-tenzoráról. A mozgó testek elektrodinamikájában az erőtér dinamikai sajátosságait magában foglaló energia-impulzus tenzorra két kifejezés ismeretes az irodalomban. Az egyik Minkowskitól, a másik Abrahamtól származik. Az utóbbi szimmetrikus, az előbbi nem. Ez azt eredményezi, hogy az energia tehetetlensége-elvének csak az Abraham-féle tenzor tesz eleget, ugyanis ez csak szimmetrikus tenzornál teljesül. Az irodalomban még ma is (csaknem 50 éven át) vita folyik a két tenzor érvényességéről. Györgyi Géza dolgozatában a vita során felmerült főbb gondolatok ismertetése után néhány speciális kérdést vizsgál meg a két tenzor szempontjából: a ponderomotoros erőssűrűség, kristályos testekre ható forgatónyomaték, tömegközéppont mozgásával kapcsolatos problémákat. Ezekre a kérdésekre a legtermészetesebb magyarázatot — mint a dolgozat mutatja — az Abraham-féle felfogás adja.

Gombás Pál: »A statisztikus módszerrel számított kinetikus energia Weizsäcker-féle inhomogénitási korrekciójáról« című dolgozata eredetileg német nyelven az Acta Phys. Hung. 3, 105, 1953. számában jelent meg. Mivel korábban az Acta ismertetése során beszámoltunk a dolgozat tartalmáról, itt a Fizikai Szemle III. 5. számára hivatkozunk.

A folyóirat következő részében az I. Magyar Fizikus-Kongresszuson elhangzott alábbi előadások és a hozzájuk tartozó hozzászólások találhatók:

V. Petržilka: A μ -mezonok élettartamának méréséről.

V. Petržilka: A kozmikus sugárzás csillagképző komponensei átmeneti effektusának méréséről.

V. Votruba: Az elemi részek izotop spintjéről.

Szamosi Géza: Tasztító erők az atommagban.

Az előadásokat a Kongresszusról közölt beszámolóban ismertettük.

A »Folyó irodalomból« c. rovatban *Náray Zsolt*: »Részecskeszámlálás elektronsokszorozóval« c. összefoglaló dolgozatának első részét találjuk. A dolgozatban részletesen ismerteti az elektronsokszorozók felépítésére,

vonatkozó irodalmat. Foglalkozik az elektronsokszorozóban fellépő zavaró, ú. n. zajimpulzusok eredetével és kiküszöbölésének módjaival. A dolgozat végén atovábbi elmélyülést megkönnyítő bőséges irodalom-jegyzék található.

A »Klasszikus irodalomból« című rovatban *Max Planck* »A normálspektrum energiaeloszlási törvényéről« című dolgozatának fordítása szerepel. Ez Plancknak az a dolgozata, amelyben a híres, róla elnevezett sugárzási törvényt vezeti le.

N. K., K. L.

Az 5. szám tartalma:

Az első dolgozatot *Bardócz Árpád* és *Vorsatz Bruno* írta »Termikus tisztítóberendezés szinképtiszta szenek előállítására« címmel. Spektroszkópiai munkáknál igen gyakran van szükség nagyon tiszta szenekre, amelyeket pl. ellenelektrodaként alkalmaznak különböző szilárd anyagok spektrumának gerjesztésénél. Fontos, hogy az alkalmazott szén maga ne adjon sok zavaró vonalat a szinképben, vagyis, hogy szinképtiszta legyen. A szerzők módszere abban áll, hogy a tisztátalan szenet a rajta átfolyó elektromos áram segítségével magas hőmérsékletre hevítik, miközben a szénből elgőzölögnek az idegen anyagok. Részletes ismertetést találunk a dolgozatban a berendezés felépítése közben fellépő technikai problémákról és azok megoldásáról. A berendezés alkalmazhatóságára jellemző, hogy két éve üzemben van és ezalatt ezernél több szénrudat tisztítottak meg segítségével.

A következőkben a Magyar Fizikai Folyóirat az I. Magyar Fizikus Kongresszus ötödik napján elhangzott előadások anyagát közli. Ezeket annak idején részletesen ismertettük a Fizikai Szemle olvasótáborával, ezért ezen a helyen ettől eltekintünk, de a teljesség kedvéért az előadások címét közöljük.

Gyulai Zoltán: Adalékok a kristálynövekedés mechanizmusához.

Trlifaj, M. (Prága): Sugárzás nélküli átmenetek az F-centrumokban.

Kaisev, R. (Szófia): Adalékok a kristálygócképződéshez és kristálynövekedéshez.

Tarján Imre: Újabb vizsgálatok röntgen-sugárral színezett NaCl kristályokon.

Pál Lénárd: Ferromágneses anyagok energiaanizotropiájának kvantumelméletéről.

»A Folyó Irodalomból« című rovatban *Náray Zsolt*: »Elemi részek számlálása elektronsokszorozóval« c. összefoglaló dolgozatának második részét olvashatjuk. A dolgozat a számlálóberendezések felépítésével, gyakorlati kivitelezésével, alkalmazási területével foglalkozik. A szerző igen nagy részt szentel a modern szcintillációs számlálóknak sajátosságainak tárgyalására. Ismerteti a számlálókhöz szükséges szcintilláló anyagok, erősítők, diszkriminátorok, impulzusalásztó-berendezések megválasztásánál, megtervezésénél felmerülő szempontokat.

»A Klasszikus Irodalomból« c. rovatban *Albert Einstein* híres cikke szerepel, amelyben azokat a megfontolásokat ismerteti, melyek szerint a fény energiája nem folytonosan oszlik el a térben, hanem diszkontinuuosan. Ismeretes, hogy Planck 1900-ban a fekete sugárzás értelmezéséhez feltételezte, hogy a hőmérsékleti sugárzás emissziója és abszorpciója nem folytonosan történik, hanem $h\nu$ energiaadagokban. Planck akkor úgy gondolta, hogy ez csupán a fekete sugárzás tulajdonsága. Einstein ismerte fel, hogy ez a kvantáltság nemcsak a fekete sugárzásra igaz, hanem az összes elektromágneses sugárzásra. Ezáltal sikerült Einsteinnek a Lénárd által felismert fotoelektromos jelenség magyarázatát megadni. (Megemlítjük, hogy Einstein ezért a munkájáért kapta meg a fizikai Nobel-díjat.)

N. K., K. L.

A Magyar Fizikai Folyóirat II. kötetének 6. számában a következő dolgozatokat találjuk:

Gémesi József és Pócza Jenő: *Kristályfűrés.* Egyre szélesebb körökben alkalmazzák a különböző természetes és mesterséges kristályokat. A felhasználásnál ezekből meghatározott méretű és irányú metszetek szükségesek. Nagy jelentősége van tehát annak, hogy a szerzők piezoelektromos tartarát kristályok vágására az eddig ismeretes berendezéseknél egyszerűbb és jobb eszközt szerkesztettek. Az asztalkára szerelt kristályt oldószerrel nedvesített mozgó fonal »fűrészeli«. A berendezés más, nem hasítható kristályok, pl. antracénkristály vágására is kitűnően alkalmazható.

Tarján Imre és Turchányi György: *Alkalihalogénid kristályfoszforok előállítása szcintillációs számlálók céljaira.* A dolgozat talliummal aktivált NaJ és KJ kristályok növesztése közben kidolgozott új eljárásokat és tapasztalatokat ismerteti. Ezen túlmenően a kristályok világítóképeségére vonatkozó megfigyeléseket és megjegyzéseket tartalmaz. Kvalitatív eredményeket közölnek pl. arra vonatkozólag, hogy hogyan befolyásolja a lumineszcencia-képességét, a zárványképződést, felhősődést a növesztés sebessége. Tárgyalják a téglésülylyesztéssel és Kyropoulos módszerrel növesztett kristályok lumineszkálását is.

Ádám András, Jánossy Lajos és Varga Péter: *Koherens fénnyalábokban haladó fotonok koincidenciái.* Az elvégzett kísérlet célja az volt, hogy megtudjuk: »vajjon kohens sugárnyalábokban haladó fotonok függetlenek-e.« A probléma megoldásához a szerzők nagyon gondosan felépített kísérleti berendezést készítettek. A mérési eredmények kiértékelésére szellemes, a berendezés stabilitásától független módszert dolgoztak ki. A problémakörben alapvető kísérletük eredményeképpen megállapították, hogy »szisztematikus koincidenciák nincsenek, illetve a fotonoknak legfeljebb 0,6%-a adhatott szisztematikus koincidenciát.

A dolgozathoz *Faragó Péter* fűz megjegyzéseket. Ezekben Bay és munkatársai által állítólag elért — a fenti dolgozattal ellentétes — eredményekről szóló téves nézeteket cáfolja meg.

A Magyar Fizikai Folyóirat ezután az I. Magyar Fizikus Kongresszuson elhangzott két előadást ismertet. Az egyik *Szigeti György*: *Összefüggés néhány lumineszkáló anyag optikai és elektromos sajátosságai között,* a másik *V. L. Ljovsin*: *Az anyagban végbemenő energiaátalakulás és átvitel fotolumineszcencia esetében* c. előadása. Ezeket lapunk más helyén már ismertettük.

»A folyó irodalomból« rovatban *A kvantummechanika klasszikus értelmezéséről* címmel *Takehiko Takabayasinak* a Progress on Theoretical Physics 8. és 9. kötetében megjelent két dolgozatát találjuk. A két dolgozatot igen nagy terjedelmére való tekintettel csak kivonatossan, egy cikk formájában közli a Magyar Fizikai Folyóirat. A fordítás és lerövidítés Marx György kandidátus munkája. Takehiko Takabayasi a kvantumelmélet és a klasszikus fizika kapcsolatával foglalkozik. (Ilyen irányú vizsgálatokkal az utóbbi időben számos kutató, köztük magyarok is, foglalkoztak.) A szerző a klasszikus statisztikus modell és a hidrodinamikai modell alkalmazási lehetőségeit és azok határait is megmutatja. Kitér a középértékképzés, a tiszta és kevert sokaság kérdésével kapcsolatos problémákra is. Vizsgálatai sok hasonlóságot mutatnak Novobátzky Károlynak A kvantumelmélet statisztikus sokasága című dolgozatával.

»A klasszikus irodalomból« rovatban *Schrödingernek*, *A kvantálás, mint sajátértékprobléma* című dolgozata szerepel. A dolgozat eredetileg német nyelven az Annalen der Physik 79. (361, 1926.) kötetében jelent meg. Ismeretes, hogy a Bohr-elmélet a klasszikus mechanika által megengedett elektronpályák közül a stacionárius pályákat az ún. kvantumfeltétel posztulálásával választja ki. Ez a kvantumfeltétel hozza be az elméletbe az egész számokat. Schrödinger dolgozatában azt tűzi ki célul, hogy a szokásos kvantumfeltétel helyett valami olyan

követelményt vezessünk be, melyben egész számok nem szerepelnek. A régi kvantumelmélet kvantumfeltételét variációs problémával helyettesíti. Az egész számok a konkrét feladatok tárgyalása során így természetesebb módon jelennek meg az eredményekben. Ebben az első közleményben az eljárást a hidrogén atomra alkalmazva ismerteti a szerző. A Hamilton—Jacobi egyenletből kiindulva, variációs eljárással jut el a hidrogén atom »Schrödinger-egyenletéhez«. Az egyenlet megoldását pozitív és negatív energia-sajátértékekre külön megvizsgálja. Negatív energiákra természetesen a jólismert energianívók adódnak. Végül a sajátértékegyenlet megoldásaként adódó Ψ -függvény viselkedését illetően tesz néhány megjegyzést.

N. K., K. L.

AZ ACTA PHYSICA ÚJ SZÁMAI

Az Acta Physica IV. kötetének 1. számában *Gyulai Zoltán* megemlékezik a közelmúltban elhunyt kiváló magyar fizikusról, Selényi Párról.

Az első dolgozatot *Faragó Péter* és *Groma Géza* írták »Reflex oszcillátorok« címmel. A dolgozatban összehasonlítják a reflex klisztron és a Barkhausen—Kurz oszcillátor működési mechanizmusát. A két oszcillátortípus között a különbség az, hogy a reflex klisztronban az elektronokat gyorsító és fékező egyenfeszültség által keltett tér külön van választva a nagyfrekvenciás tértől, a Barkhausen—Kurz-oszcillátornál pedig nagy gyorsító vagy fékező tér van szuperponálva a nagyfrekvenciás térre. Ebből az alapvető különbségből elméleti megfontolások alapján következik, hogy a két oszcillátornál különböző az elektronok optimális futási szöge, a reflex klisztron hatásfoka sokkal nagyobb, mint a Barkhausen—Kurz-oszcillátor hatásfoka, és a Barkhausen—Kurz-oszcillátor sokkal szélesebb mértékben hangolható, mint a reflex klisztron.

Faragó Péter és *Marx György*: »Kvantumos jelenségek szabad elektronok és elektromágneses tér kölcsönhatása esetén« c. dolgozatuk már előzőleg magyar nyelven megjelent a Magyar Fizikai Folyóiratban (II. kötet, 1—2. szám). (Ismeretetés: Fizikai Szemle: IV. 3; számban.)

Neugebauer Tibor »Fényszórás és Hubble-effektus« című dolgozatában azzal a kérdéssel foglalkozik, hogy az extragalaktikus ködök spektrumvonalainak a vörös felé való eltolódását lehet-e fényszóródási effektusként magyarázni. A jelenség ilyen magyarázatához fel kell tételezni, hogy a fénykvantum pályája során sokszor szóródik és mindig kis szöggel térül el. Ezek a kis eltérések kiközepelednek. A szerző megmutatja, hogy valóban fellép egy ilyen effektus az intergalaktikus térben. Ha elektronokat tételezünk fel szóró részecskének, akkor a nagyságrendi becslések szerint az effektus igen kicsi s így az említett jelenséget nem képes magyarázni. Elektronnál nehezebb részecskékre még inkább érvényes ez a megállapítás. Várható azonban, hogy a jelenség fénynek neutrínóval való szórásával magyarázhatóvá válik. Minthogy a neutrínóra jellemző fizikai állandók nem ismeretesek pontosan, a számításnál csak hipotézisekkel élhetünk. A dolgozat végén a fénynek fényen való szórásából adódó effektust vizsgálja meg a szerző

Györgyi Géza dolgozata az Eötvös—Selényi-féle lengő mérleggel kapcsolatos zavaró effektusok matematikai leírásával foglalkozik.

A Föld forgása következtében a Földhöz rögzített koordinátarendszerben mozgó testekre ható Coriolis-féle erő kísérleti kimutatására alkalmas az Eötvös-féle forgó mérleg. Selényi Pál ezt a mérleget egy kicsit módosította, miáltal az említett effektus kimutatására megbízhatóbb eszközzé tette. A berendezés lényege a következő: függőleges torziósálon vízszintes tengelyű mérleg függ. A mérlegkarok tehát torziós lengéseket végezhetnek a vízszintes síkban, és ettől függetlenül a mérleg tengelye körül is lenghetnek a függőleges síkban.

A mérésnél káros zavaró jelenségek lépnek fel. A szerző matematikai úton vizsgálja ezeket és megadja annak a feltételét, hogy a zavaró effektus a mérendő mellett mikor hanyagolható el.

A következő dolgozatot *S. N. Biswas* calcuttai fizikus írta. Dolgozatában a sugárzáselméletben fellépő Heitler-féle integrálegyenletek megoldásával foglalkozik.

Szigeti György, *Bauer Tamás* és *Weiszburg János*: »Mikrofotometrikus mérések elektrolumineszcens szilíciumkarbid kristályokon« c. dolgozatukban egy új típusú kísérleti berendezést írnak le, amelynek segítségével mikroszkóp alatt lehet mérni a külső tér hatására lumineszkáló egykristályok fényintenzitását és spektrumát. A vizsgálandó kristály hőmérsékletét is lehet változtatni. A berendezés segítségével kb. $\pm 15\%$ -os pontossággal lehet méréseket végezni.

A következő dolgozatban, amelynek címe »Szilíciumkarbid kristályok egyenáram által gerjesztett elektrolumineszcenciája« *Szigeti György* kiértékeli az előbbi berendezés segítségével végzett méréseket. Megállapítja, hogy a fényjelenséget a zárórétegben felgyorsuló töltéshordozók hozzák létre. Lumineszcencia centrumként a kristályban jelenlévő felesleges szénatomok szolgálnak. A szerzőnek a kísérleti adatokra támaszkodva sikerült a szilíciumkarbid kristály elektrolumineszcenciájának termsémáját is felállítani.

A »Rövid Közlemények« rovatban *Gergely György* közleményét találjuk, amelynek címe »Sávszélesség problémák relaxációs processzusok vizsgálatánál«. A szerző egy előbbi dolgozatában kimutatta, hogy lumineszkáló anyagok gerjesztési idejét és utánvilágítását úgy lehet mérni, hogy a fotóelektronsokszorozó segítségével elektromos jellel átalakított fényjelet ismert elektromos jelek segítségével kikompensálják. A kikompenzálás bekövetkezését az jelzi, hogy a vizsgált és ismert jel hatására az oszcillográfon nem mutatkozik jel. Az ilyen jellegű méréseknl alapvető probléma a kompenzáló berendezésnek és az oszcillográf erősítőjének a frekvencia és a fázistorzitása. A szerző elméleti megfontolások alapján kimutatja, hogy cinkszilikát foszfor esetében a torzitások okozta hiba kisebb, mint amekkora hibát az oszcillográf vonalának vastagsága jelent.

Az Acta Physica IV. kötetének 2. számában az első dolgozatot *Bardócz Árpád* írta, amelyben spektrálanalízishez szükséges fényforrásokkal foglalkozik. Részletes történeti tájékoztatás után egy általa kidolgozott elektronikusan vezérelt szikragerjesztőt ismertet. Az elektronikusan vezérelt szikragerjesztők kisebb teljesítményt igényelnek, mint a más típusú berendezések. A szerző által kidolgozott berendezésben csökkent a vezérlőberendezés bizonytalansága, az időegységre eső szikrák száma tetszésszerint változtatható. A berendezés nincs a hálózat periódus számához kötve.

Györgyi Géza: »A tömegközéppont mozgása és a dielektrikum belüli elektromágneses tér energiáimpulzus-tenzora« című dolgozatában az elektromágneses energia és az elektromágneses térrel kölcsönhatásban álló dielektrikum tömegközéppontjának mozgástörvényét vizsgálja. A tömegközéppont mozgástörvénye szoros kapcsolatban van az energiáimpulzus-tenzorral. Györgyi Géza eredményei azt a természetesebb felfogást erősítik meg, miszerint az elektromágneses tér energia-impulzus-tenzorának az Abraham-féle szimmetrikus tenzor tekintendő. (Hasonló tárgyú vizsgálatok ismertetése során rámutattunk arra, hogy az Abraham-féle tenzor a felmerült problémákat teljesen kielégítő módon magyarázza, ellentétben a Minkowski-félevel, mely ellen nemszimmetrikus voltánál fogva több kifogás emelhető).

Fényes Imre dolgozatában a W. K. B.-módszer divergencia problémájával foglalkozik. Megmutatja, hogy a módszer divergencia-tulajdonsága egy belső ellentmondásból fakad. Ez a belső ellentmondás matematikailag abban jut kifejezésre, hogy a módszernek alkalmazott sorfejtés nem létezik. Fényes javasol egy sorfejtést, mellyel a módszer divergenciamentessé tehető.

Berencz Ferenc dolgozatának címe: *Egy új módszer a hidrogén molekula energiájának kiszámítására*. A molekula disszociációs energiájának kiszámítására szokásos eljárás a variációs módszer. Ennél az eljárásnál a Hamilton-operátornak valamilyen »próba«-hullámfüggvényvel képezett átlagértékét minimalizáljuk. A variálható paraméterek a felvett hullámfüggvényben szerepelnek. Berencz egy új paraméter bevezetésével a hidrogén molekula disszociációs energiájára az eddiginél jobb értéket kapott. A kísérleti értéktől való eltérés 12%.

Az elméleti magfizikában gyümölcsözőnek bizonyult az a nem rég tett feltevés, hogy a nukleonok között igen kis távolságban egy erős taszító erő működik. Ilyen taszító erő fellépését számos elméleti dolgozat tanulmányozta a legújabb időkben. (Lásd Szamosi Géza dolgozatát a Magyar Fizikai Folyóiratban.) Szamosi Géza *Nukleonok kvantumstatistikájáról* című dolgozatában ennek a taszításnak figyelembevételével vizsgálja az atommagok gerjesztett állapotait. A taszítás azt eredményezi, hogy a nukleonok nem mehetnek egymáshoz egészen közel. Úgy gondolható, mintha valami véges »sajáttérfogattal« rendelkezne, ami eleve megakadályozza az egymáshoz igen közeljutást. Ennek tekintetbevételével a nukleonokra érvényes Fermi-statisztika szokásos kifejezései módosulnak. A gerjesztett állapotok ilyen alapon való számítása az eddiginél jobb egyezést mutat a tapasztalattal.

A következő dolgozatban Herbert W. Franke ismerteti a hullámmechanika hidrodinamikai modelljével kapcsolatos vizsgálatait. (Ilyen irányú vizsgálatok a Magyar Fizikai Folyóirat II. 6. számának ismertetése során is szóba kerültek.)

Jánossy Lajos és Kiss Dezső G-M csövek megszólalási valószínűségének méréséről számolnak be dolgozatukban. A mérés elve Jánossy és Rochestertől származik. Ezt a Fizikai Szemle már ismertette. Az elektronikus berendezés gondos megépítésével és az oldaldáporok ellen árnyékoló csövek szerepének közvetlen mérésével sikerült ezt a módszert pontosabbá tenniük. A kozmikus sugarak által keltett megszólalások valószínűsége a KFKI kozmikus sugárzások osztályán előállított G-M csöveknél méréseik szerint nagyobb, mint 99,00%.

A »Rövid közlemények« rovatban két dolgozat található. Az első Horváth János dolgozata. Energia-sajátértékek közelítő meghatározására gyakran használt eljárás a variációs módszer. A probléma sajátfüggvényeit, melyek egy további számítás kiindulópontját képezhetik, általában már nem adja meg jól. Előfordulhat, hogy a közelítő sajátfüggvények nem konvergálnak a helyes sajátfüggvényhez, noha a megfelelő sajátértékek elég jól konvergálnak a valódi sajátértékhez. Biedenharn és Blatt 1954-ben közöltek egy közelítő módszert a sajátfüggvények meghatározására. Horváth János ezzel kapcsolatos néhány megjegyzést közöl dolgozatában.

A másik rövid közleményt Gombás Pál írta. Ismertetes, hogy a Hartree-Fock-féle »self consistent field« módszer az elektronok korrelációs kölcsönhatását nem veszi figyelembe. Gombás Pál dolgozatában ezt a hiányt pótolja egy valenciaelektron esetén. A korrelációs potenciál figyelembevételével adódó korrekcióit alkáliatomok valenciaelektronjára megbecsüli és a helyes nagyságrendi egyezést találja.

N. K. és K. L.

A FIZIKAI TUDOMÁNY HALADASÁBÓL

JAVASLAT AZ ELEMI RÉSZECSEKÉK EGYSÉGES ELNEVEZÉSÉRE

Az alábbiakban közöljük egy, az elemi részecskék új egységes elnevezéséről szóló angol nyelvű cikk fordítását. A cikk eredeti címe: *Symbols for Fundamental Particles*; szerzői E. Amaldi, C. D. Anderson, P. M. S. Blackett, W. B. Fretter, L. Leprince-Ringuet, B. Teters, C. F. Powell, G. D. Rochester, B. Rossi, R. W. Thomson. A cikk először megjelent: *Nature*, 173, 123. old. (1954. I. 16.) A cikket az *Usszpehi Fizicseszkih Nauk oroszul, a Die Naturwissenschaften németül, a Nuovo Cimento olaszul* közölte.

Az elmúlt évben tanúi voltunk az elemi részecskékre vonatkozó ismeretek nagyarányú fejlődésének. E fejlődés egyik következményeként a tudományos irodalomban megjelent egy új szakmai tolvajnyelv és nagyszámú új jelölés. A jelölések közül néhány (mint pl. π , η , τ) a részecskék speciális fajtáját jelöli, míg mások (ρ , σ) csak a fenomenológiai viselkedés leírására használatosak. Különböző szerzők ugyanazt a részecskét különbözőképpen nevezték, illetve ugyanahhoz a jelöléshez különböző jelentést fűztek. Előfordult, hogy a jelölés értelme az idők folyamán megváltozott. Ez volt a helyzet pl. a görög κ betűvel, amelyet kezdetben olyan nehéz mezon leírására használtak, amely az emulzióban való elakadás után elbomlik és egyetlen ionizáló részt emittál. Később a görög κ betű helyét a latin K foglalta el mint a fenti jelenség szimbóluma, míg a κ sokkal határozottabb fizikai jelentésre tett szert: κ -val jelölték ugyanazt a nehéz mezont, amely egy töltött és két semleges részecskére bomlik. Néha azonban a K betűt olyan töltött részecske jelölésére is használták, amely nehezebb mint a π -mezon, könnyebb mint a proton és amelynek bomlási folyamata ismeretlen. Egy másik példa, hogy a kb. 1000 m_e tömegű semleges részecskéhez, amely két π -mezonra bomlik, felváltva, V^0 , V_2^0 , V_4^0 szimbólumot rendeltek hozzá; míg néhány szerző a V_2^0 jelölést olyan V^0 részecske jelölésére tartotta fenn, amely különbözik az ún. V_1^0 -tól.

Úgy érezzük, hogy a félreértések elkerülése érdekében eljött az ideje az elemi részecskék, illetve az elemi részecskék csoportjainak jelölésére használatos szimbólumok összeegyeztetésének. Javaslatunkat az alábbiakban foglaljuk össze:

Javasoljuk először is, hogy az elemi részecskéket osszák három csoportba tömegüknek megfelelően és jelöljék az egyes csoportokat egy-egy latin betűvel. Kísérletképpen javasoljuk a »hyperon« elnevezést azokra a részecskékre, amelyek tömege közbülső helyet foglal el a neutron és a deuteron tömegek között. Javasoljuk továbbá, hogy görög betűkkel különböztessék meg a részecske csoportok egyes tagjait. Megjegyezzük, hogy a múltban széles körben alkalmazták ezt az eljárást (gondoljunk pl. a γ , μ , π , τ szimbólumokra). Nem tartjuk célszerűnek azonban, hogy megváltoztassuk a protonra és neutronra már elfogadott p és n szimbólumokat.

Javasoljuk végül annak a már használatban levő fenomenológikus osztályzásnak a megtartását és pontosabbá tételét, amely a bomlási események jellegzetes kísérleti képén alapszik (V-részecskék, S-részecskék).

A) Elemi részecskék csoportjai

Könnyű mezonok (L-mezonok): π -mezonok, μ -mezonok, valamint egyéb könnyű mezonok, amelyeket esetleg később fognak felfedezni.

Nehéz mezonok (K-mezonok): az összes részecskék, amelyek nehezebbek a π -mezonoknál és könnyebbek a protonoknál.

Hyperonok (Y-részecskék): idetartozik minden olyan részecske, amelynek a tömege a neutron és a deuteron tömege közé esik. (Ezt a meghatározást esetleg lehet módosítani, ha a deuteronnál nehezebb elemi részt fedeznek fel).

B) »Keresztnevek«

A hyperonok jelölésére nagy, a mezonok jelölésére pedig kis görög betűket használunk.

1. Hyperonok

Λ^0 : A részecskét előzőleg V^0 -al jelölték. A következő bomlási folyamat jellemző rá: $\Lambda^0 \rightarrow p + \pi^-$. Ha előfordul az (amint arra bizonyos eredmények utalnak), hogy ehhez a bomlási sémához különböző Q értékű részecskék tartoznak, akkor ezek jelölésére különböző indexeket lehet majd használni.

Λ^+ : Ez a részecske a Λ^0 pozitív partnere; lehetséges bomlási sémái:

$$\Lambda^+ \rightarrow n + \pi^+$$

$$\Lambda^+ \rightarrow p + \pi^0.$$

Ezeknek a részecskéknek létezését napjainkban folyó kísérletek mutatják.

2. Nehéz mezonok

$\tau \rightarrow 3\pi$ (a bomlási séma eldöntöttnek tekinthető).

$\chi \rightarrow \mu + 2$ semleges részecske (nagyon valószínűnek tekinthető; a semleges részecskék természete azonban még nem ismeretes).

$x \rightarrow \pi + 1$ semleges részecske (valószínűnek tekinthető; a semleges részecske természete nem ismeretes).

θ^0 : a részecskét előzőleg v^0 , V_2^0 , V_4^0 -nak ismerték; a következő bomlási folyamat jellemző rá:

$$\theta^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^- \text{ vagy } \theta^0 \rightarrow \pi^+ + \mu^-.$$

Ha előadódik (mint arra bizonyos eredmények utalnak), hogy vannak olyan részecskék, amelyek a fenti séma szerint bomlanak, de különböző Q értéket szolgáltatnak, akkor ezeket indexszel különböztethetjük meg.

C) Fenomenológikus osztályok

V-esemény: az olyan esemény, amelyet egy K-mezon, illetve Y-részecske röptében való bomlásaként értelmezhetünk. Alosztályok: V^0 -esemény, — egy semleges részecske bomlása; V^\pm -esemény, — töltött részecske bomlása.

S-esemény: az olyan esemény, amelyet töltött K-részecske, illetve Y-részecske nyugalomban való bomlásaként értelmezhetünk.

K. D.

Nagyenergiájú proton-proton, neutron-proton és neutron-neutron szórás kísérletek. A Dokladi Akademii Nauk 1954. decemberi számában 7 dolgozat jelent meg, amely nagyenergiájú szórás kísérletekkel foglalkozik. A dolgozatok 460–660 MeV energiájú protonokkal és 300–380 MeV energiájú neutronokkal végzett kísérletek eredményeit tartalmazzák. Értékes, elméleti szempontból fontos eredmény az, hogy a proton-proton szórásban kb. 400 MeV-ig kísérletileg megállapított izotrópia a protonok energiáját tovább növelve megszűnik. A kisszögű szórások hatáskeresztmetszete 460–660 MeV között mintegy 60%-kal megnövekszik. A 90°-os szórások hatáskeresztmetszete 460 és 560 MeV között lassan csökken, majd 560 és 660 MeV között gyorsabban csökken. A 30°-os és 90°-os szórás hatáskeresztmetszetének hányadosa (amely a szórás izotróp voltától való eltérést jelzi) 460 MeV-nél 1,26, 660 MeV-nél 3,20.

A neutron-proton és neutron-neutron szórás kísérletekben a szórás differenciális és teljes hatáskeresztmetszetét mérték. A kísérletek eredménye nem mond ellent a magerők töltésfüggetlenségének.

Egy dolgozat az ún. buborék-kamrával végzett kísérleteket ismerteti. Üvegedényben túlhevített propán folyadék van elzárva. Ha ezen egy ionizáló részecske halad keresztül, akkor a pálya mentén a folyadék fel-forr, gőzbuborékok keletkeznek, amelyeket fényképezni lehet. Szép felvételek mutatják a 660 MeV energiájú protonok nyomait és a 600 MeV energiájú neutronok által keltett »csillagok« nyomait.

(Dokladi Akademii Nauk 99, 929, 1954.)

K. L.

Új eljárás impulzus üzemen dolgozó oszcillográfok feszültségforrásának előállítására. Ha oszcillográffal nagyon rövid jeleket (10^{-7} – 10^{-9} sec) akarunk vizsgálni, akkor az elektronnyaláb nagy írássebessége miatt az ernyőn megjelenő jel nem lesz jól látható. Ezért nagyfeszültséggel kell gyorsítani az elektronnyalábot. Sztekolnyikov és társai kidolgoztak egy eljárást, amelynek segítségével (1 – 2), 10^{-6} sec. időtartamú 30–40 kv feszültségű impulzusokkal gyorsítják az elektronnyalábot. Ily módon $3 \cdot 10^{-10}$ sec. időtartamú jeleket közvetlenül látni lehet az oszcillográf ernyőjén. (D. A. N. Sz. Sz. Sz. R. 98, 969, 1954.)

K. L.

Van de Graaff-generátorok stabilizálása. Pontos magfizikai munkához a Van de Graaff-generátorok feszültségét stabilizálni kell. Ezt a feladatot általában úgy oldják meg, hogy a feszültségváltozás által keltett hibajellel a generátor terhelését vezérik, mivel a generátor feszültségét a terhelés szabja meg. Ilyen vezérelhető terhelés pl. egy második gyorsítócső, amelyben a gyorsítandó részecskével ellenkező előjelű részecskéket gyorsítanak, a részecskényaláb áramát pedig a hibajellel vezéreltik. Ennél egyszerűbb megoldást talált King és Devons. Terhelésként egy nagynyomású generátorban a tartály fala és a nagyfeszültségű elektróda közé röntgen-sugárzást bocsátottak. Ez a röntgen-sugárzás intenzitásától függő ionizációt, tehát változó terhelést jelent a tartályban levő generátor számára. A hibajellel a röntgensugárzás intenzitását vezérelve megoldható a generátor stabilizálása. (Rev. Sci. Instr. 25, 933, 1954.)

K. L.

Atommagok »elektromágneses« sugara. Az atommagok sugárát meghatározó kísérletek két főcsoportba esnek: nukleonok szóródásából, α -bomlásidőkből stb., a specifikus magerők hatásos távolságát állapíthatjuk meg, míg pl. a »tükörkép-magok« kötési energia különbségéből vagy újabban a befogott μ -mezonok gammasugárzásából (l. pl. a Fizikai Szemle 3, 165, 1953) a mag elektromos töltésseloszlására következtethetünk. Nyilvánvaló, hogy a két különféle módszer-csoport a dolog természeténél fogva más és más hatásos magugrat ad. Ezzel szembe azt várnánk, hogy egy csoportba tartozó módszerek azonos eredményekre vezessenek. Ezzel szemben az a helyzet, hogy míg a tükörkép-magok (ez alatt olyan izobárokat értünk, melyek egymásból β -bomlással keletkeznek, tehát: $[Z, N]$ és $[Z + 1, N - 1]$ típusú magpárok) kötési energiájának különbségéből számított magugár $1,45 \times 10^{-13}$ A $^{1/3}$ cm, addig a μ -mezonok sugárzó átmeneteiből $1,2 \times 10^{-13}$ A $^{1/3}$ cm adódott. Ez az eltérés is megmagyarázható, ha tekintetbe vesszük, hogy a magok töltésseloszlása a valóságban nem egyenletes, mint ahogy a kísérletek kiértékelésénél eddig feltételezték. A valóságban a mezonok sugárzásából csak a radiális töltésseloszlás négyzetes középértékét lehet megkapni és ebből, *homogén töltésseloszlást feltételezve* adódik az $R = (5/3)^{1/2} (r^2)^{1/2}$ fenti tapasztalati érték. Másrészt a tükörkép-magok esetében az eddigi számítással az energiakülönbségből csak akkor kapjuk a $\Delta E_c = 6/5 (Ze^2/R_c)$ összefüggés alapján helyesen a magugrat, ha ugyancsak homogén eloszlást tételeztünk fel. Amennyiben ez az előfeltétel nem áll fenn, nyilván különböző R_c és R értékeket kell kapnunk. *B. G. Jancovici* a magok héjmodelljét vette alapul és ennek segítségével határozta meg az R_c és R értékeket. A Coulomb-energia kiszámításánál a kicserélődési erőket is figyelembe vette. Az elég sok numerikus munkát igénylő számítások valóban sikerre vezettek, amennyiben a számított R_c/R hányados a tapasztalattól már csak 8%-kal tér el, szemben a homogén eloszláson alapuló eddigi számítással, hol az eltérés a 20%-ot is meghaladja. (Phys. Rev. 95, 389, 1954.) Itt említjük meg, hogy legutóbb *D. C. Peaslee* is kiszámította tükörkép-magok kötési energiájának különbségét. Számításában nem támaszkodott a héjszerkezetre, hanem a cseppmodellre vette alapul,

viszont tekintetbe vette a kicserélődési energiát. A kapott értékek igen jól egyeztek az újabb tapasztalati anyaggal. Ha egyetlen töltéseloszlást vett alapul, úgy ebből $R_c = 1,18 \cdot 10^{-13} A^{1/3}$ magugarat kapott, ami már kitűnően egyezik az R értékkel. Úgy látszik tehát, hogy a döntő nem is annyira a héjszerkezet és protoneloszlás, mint inkább a kicserélődési energia figyelembevétel. (Persze, egyes, éppen bezáruló héjakat tartalmazó magoknál a sugárban ugrást kell találnunk. Ezeket csak Jancovici modellje tudja visszaadni.) (Phys. Rev. 95, 717, 1954.)

R. P.

Új geometria mikrojelenségek leírásához Mint ismeretes, az elemi részecskék tulajdonságainak leírásával kapcsolatban a modern elméleti fizikában számos nehézség merült fel. Ezek kiküszöbölésére egyes kutatók azt javasolják, hogy a leírás háttérét képező geometriát kellene megváltoztatni. Több szovjet szerző pl. azon az állásponton van, hogy a gravitáció jelenségét is feltétlenül figyelembe kell venni elemi részecskék kölcsönhatásánál és így euklidesi geometria helyett általános Riemann-féle tér «kicsiben» euklidesi, Jan Weysenhoff lengyel fizikus egy dolgozatában egészen más véleménynek ad kifejezést. Szerinte éppen «kicsiben» kell a normálistól eltérő geometriai viszonyoknak uralkodni, és nagy távolságban az elemi részecskétől a geometria normálisá válik. Ez az átmenet a mikro- és makro-leírás közti átmenetet jelenti. A szerző kezdetül fogva a térelmélet álláspontjára helyezkedik. Az elemi részecskéket egy tér jellemzi, egyszerű esetben tehát egy gömbhullám. Az új geometria alapfogalma, eleme e szerint nem a pont, hanem a gömbhullám-felület lenne. A geometriát F. Klein erlangeni programjának megfelelően az elemek között értelmezett invariáns reláció jellemzi. Ilyennek a hullámfelületek érintkezése kínálkozik. A javasolt új geometria tehát azokat a transzformációkat vizsgálja, melynél érintkező hullámfelületek érintkezőkbe mennek át. Érdekes, hogy ilyen absztrakt geometriát a matematikusok már 1872. óta ismernek. Ez nem egyéb, mint a S. Lie által tárgyalt un. gömb-geometria, melynek elemei az (irányított) gömbök. Egy elemet négy adat (a gömb középpontjának koordinátái és a sugár) segítségével lehet az euklidesi háttérbe «beágyazni.» A szerző ismerteti ezt az újfajta geometriát és meghatározza az arra jellemző transzformációs-csoportot. Ez 15 paramétert tartalmaz. A természeti törvényeknek ezzel a csoporttal szemben invariánsnak kell lenniök. Ezen posztulátum konzekvens alkalmazásának következményeit a szerző két bejelentett későbbi dolgozatában számolja végig. Érdekes, hogy az elmélet felépítése során rögtön megjelenik egy hosszúság jellegű univerzális állandó, amely ily módon szervesen épül be a jelenségek leírásába. (Acta Phys. Pol. XI. 273, 1953.)

R. P.

μ -mezonok szóródása atommagokon. Mint ismeretes, a μ -mezonok a nukleonokkal csak igen gyenge közvetlen kölcsönhatásban vannak és ezért a μ -mezonoknak atommagokkal való kölcsönhatásánál elegendő az elektromágneses tér által okozott erőhatásokat figyelembe venni. Ennélfogva a magban levő protonok eloszlásának vizsgálatára a μ -mezonok jelentik az ideális próbárészecskéket. Az elmúlt esztendőben sok kísérleti és elméleti vizsgálatot végeztek a maghoz kötött μ -mezonok sugárzó pályáátmeneteivel kapcsolatban. (Ezekre nézve 1. pl. Marx György ismertetését a Fizikai Szemle IV. évf. 2. számának 63. oldalán.) Most Marschall ezeket a vizsgálatokat kiterjesztve elméletileg megvizsgálta a μ -mezonok rugalmas szóródását atommagokon, vagyis az addig tárgyalt stacionárius állapotok mellett figyelembe vette a nem stacionárius mag μ -mezon állapotokat is. A számításokat a nem relativisztikus Schrödinger egyenletre alapozva a szokásos Mott-féle parciális hullámok módszerével végezte. Az egyes parciális hullámokat a Wentzel—

Kramers—Brilluin közelítő módszerrel határozta meg Valamennyi számítást 25 és 50 MeV beeső energiával végezte egy ólom atommagra vonatkozólag. Ezekből a számításokból kiderül, hogy a szórási hatáskeresztmetszet csak a pozitív μ -mezonoknál érzékeny a beeső energiára, ezért csak ezek alkalmasak a mag töltéseloszlásának «kiszondázására». A továbbiakban két szélső esetet tárgyal a szerző, nevezetesen a homogén töltéseloszlású és csak a felületén töltött mag által pozitív μ -mezonokon okozott szórást. Arra az eredményre jut, hogy a kétfajta esetnek megfelelő differenciális hatáskeresztmetszetgörbék csak alacsony (25 MeV) energiánál különböznek egymástól lényegesen. A számítások további finomítása meg fogja mutatni, melyik energiatartományban kell majd részletes méréseket végezni, hogy a magok töltéseloszlását és sugarát ilyen szórás-kísérletekből nagy pontossággal lehessen meghatározni. (Z. Phys. 138. 93. 1954.)

R. P.

Fékezési sugárzás energiaspektruma. Motz és Miller 11 MeV-os betatron elektronjait 1,5 mm vastag wolframtargetre ejtették. Az elektronok fékezési sugárzásából származó gamma kvantumok energiáját mágneses Compton spektrométerrel mérték, s így megkapták adott irányban a fékezési sugárzás spektrumát. Az elektronok mozgásirányában történt mérést összehasonlították a Bethe—Heitler formulából számított intenzitással. A számításban korrekciókat alkalmaztak az elektronok energiavesztésére, és a γ -kvantumok targeten belüli abszorpciójára. A mért intenzitás a számítottnál nagyobbak adódtak. 1 és 1,4 MeV-os elektronokkal megismételve a mérést a Sauter formulából számítottnál kétszeres nagyobb intenzitást mértek. A differenciális hatáskeresztmetszetet 0,22 mg/cm² arany és 4,3 mg/cm² berillium targeten határozták meg szcintillációs spektrométerrel. A beeső sugárhoz képest 10, 30 és 90 fokos irányban mérve megállapították, hogy a Born approximációval nyert elméleti képletek, jóllehet a spektrum menetét kvalitatíve helyesen adják meg, számszerűleg kisebb hatáskeresztmetszetet adnak fékezési sugárzás keltésére a ténylegesen mértnél. (Phys. Rev. 89, 968, 1953; 96, 544, 1344, 1954.)

B. I.

A csillagok színképének vörös-eltolódása. Ismeretes hogy ha az állócsillagok színképét földi színképpel hasonlítjuk össze, gyakran a vörös felé való eltolódás tapasztaljuk. Ez a vörös-eltolódás származhatik Doppler effektusok kívül onnan, hogy a csillag felszínén a gravitációs potenciál abszolút értékben nagyobb, mint a Föld felszínén (általános relativitáselmélet). A fenti effektusok segítségével azonban nem mindig magyarázható a tapasztalt spektrum-eltolódás. Freundlich mutatott rá arra, hogy az Orion-ködbe ágyazott óriáscsillagoknál igen jelentős vörös-eltolódás figyelhető meg, amely nem származhatik Doppler-effektusból (hiszen az Orion-ködb sebessége ismeretes), de nem magyarázható gravitációs hatással sem, hiszen az nagyságrenddel kisebb értéket adna. Freundlich megpróbálkozik azzal a feltevessel, hogy a vörös-eltolódás a foton és az igen magas hőmérsékletű csillag felszínén kialakult intenzív hőmérsékleti sugárzás közt fellépő kölcsönhatás következménye. E szerint a vörös-eltolódás a csillag légkörben megtett úttal és a hőmérséklet negyedik hatványával arányos. (Ha a hipotézist a csillagok közti térre alkalmazzuk, a távoli extragalaktikák vörös-eltolódásának is elég jó kvantitatív magyarázatát kapjuk, tehát nem szükséges feltételezni, hogy a világegyetem «tágulása» folytán fellépő Doppler-effektusról van szó.) Freundlich hipotézisével foglalkozva ter Haar kimutatta, hogy a fotonok energiacsökkenését sem a kvantumelektrodinamikából adódó foton-foton szórással, sem Compton-effektussal nem lehet kapcsolatba hozni. Úgy látszik, hogy a magas hőmérsékletű csillagokon megfigyelt vörös-eltolódás

ás jelenségeinek magyarázatára valami újfajta kölcsön-
atást kell feltételezni, vagy ha Freundlich hipotézise
nem helyes, a megoldást más úton kell megkeresni.
(Phil. Mag. 45. 303, 320. 1954.)

Sz. J.

**Az atommag héjszerkezetének vizsgálata a stabil magok
helyzete alapján.** Haxel, Jensen, Suess és Goeppert-
Mayer héjmodellje az atommagok kötési energiájá-
nak, mágneses momentumainak s más tulajdonságainak
bizonyos kritikus nukleon-számoknál (mágikus számok)
fellépő gyors változását kielégítően értelmezi. E modell
szerint a 2, 8, 20, 50, 82, 126 neutron ill. protont tar-
talmazó atommagokban éppen egy-egy teljes nukleon-
héj felépülése fejeződik be. Ezek a héjak alhéjakra osz-
lanak. Az alhéjak lezáródásakor ugyancsak kiugró
viselkedésű magok várhatók; természetesen ezek a
kiugrások kisebbek, mint az előbb említett, ún. fő-
mágikus számoknál. Ilyen alhéjak létezésére eddig
nem voltak döntő bizonyítékok. Kolesznyikov véleménye
szerint a magmomentumok tanulmányozása mellett
elsősorban a kötési energiák vizsgálatából következtet-
hetünk ezekre. Minthogy a kötési energiák nem ismeret-
tesek elég pontosan, az alhéjak befejeződésénél fellépő
ugrások felismerésére Kolesznyikov a stabil magok
neutronfeleslegét (= a neutronok és protonok számának
különbsége) vizsgálta meg a tömegszám függvényeként.
Azt találta, hogy a félempirikus kötési energia-képletből
levezethető neutronfelesleg-görbe és a tapasztalati görbe
között helyenként eltérések vannak, ami annak követ-
kezménye, a levezetett görbe nem tükrözi az egyes
alhéjakba tömörülő nukleonok járulékos kötési energiáját.
Az összehasonlításból kiadódott, hogy a

2, 8, 14, 20, 28, 34, 50, 74, 78, 82 (30?), (40?) protont, ill.

2, 8, 14, 20, 28, 34, 50, 74, 82, 88, 100, 112, 126, (148?)

neutron tartalmazó magokban egy-egy alhéj felépítése
befejeződik. A vastagon szedett számok a közismert
mágikus számok, a többiek nagyrészt megfelelnek
Goeppert-Mayer alhéjainak. A 30?, 74 és 78 számok nem
értelmezhetők így. Ezek valószínűleg a betöltési sorrend
megváltozására utalnak. (Dokladi Akademii Nauk,
1954. 97. 233.)

Gy. G.

Kisenergiájú elektronok hatótávolságának mérése. Kis
energiájú (600–2000 eV) elektronok hatótávolságát
szilárd anyagban eddig nem sikerült megmérni, mert
nem volt ismeretes megfelelő kísérleti módszer. A bioló-
giai anyagok (enzimek) igen érzékenyek az elektronok
hatására, ezeket fel lehet használni a hatótávolság mérésé-
re. Enzimekbe belőve az elektronokat, az a réteg elpusztul,
melyet az elektronok elérnek. Amely rétegbe az
elektronok nem jutnak el, az megmarad. Az elpusztult
és megmaradt enzimmennyiség aránya biokémiai úton
jól kimutatható, az arányból a hatótávolság meghatároz-
ható. Davis ezzel az egyszerű módszerrel dolgozva arra
az eredményre jutott, hogy az elektronok hatótávolsága
mintegy 100 Å-mel kisebb, mint Bethe elméleti for-
mulája alapján számítható hatótávolság. (Phys. Rev.
94. 243. 1954.)

K. L.

Gamma-sugarak rezonancia-szórása atommagokon. Az
atomfizikában ismeretes jelenség az, hogy az atomok
gerjesztési frekvenciájuknak megfelelő rezgésszámú fényt
rezonanciaszerűen szórják. Ennek az atomperifériában
lejátszódó jelenségnek magfizikai analogonját is elkép-
zelhetjük. A szóró atommag gerjesztési energiájával azo-
nos energiájú γ -kvantumok szórási hatáskeresztmetszete
a rezonancia miatt megnő. Moon és társai a jelenség kimu-
tatását a következőképp kísérelték meg: a ^{198}Hg -atommag
gerjesztett állapotban marad, amikor a ^{198}Au rádió-
aktív atommag β -bomlása megtörténik. Ebből az álla-
potból az alapállapotba γ -kvantum kibocsátása útján
tér vissza. Ha tehát a ^{198}Hg -atomból kilépő γ -sugarak

Hg-t tartalmazó közegben szóródnak, rezonanciaszórás
fellépte várható. Azonban a γ -kvantum kibocsátásakor
a gerjesztési energia két részre oszlik. Az energia nagy
részét a γ -kvantum viszi magával, a kisebbik rész az
atommag visszalökésére fordítódik. A γ -kvantum ener-
giája valamivel kisebb, mint a rezonanciához szükséges
energia. A szerzők ezt úgy pótolták, hogy a γ -forrást
tartalmazó preparátumot nagy sebességgel forgatták a
szóróközeg mellett. A preparátum és szóróközeg egymás-
hoz való közeledésekor a sugárzás frekvenciája a Doppler-
effektus miatt megnő és kellő forgási sebesség esetén
az energiahány pótlódik. A szerzők mérései evidenssé
teszik a jelenség bekövetkezését. (Proc. Phys. Soc. A.
66. 585, 956. 1953.)

K. L.

A 99. és 100. elem felfedezése. A kaliforniai egyetem
egyik kutatócsoportjának sikerült a 99. és 100. rendszámú
elemek előállítására. Egyik kísérletükben hatszorosan
ionizált nitrogént ciklotronnal felgyorsítottak és a nagy-
energiájú ionokkal $^{238}\text{U}_{92}$ -t bombázták. Az eddig ismert
transzurán elemeken kívül a 99. rendszámú elem jelen-
létét is sikerült kimutatni. Egy másik kísérletben a 98.
rendszámú Californium transzurán 252-es izotópját
atommaglyából származó neutronokkal bombázták.
Neutronbefogással először $^{253}\text{Cf}_{98}$ izotóp jön létre. Ez
béta-bomlással átalakul a 99. rendszámú elemmé. Újabb
neutron-befogással létrejön a 99. rendszámú elem
254. izotópjá, ami béta-bomlással a 100. rendszámú
elem 254-es izotópjává alakul át. A 99. elem említett
izotópjának felezési ideje 7,3 perc, a 100. rendszámú
elemé 3 óra. Az utóbbi alfa-bomlással alakul tovább.
A két új elem még nem kapott nevet. (Phys. Rev. 93.
256, 908, 1129, 1428. 1954.)

Sz. J.

Nehéz elemi részecskék mesterséges előállítása. Fowle
és munkatársai több ködkamra-felvétellel illusztrált
cikk keretében beszámolnak azokról a kísérletekről,
melyek során mesterségesen nehéz részecskéket, V-
és K-részecskéket állítottak elő. A részecskék 20 atm
nyomású hidrogéngázban kozmotronnal előállított 1500
MeV-os negatív π -mezonokkal történő bombázás ha-
tására keletkeztek. Több, mint 26000 felvételt készí-
tettek. Ezek közül kiválasztva a pozitív eredmé-
nyűket arra a következtetésre jutottak, hogy a ger-
jesztett nukleonnak tekintett V-részecskék és a nehéz
mezonoknak tekintett K-részecskék párosával keletkez-
nek: $P + \pi^- \rightarrow V + K$. A folyamat hatáskeresztmetszete
az alkalmazott bombázó energiánál mintegy 1 mili-
barn. Valószínűnek tartják, hogy a keletkezett V-részek
magas spin-értékkel rendelkeznek. (Phys. Rev. 93. 861.
1954.)

R. P.

A plutonium-fém tulajdonságai. Adatokat hoztak
nyilvánosságra a tiszta plutonium-fémnek a tulajdon-
ságairól. Mindenekelőtt meglepő, hogy a plutóniumnak
normális nyomáson legalább öt különböző (szilárd)
allotrop módosulata van. Ezt eddig egyetlen más elem-
nél sem tapasztalták. Az olvadáspont 637°C -nál van.
Valamennyi módosulat elektromos ellenállása igen
magas, különösen a 117°C alatt stabilis alfa-módosulaté
($1,5 \cdot 10^{-4}$ ohm cm). Az ellenállás hőmérsékleti koef-
ficiense ennél a módosulatnál negatív, ami fémnél
szintén meglepő. A hőkiterjedési együttható rendkívül
nagy ($55 \cdot 10^{-6}$ fok $^{-1}$). A lapcentrált köbös kristályrend-
szerben kristályosodó delta-módosulat hőkiterjedési
együtthatója negatív, amit ennél a kristályalaknál
sohasem észleltek. Látjuk, hogy a transzurán elemek
nemcsak magfizikai, hanem technológiai-metallurgiai
sajátságaikban is igen különösen viselkednek. (Phys.
Rev. 94. 1068, 1954.)

R. P.

h/e mérésének új módja. Az atomi állandók pontosabb ismerete elméleti és gyakorlati szempontból egyaránt fontos. A modern fizikában különösen jelentős szerepet tölt be a h Planck-állandó és az e elemi töltés. E két mennyiség hányadosának mérésére többféle módszer ismeretes. Meghatározható például annak a tapasztalatnak az alapján, hogy a folytonos Röntgen-színképnek a nagy frekvenciák oldalán éles határa van. A jelenség fordítottja, a fotoeffektus ugyancsak felhasználható h/e mérésre a híres Einstein-féle egyenlet segítségével. A Frank-Hertz-kísérlet is módot ad a fenti két állandó viszonyának meghatározására. Dunnington, Hemenway és Rough új módszert dolgoztak ki a Planck-állandó és az elemi töltés hányadosának mérésére. Eljárásukban érdekesen kombinálták a Frank-Hertz-kísérlet alap-gondolatát a ciklotron-elvvel. Gondosan elvégzett és többször megismételt kísérletük eredménye: $h/e = (1,3790 \pm 0,0002) \cdot 10^{-17}$ cgs. egység. (Phys. Rev. 94. 93. 1954.)

Sz. J.

Gamma-sugarak szóródása elektromos térben. A kvantumelektrodinamika eredményei szerint a Maxwell-elmélet szuperpozíció-elve nem érvényes teljes szigorúsággal. Elektrosztatikus tér és a rajta áthaladó foton között gyenge kölcsönhatás van az elmélet szerint. Ennek fizikai oka az, hogy a foton virtuális elektron-pozitron párt kelt, amire az elektromos tér hat; kísérletileg ellenőrizhető következménye pedig a gamma-sugarak szóródása erős elektromos térben (pl. atommag terében). R. R. Wilson ennek kimutatására a Co^{60} és a ThC'' gamma-sugarainak szóródását vizsgálta ólom-ban, bizmutban és aranyban $NaJ(Tl)$ szcintillációs számlálóval. A szóródás oka többféle lehet. A fotonok a lazán kötött elektronokon Compton-effektus folytán rugalmatlan szóródást szenvedhetnek, az atommag okozta Thomson-szórás és rezonancia-szórás, az erősen kötött elektronok által okozott Rayleigh-szórás, valamint a mag Coulomb-terében létrejövő — és a kísérletben kimutatni kívánt — szórás rugalmas. A rugalmatlanul szórt gamma-fotonok a számláló nagy energia-felbontóképessége miatt nem zavarják a rugalmas szórás kimérését, noha ez sokkal kisebb az előbbinél. Ellenőrző mérésekkel sikerült azt is kimutatni, hogy a rezonancia-szórás hatása a mérésnél nem számottevő. Wilson meghatározta a rugalmas szóródás hatáskeresztmetszetét 45° és 135° közé eső eltérések esetére és összehason-

lította Bethenek a Rayleigh- és Thomson-szórás együttes hatására vonatkozó számításaival. Bár a kísérleti körülmények folytán az elméleti értéknél kissé nagyobb hatáskeresztmetszetet lehetett várni, kis eltérési szögekre lényegesen kisebbnek adódott annál. Kielégítően magyarázható ez az eredmény, ha figyelembe vesszük a mag Coulomb-terén létrejövő szóródást, amely elméleti megfontolások szerint a Thomson- és Rayleigh-szórással ellentétes fázisú és ezért gyöngíti azokat. Wilson eredményeinek értelmezésénél becslésekhez folyamodott, mert a Coulomb-tér okozta szóródás hatáskeresztmetszete csak 0° eltérési szög környezetében ismeretes. Ezért az elmélet teljes kísérleti igazolására kívánatos lenne a hatáskeresztmetszet meghatározása tetszés szerinti eltérések esetére. (Phys. Rev. 90. 720. 1953.)

Gy. G.

Termikus emisszió hatása fényérzékeny Gm-csőveknél. Grotowszky, Hryszkievicz és Niewodniezanski megmérték az általuk készített fényérzékeny GM-csővek nulleffektusának hőmérsékletfüggését $15^\circ - 50^\circ$ C hőmérsékleti tartományban. Az impulzusszám a hőmérséklet emelésével gyorsan növekedett. A jelenséget a katód termikus emissziójával lehet magyarázni. Az áramsűrűség (elektron/cm² katódfelület, nagyságrendben 10^{-22} A/cm²) és a hőmérséklet összefüggését, a Richardson-egyenlet írja le termikus emisszió esetén. A mérések eredménye jól egyezik az elméleti formulával. A katód kilépési munkája 1,03 eV-nak adódott. A mérés főérdekessége az igen kicsiny 10^{-22} A/cm² termikus áramsűrűség mérése. (Bull. Acad. Polon. I. 109. 1953.)

K. L.

Új magreakció gyors neutronokkal. Brunsz és Dabrowszki lengyel kutatók 14 MeV-os neutronokkal bombáztak spektrálistizta antimónt. Az antimón rendszáma 50, megegyezik az 50-es mágikus protonszámmal, tehát a kísérlet a magok héjszerkezete szempontjából érdekes. Azonos körülmények közt vasat is besugároztak. Megmérték a reakció során keletkező In-atommagok felezési idejét, 4,5 perc és 13 sec felezési időket találtak. (^{118}In és ^{116}In izotópok.) Az aktivitást a vas aktivitásával hasonlították össze. Mivel a vasnál a hatáskeresztmetszet ismeretes, a magreakció hatáskeresztmetszete az összehasonlításból az antimón esetében is kiszámítható volt, az 10^{-27} cm² körül lévőnek adódott. (Bull. Acad. Sci. Polon. I. 105. 1953.)

K. L.

FIZIKAI SZEMLE

Az
Eötvös Loránd
Fizikai Társulat
Lapja

TARTALOMJEGYZÉK

A Szovjetunió segítsége a magyar népnek

Albert Einstein

L. Infeld: A relativitáselmélet története

A. Einstein: Hogyan született meg az általános relativitás-elmélet

Sándor Endre: Finomszerkezet vizsgálat röntgensugarakkal I.

A FIZIKA TANÍTÁSA

Huszka Ernőné: A Thomson képlet mennyiségi igazolása a középiskolában katódoszcillozóval

Mátraié—Tarján Imre: Demonstrálás függőleges síkban

EGYESÜLETI ÉLET

FELADATOK

KÖNYVSZEMLE

A FIZIKAI TUDOMÁNY HALADÁSÁBÓL



Felelős szerkesztő: Szamosi Géza

Szerkesztőbizottság:

Bodó Zalán, Csekő Árpád, Faragó Péter, Keszthelyi Lajos, Marx György, Szamosi Géza,
Szalkai Ferenc, Szigeti György, Tarján Imre, Turiné Frank Zsuzsa, Vermes Miklós

Szerkesztőbizottság titkára: Turiné Frank Zsuzsa

Szerkesztőség: Budapest, V., Reáltanoda utca 13—15. Eötvös Loránd Fizikai Társulat
Távbeszélő: 187-423

Kiadóhivatal: Akadémiai Kiadó, Budapest, V., Alkotmány utca 21.
Távbeszélő: 111-010 *

Terjeszti a Posta Központi Hírlapiroda Vállalat
Budapest, V., József nádor tér 1. Telefon: 180-850
Előfizetés, személyes ügyfélszolgálat József nádor tér 1, üzlethelyiség. Telefon: 183-022
Csekk számlaszám: 61257

Előfizetés egy évre 30,—, félévre 15,— Ft; egyes szám ára 6,— Ft

Megjelenik évente hatszor

ОГЛАВЛЕНИЕ

Помощь советского союза венгерскому народу

Альберт Эйнштейн

Л. Инфельд: Теория относительности

А. Эйнштейн: Как возникла общая теория относительности

Э. Шандор: Исследование тонких структур рентгеновскими лучами

ПРЕПОДАВАНИЕ ФИЗИКИ

Э. Хуска: Верификация формулы томсона катодным осциллографом

Матраи — И. Тарьян: Демонстрация в вертикальной плоскости

ИЗ ЖИЗНИ ОБЩЕСТВА ФИЗИКОВ

УПРАЖНЕНИЯ

ОБЗОР КНИГ

ИЗ УСПЕХОВ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

A kiadásért felelős: az Akadémiai Kiadó igazgatója

Műszaki felelős: Szöllősy Károly

A kézirat beérkezett 1955. II. 4. Példányszám: 1600. Terjedelem: 4¹/₂ (A/5) ív, 47 ábra

Ez a folyóirat MNOSZ 3405 és 5602Á szerint készült

Akadémiai Nyomda, Gerlőczy-utca 2. — 36609/55 — Felelős vezető: ifj. Puskás Ferenc

FIZIKAI SZEMLE

AZ EÖTVÖS LORÁND FIZIKAI TÁRSULAT LAPJA

V. évfolyam

4. szám

1955. július

A Szovjetunió segítsége a magyar népnek

1955. április 29-én jelentette a TASZSZ iroda, hogy akárcsak a többi népi demokratikus országokat, a Szovjetunió hazánkat is hozzásegíti az atomenergia békéscélú felhasználásának lehetőségéhez, vagyis a békés felhasználáshoz szükséges tudományos kutatások elvégzéséhez. A Szovjetunió segítsége többek között atommáglyák, elemi részecske-gyorsítók és egyéb atommagfizikai berendezések építésében, ezenkívül az e területen szerzett sokoldalú tapasztalatok átadásában és szakemberek kiképzésében ölt formát.

E szüksézávú és mégis oly jelentőségteljes hír büszkeséggel tölt el minden magyar hazafit, szocialista építésünk minden igaz hívét, s különösen nagy örömet okoz a magyar fizikusok táborában. Nagyszerű lehetőségek állnak előttünk, hiszen szabadságunk tizedik esztendejében íme megtesszük az első lépéseket a szovjet segítség által megnyitott, ezen beláthatatlan messzeségekbe vivő új úton. Tíz éve még elmaradott technikájú hazánk a nem is távoli jövőben korunk legmodernebb és legnagyobb távlatú technikájának birtokába jut. Lelkesítő indulás ez a következő tíz évre. A munka, mely a közeli jövőben hazánkban is megindul, szerves része és folytatása lesz azoknak a gigászi erőfeszítéseknek, melyeket egész dolgozó népünk az utolsó tíz esztendőben a boldogabb jövő érdekében tett.

E munka gyökerei nagyrészt a szovjet tudomány eredményeire nyúlnak vissza. Ugyancsak az elmúlt tíz esztendőben a szovjet fizika páratlan

iramú fejlődésen ment keresztül és ez tette lehetővé, hogy az atomfizikában és az atomtechnikában ma már »nem a Szovjetunió van elmaradott helyzetben«. Fontos és valóban történelmi jelentőségű tény, hogy a Szovjetunióban a múlt évben — először az emberiség történetében — üzembe helyezték az első folyamatosan működő energiatermelő máglyát, és jelezték az előrehaladott állapotban levő előkészületeket további, az elsónél jóval nagyobb teljesítményű folyamatosan működő energiaszolgáltató atommáglyák üzembehelyezésére is. Egészen bizonyos, hogy 1954. június 27-ét, az első energiatermelő atommáglya üzembehelyezésének napját a történelem mint a társadalom technikai fejlődése új szakaszának kezdetét fogja számontartani.

Az 1955. év mármost számunkra is új szakaszt jelent e nagyszerű fejlődésben, hiszen ettől az évtől kezdve már nemcsak a Szovjetunió állítja az emberi szellem egyik leghatalmasabb alkotását a békés építés szolgálatába, hanem segítségével a gyors ütemben fejlődő népi demokratikus országok — így hazánk — is rátérhetnek az atomenergia békés felhasználására vonatkozó munka komoly előkészületeire.

Népünk ismét gyönyörű példáját látja a béketábor országainak kölcsönös barátságon és segítő-készségen alapuló újszerű kapcsolatainak, látja a Szovjetunió kimagasló szerepét a szebb jövő felé vezető munkában és harcban, át van hatva az alkotó munka és béke nagyszerű jövőjének felemelő tudatával.

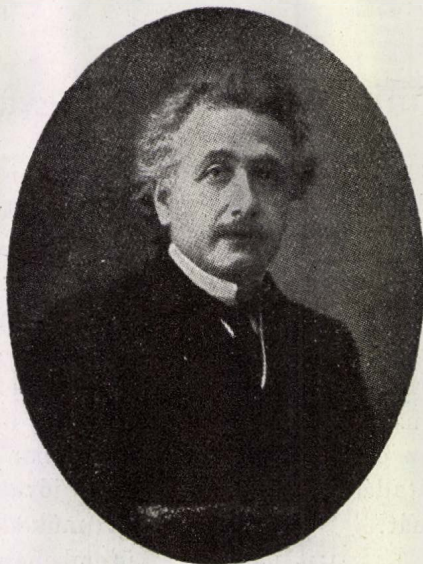
ALBERT EINSTEIN

(1879—1955)

1955. április 17-én meghalt Albert Einstein, századunk fizikájának kimagasló alakja. Neve elválaszthatatlanul összeforrott a modern fizika kialakulásával, nagy része van abban a nagyszerű fejlődésben, melyet tudományunk a XX. század folyamán elért. Kivételes zsenije ezen túlmenően kimagasló helyet biztosít számára a fizika történetének egészében is.

Halálát meggyászolja az egész haladó emberiség. Gyászolják azok a milliók, akik nevében szinte az alkotó tudomány szimbólumát látják, és még bensőségebben gyászolják a fizikusok, akik részleteiben is ismerik munkáját és bámulattal adóznak csodálatos teljesítményeinek.

Albert Einstein legnevezetesebb munkája a speciális és általános relativitáselmélet kialakítása. Ez a két elmélet mintegy betetőzése és csúcsa a klasszikus fizikának; és ugyanakkor kiindulópontja egy nagyszabású fejlődésnek, mely szemünk előtt játszódott és játszódik le, s mely



még távolról sincs befejezve. Kimagasló eredményei vannak a kvantumelmélet kialakításában; ő ismerte fel elsőnek a fotonok létezését és ezenkívül is számos maradandó eredménnyel írta be nevét a kvantumelmélet történetébe. Nagyszabású alkotásai vannak a molekuláris fizika területén is, melyek közül talán legnevezetesebb a Brown-mozgás elméletét megadó dolgozata.

Nemcsak mint tudós, mint ember is nagy volt, mélyen átérezte a tudós felelősségét a napjaink égető társadalmi problémáinak megoldásáért folyó harcban.

Szenvedélyesen, tudományos eredményeivel elért egész tekintélyét latba vetve állt ki mindenkor a béke és a haladás ügye mellett a háború és pusztítás erői ellen. Halálakor olyan megrendüléssel búcsúzunk e nagy férfiútól, melyet csak kivételes szépségű és nagy-

ságú emberi életek befejeződése kelthet bennünk.

A relativitáselmélet története

Ebben az évben lesz a relativitás elmélete ötven esztendő. Ma már klasszikus elméletnek tekintik a fizikusok; régen elmúltak azok az idők, amikor támadták és vitatkoztak felette. Ez a speciális relativitáselméletre érvényes, nem áll egészen az általános elméletre. Szeretnék itt egy mondatot idézni v. Laue professzornak az általános relativitáselméletéről szóló könyve előszavából, amelyet 1921-ben írt.

»Sokat csodálják, sokat szidják: ez ma az általános relativitáselmélet helyzete. A leghangsúlyosabb kiáltóknak mindkét oldalon van egy közös vonásuk: édes-keveset értenek belőle.»

Ez a mondat ma sokkal kevésbé érvényes, mint 1921-ben. Ma is igaz azonban az, hogy míg a speciális relativitáselméletnek nincs komoly ellenzője a fizikusok között, az általános elméletet némely fizikus nem fogadja el. Egyesek

a gravitáció valamely más elméletét tekintik helyesnek, mások az Einstein-féle általános relativitáselmélet interpretációját kívánják megváltoztatni.

Ha a fizika fejlődésére gyakorolt hatást tekintjük, a speciális elmélet a fontosabb; az általános relativitáselméletnek mint az emberi szellem vívmányának van nagyobb jelentősége.

Erről a témáról egyszer Princetonban beszélgettem Einsteinnel, szeretném ezt a beszélgetést most idézni. Azt mondtam Einsteinnek: »Azt hiszem, hogy a speciális relativitáselmélet akkor is létrejött volna — s nem sokkal később —, ha Ön nem alkotta volna meg azt. Poincaré már igen közel járt a speciális relativitástan igazságához.« Einstein azt válaszolta: »Ez igaz, de az általános elméletéről ezt nem lehet mondani. Nem hiszem, hogy ma ismert lenne.«

Az általános relativitáselmélet a speciális elméletből nőtt ki. Ha a relativitáselmélet ötvenéves történetét, fejlődését át akarjuk tekinteni,

* L. Infeld ezen előadását március hónapban Berlinben az Albert Einstein emlékülésen tartotta meg. Az ülésről lapunk jelen számában beszámolunk.

több időt kell az általános elméletnek szentelnünk, mint a speciálisnak. A speciális relativitáselmületről igen nehéz olyat mondani, amit ne tudna minden elméleti vagy akár kísérleti fizikus. Az általános relativitáselmélet sokkal kevésbé ismert; foglalkozhatunk fizikával anélkül, hogy ismernénk; némely fizikus formálisnak és a kísérletektől távolállónak kiáltotta ki azt.

En azokhoz a fizikusokhoz tartozom, akiknek az a véleményük, hogy az ilyen ítéletek helytelenek. Azt gondolom, hogy az általános relativitáselmélet megoldja a gravitáció problémáját; hogy a nem-lineáris térelmélet csodálatosan szép példája; hogy befolyása a fizika többi ágára nőni fog. Nem hiszem azonban, hogy megadja az elemi részecskék szerkezeté problémájának megoldását.

E megjegyzések után kezdjük meg rövid áttekintésünket a relativitáselmélet történetéről; ez nem lesz sem teljes, sem objektív. A tárgy nem engedi meg, hogy objektívek legyünk, az előadás megszabott időtartama lehetetlenné teszi, hogy teljességre törekedjünk.

Az Annalen der Physik 1905-ben megjelent XVII. kötete tartalmazza Einstein 30 oldalas munkáját »A mozgó testek elektrodinamikájáról«. A cím szerényen hangzik; de a munka olvasása közben azonnal észre vesszük, hogy különbözik a többi dolgozattól. Irodalmi utalásokat egyáltalán nem tartalmaz, nem idéz tekintélyeket és a kevés lábjegyzet magyarázó jellegű. A munka stílusa igen egyszerű és tartalmának nagy részét fejlettebb szakismeretek nélkül is meg lehet érteni. Majdnem azon csodálkozunk, hogy egy ilyen, a többtől elütő alakú dolgozatot a lektor — ha volt — átengedett. Hiszen teljes megértése a gondolkodás mélységét követeli meg, ami ritkább és értékesebb, mint a pedáns tudás. Az előadásmód és a stílus máig sem vesztett frissességéből. Még mindig ez a mű a relativitáselmélet tanulmányozásának egyik legjobb forrása. A munka szerzője nem volt célheli, még csak főiskolai tanár sem. Akkor, ötven évvel ezelőtt, a filozófia fiatal 26 éves doktora, és a Berni Szövetségi Szabadalmi Hivatal alkalmazottja volt.

E munka második szakaszában ezt olvashatjuk:

»1. A fizikai rendszerek állapotának változását leíró törvények függetlenek attól, hogy két, egymáshoz képest egyenes haladó mozgásban levő koordináta-rendszer közül melyikre vonatkoztatjuk ezeket az állapotváltozásokat.

2. Minden fényugár a »nyugvó« koordináta-rendszerben meghatározott c sebességgel mozog, függetlenül attól, hogy e fényugarat nyugvó vagy mozgó test bocsátotta-e ki.«

Mint tudjuk, ez az a két posztulátum — a Galilei-féle relativitási elv és a fénysebesség állandóságának elve —, amelyből a Lorentz-transzformáció következik. Ezek azok az alapok, amelyekre a speciális relativitáselmélet épült. Ezek azok a feltevések, amelyek a térről és időről alkotott alapfogalmaink gyökeres revíziójára vezettek.

Az Annalen der Physik következő kötetében Einsteinnek rövid munkája jelent meg ezzel a címmel: »Függ-e a testek tehetetlensége energiátartalmuktól?« Ha az e munkában kimondott gondolatot világrengetőnek nevezném, nem túloznék; itt találkozunk ugyanis először annak a lehetséges új jelenségnek elméleti megfogalmazásával, amely határtalan távlatokat nyitott meg a tudomány és technika előtt. Ez a rövid cikk kifejti: elvben lehetséges az atomenergia alkalmazása. Negyven évvel később bizonyították be, hogy az atomenergia háborús célokra alkalmazható. Ez az igazolás éppoly meggyőző volt, mint Hiroshima és Nagasaki lerombolása és kétszáz-ezer ember hirtelen pusztulása. Körülbelül ötven évvel később bebizonyosodott, hogy az atomenergia az emberiség javára is felhasználható. A történelem keserű iróniája, hogy az atomenergia mindkét alkalmazási módjának csírája a világ legbékésebb emberétől származik — egyetlen magányos embertől, aki az erőszakot elutasítja és a nyers erőt elítéli. Keserű irónia van abban, hogy tíz évvel az előtt, hogy a Szovjetunióban az első kis atomcentrálét létesítették, az atomenergia romboló ereje két várost és sok emberéletet pusztított el.

Einstein rövid cikkének végén a következő sorokat olvashatjuk:

»A testek tömege energiátartalmuk mértéke; ha egy test energiája L -vel megváltozik, tömege ugyanabban az értelemben $L/9 \cdot 10^{20}$ -al változik meg, ha az energiát erg-ben és a tömeget gramm-ban mérjük. Nem lehetetlen, hogy olyan testeknél, amelyeknek energiátartalma nagymértékben változik (pl. a rádiumsóknál), sikerülni fog az elmélet helyességét ellenőrizni.«

Mi volt e két munka hatása? Először majdnem semmilyen hatás nem mutatkozott. Ma a fontos munkákat hamarabb felismerik és egy alapvető művet gyakran ugyanazon probléma tisztázásához hozzájáruló dolgozatok áradata követ. Századunk tudományának története ugyan ellenpéldákkal is szolgál; ilyen pl. a de Broglie első munkái után eltelt két csendes esztendő. Hasonlóan fogadták Einstein munkáit. A relativitáselmélettel foglalkozó dolgozatok áradata csak kb. négy évvel később, 1909 körül indult meg; elég sok idő telt el addig, míg a fizikusok tudomást szereztek a legfontosabb munkák egyikéről.

Tudom azonban, hogy voltak olyan fizikusok, akik a közben eltelt időben igen alaposan olvasták Einstein munkáját és felismerték benne a hallatlanul nagy távlatú gondolat születését. Kedves barátom, Loria lengyel professzor beszélte el nekem, hogy tanára, a krakkói Witkowski professzor, aki nagy képzettségű és finom ízlésű fizikus volt, Einstein munkáinak olvasása után lelkesen mondta Lorianak: »Olvassa el Einstein munkáit! Ez egy új Kopernikus!«

Később, amikor Loria egy fizikus-kongresszuson Max Born professzorral találkozott, beszélt neki Einsteinról, az új Kopernikusról, és megkérdezte őt, hogy olvasta-e ezeket a dolgo-

zatokat. Kiderült, hogy sem Born, sem más a kongresszus résztvevői közül nem hallott még Einsteinról. A könyvtárba mentek, kivették az Annalen der Physik XVII. kötetét és elkezdtek olvasni Einstein munkáit. Max Born azonnal felismerte Einstein gondolatainak nagyságát és az elmélet formális általánosításának szükségességét. Azóta Bornnak a relativitáselméletről írt munkáját az elmélet ifjúkorából származó egyik legfontosabb eredménynek tekintjük.

A fizikusok szélesebb körének figyelme azonban csak 1909-ben kezdett Einstein eredményei felé irányulni. A relativitástan elterjedéséhez hozzájárult Minkowski »Tér és idő« c. előadásának megjelenése 1908-ban. A híres előadás, amelyet Minkowski a »Német Természetkutatók és Orvosok Társaságá«-nak nyolevanadik kongresszusán tartott, utolsó előadása volt, ugyanis nem sokkal ezután meghalt, igen korán. Minkowski előadásának első szavai prófétikusan megjósolták azt a mély hatást, amelyet Einstein gondolatai a modern tudományra gyakoroltak:

»Uraim! Azok a nézetek a térről és az időről, amelyeket Önök előtt ki szeretnék fejteni, a kísérleti fizika talaján fejlődtek ki. Ez az erejük. Szemléletünk gyökeres átalakítására törekszenek. A tér önmagában és az idő önmagában süllyedjen végképp árnyékká, s önállóságát csak bizonyos fajta egységük őrizze meg.«

Minkowski matematikai lángelméje Einstein gondolatainak új geometriai alapot adott, amely azok szépségét és egyszerűségét tökéletesen nyilvánvalóvá tette. Minkowski munkái óta tudjuk, hogy minden természettörvény vektor- vagy tenzoregylet alakjába írható; e vektorok és tenzorok egy négydimenziós tér-idő-sokaság alakzatai. A további fejlődés a vektorok és tenzorok mellé a spinorokat is bevezette.

A speciális relativitáselmélet további kiépülése a történeti fejlődés szempontjából szoros kapcsolatban van az általános elmélettel. Mi a két relativitáselmélettel külön akarunk foglalkozni, ezért csak néhány szót szólok még a speciális elméletről, hogy azután zavartalanul áttérhessünk az általánosra.

A speciális relativitáselmélet további kiépülése és fejlődése diadalmenet a megismerés útján. Csak három olyan jelenséget szeretnék megemlíteni, amelyek a speciális elmélet ragyogó igazolásai: a tömeg függését a sebességtől, Íves szép kísérleteit a mozgó óra ütemének megváltozásáról és a mezonok élettartamának függését sebességüktől. E kísérletek számos mással együtt a speciális relativitáselméletet támasztják alá és egyetlen kísérlet sem szól ellene.

Évszázadunk két legnagyobb győzelmének, két jelenség megjóslásának története elválaszthatatlan a speciális relativitáselmélettől. A de Broglie-hullámra és a pozitron elméletére gondolok. A de Broglie-hullám létezésének megjóslása szoros kapcsolatban van a Lorentz-transzformációval, a pozitron elmélete pedig a Dirac-féle

elektron-egyenlet relativisztikus alakjával függ szorosan össze.

Szeretnék itt még egy jelenséget megemlíteni, amely Önök előtt valószínűleg ismeretlen, mint-hogy a teljes dolgozat erről még nem jelent meg. Egy fiatal lengyel fizikus, Werle megmutatta, hogy a nukleonok mozgásegyletének relativisztikus alakjából következik, hogy ha két nukleon egymáshoz igen közel van, taszítják egymást, ha a mezonteret skalárnak vagy pszeudoskalárnak tekintjük és nem vektor-térnek. Ez tisztán relativisztikus hatás. Jastrow és Levy feltevése tehát a speciális relativitáselmélet segítségével levezethető a mezonter egyenleteiből.

Most hagyjuk el a speciális relativitáselméletet és térjünk át az általánosra.

Einstein többször elmondta nekem, hogy tizenöt vagy tizenhat éves kora óta foglalkozott a következő két kérdéssel:

1. Mi történik akkor, ha valaki egy fénysugár után szalad és azt meg akarja fogni?

2. Mi történik akkor, ha valaki egy szabadon eső liftben van?

Az első kérdésre adott válaszból fejlődött ki a speciális, a másodikra adott válaszból az általános relativitáselmélet.

A speciális relativitáselmélet »a levegőben volt«. Az ellentmondásokat, amelyeket megszüntetett, ismerték a fizikusok. Poincaré 1904-ben igen közel állt a speciális relativitáselmélet megfogalmazásához. A fizika testén jelentkező sebeket sokan ismerték. Az általános relativitáselméletről ezt nem mondhatjuk el. Einstein volt az egyetlen, aki még mindig nehézségeket látott és megoldásokon dolgozott. Az általános relativitáselmélet hasonlított egy olyan súlyos betegség elleni orvossághoz, amelyet Einsteinen kívül senki sem vett észre. Még Planck is ezt mondta Einsteinnek: »Most minden olyan szépen meg van magyarázva, miért töpreng Ön ezeken az új problémákon?« És Einstein töprengett, egészen egyedül. Nyolc év múlt el a speciális és az általános relativitáselmélet felállítása között, folytonos gondolkodásban töltött nyolc esztendő, amelynek gyümölcse végül a nehézségi erő problémájának új megoldása lett.

Az első, a gravitáció kérdésével foglalkozó munka 1911-ben jelent meg az Annalen der Physikben a következő címmel: »A nehézségi erő befolyása a fény terjedésére«. Ez igen érdekes munka. Vannak Einstein itt közölt gondolatmenetei között olyanok, amelyek részben hibásak. Tartalmaz féligazságokat, sejtéseket és azt a homályos tudatot, hogy bár a teljes igazság nincs messze, mégis egészen más. Ebben jelentkezik a sötétséget áttörő első fénysugár. Itt látszik Einstein szenvedélyes vonzódása a gondolat-kísérletek felé, és az a gyermeteg képessége, hogy egyszerű dolgokon csodálkozzék — olyan dolgokon, amelyek mások számára oly egyszerűek és jólismertek, hogy teljesen észrevétlenek maradnak.

Galilei óta tudják a fizikusok, hogy minden test egyenlő gyorsulással esik. Századunkban Einsteinen kívül még senki sem csodálkozott ezen a törvényen. A kísérletek megállapították, hogy a törvény pontosan érvényes és ezzel a kérdést elintézték hitték.

Az oktatás megöli képességünket a csodálkozásra. Csak a lángelme maradhat ment ettől. A tudomány fejlődésének utolsó három évszázadában Einstein volt az első, aki fontos figyelmeztető jelet látott a gyorsulások egyenlőségében. Elképzelhető egy olyan világ, amelyben ilyen törvény nincs, olyan világ, amelyben az elefántok olyan lassan esnek, hogy csaknem lebegnek, viszont a csecsemők veszedelmes sebességgel zuhannak a Földre. Földünk nehézségi erőterében azonban csecsemők és elefántok egyenlő gyorsulással esnek. Mit jelent ez a figyelmeztető jel a tehetetlen és súlyos tömeg egyenlőségéről? A klasszikus mechanika keretei között ez az egyenlőség pusztán véletlennek látszik.

Az előbb említettem, hogy az eső liftben levő ember képe, amelyről már fiatal korában gondolkozott, vezette Einstein az általános relativitáselmélet gondolatkörébe. Einsteinnek abban a munkájában, amelyről most beszélünk, megtalálható burkolt alakban a szabadon eső liftben levő ember képe; itt ebből a példából vezette le Einstein a gravitációs térben fellépő fényeltérítést! A fényelgörbülés így meghatározott értéke túl kicsiny. A teljes általános relativitáselmélet még nem állt Einstein rendelkezésére. Ez csak a következő négy évben fejlődött ki, midőn Einstein visszatért számításaihoz és kijavította azokat. De e jelenséget már 1911-ben írt munkájában megjósolta Einstein. Ezt a következő, megjegyzésreméltó szavakkal fejezte be:

»Igen kívánatos volna, hogy csillagászok kezdjenek foglalkozni az itt kifejtett kérdésekkel, még ha megfontolásaink nem látszanak is eléggé megalapozottaknak, vagy éppen egészen kalandosnak tetszenek is. Ha eltekintünk is minden elmélettől, felmerül a kérdés: észlelhető-e mai eszközeinkkel a gravitációs tér befolyása a fény terjedésére?»

Nyolc év múlt el, míg az Einsteintől felvetett kérdésre válasz érkezett. Közben Einstein Prágából Zürichbe, majd Zürichból Berlinbe került. Itt volt az első világháború kitörésekor és itt fejezte be az általános relativitáselmélet megalkotásának munkáját.

Az általános relativitáselmélet elismerése lassan áttért az elméleti fizikusokról a kísérleti fizikusokra, csillagászokra, matematikusokra és filozófusokra. Igen nehéz tárgynak tekintették. Cambridgeben elmondták nekem, hogy 1917-ben, a háború alatt Sir Arthur Eddington előadást tartott az általános relativitáselmületről. Az előadás után egy fizikus így szólt Sir Arthurhoz: »Ez csodálatosan szép előadás volt. Ön egyike annak a három embernek, akik a világon ismerik és értik az általános relativitáselméletet.« Mint-

hogy Eddington arcán kétkedés látszott, a fizikus még hozzátette: »Professzor Úr, ne legyen zavarban; Ön túl szerény.« Sir Arthur így válaszolt: »Nem vagyok zavarban, csak azon gondolkodom, hogy ki lehet a harmadik?«

Az általános relativitáselmélet megértéséhez olyan matematikai módszerekre volt szükség, amelyeket ebben az időben még nem ismertek általánosan és amelyek még nem is fejlődtek ki eléggé. Az általános relativitáselmélet ténylegesen befolyásolta a Riemann-geometria és később a nem-Riemann-geometria kifejlődését. A relativitáselmélet a matematika ezen ágainak növekedésére serkentőleg hatott.

Csak az első világháború után terjedt el az általános relativitáselmélet ismerete Angliában, a Szovjetunióban és a többi országban. 1919-ben két angol expedíciót szerveztek, az egyiket a braziliai Sobralba, a másikat Principebe, az afrikai sivatagba, hogy napfogyatkozáskor megfigyeljék, vajon a csillagokról kiinduló fénysugarak eltérülnek-e a Nap gravitációs terében, és ez az effektus megegyezik-e számszerűen azzal, amit az általános relativitáselmélet megjósolt. Az akkor közzétett eredmények Einstein kijelentéseit tényekkel igazolták. Bár a későbbi mérések — úgy látszik — ezt az egyezést elrontották, mégis: ma nincs kétség afelől, hogy a fénysugarakat a nehézségi erő eltéríti.

Ez a jelenség, a Nap nehézségi erőterében eltérülő fénysugár csodálatra indította az egész művelt világot. Nem sokkal 1920 után Einstein, a legszerényebb ember, világhírű tudós lett. Azt hiszem, Einstein hirtelen támadt hírének oka az emberiség béke utáni vágya volt. Itt volt egy fenséges és titokzatos természeti jelenség: a csillagos ég napfogyatkozás idején. E természeti jelenség elméletét egy német professzor alkotta meg és egy angol tudós igazolta. Két nemzet tudósai működtek itt együtt, két olyan nemzeté, amelyek két évvel előbb még egymás ellen harcoltak. Véleményem szerint ez is oka volt annak, hogy a reakciós erők küzdöttek Einstein ellen. Einstein valóban a világ leghíresebb embere volt: a legtöbbet magasztalt és a legtöbbet gúnyolt ember. Számára mindkettő közömbös volt, éppúgy, mint a külső élet legtöbb aprósága. Ő maga talán sokkal kevésbé volt tudatában hirtelen támadt hírének, mint bárki más.

Az általános relativitáselmélet viszonylag lassan fejlődött; Einstein a Porosz Akadémia Közleményeiben fogalmazta meg, majd újrafogalmazta. Einsteinnek többször vissza kellett térnie munkáihoz, egyes hibákat ki kellett javítania, amint egyre mélyebbre és mélyebbre hatolt a gravitáció problémájába. 1916-ban az általános relativitáselmélet épülete készen állt, és az elméletet Einstein még egyszer összefoglalta egy hosszabb munkájában, amely az *Annalen der Physik*-ben jelent meg: »Az általános relativitáselmélet alapjai« címmel. Ezután elvi változtatások már nem történtek, bár még sok eredmény született és fejlődött tovább.

Az általános relativitáselméletnek ama következményei közül, amelyek a klasszikus mechanikából nem vezethetők le, az egyik jólismert: a Merkúr perihéliummozgása. Ez volt az általános relativitáselmélet első bizonyítéka, 1916-ban. Ezt akkor a híres csillagász, Schwarzschild vezette le Einstein egyenleteiből. Ez a kijelentés azonban lényeges egyszerűsítéseken alapszik. A probléma teljes története bonyolultabb. Ezt ismertetem most röviden. Az általános relativitáselmélet 1916-ban megfogalmazott alakjában két alappilléren nyugszik. Az egyik: a téregyenletek; ezek az egyenletek írják le a nehézségi erőter, vagy — ha úgy tetszik — a geometriai tér változásait a térben és az időben. A másik: a mozgásegyenletek, amelyek azt mondják meg: hogyan mozog egy test ebben a nehézségi erőterben. Ezek az egyenletek, azaz a geodetikus vonal egyenletei helyettesítik a régi Newton-féle mozgásegyenleteket, amelyekben a nehézségi erő a gyorsulással arányos volt. Most azonban az általános relativitáselméletben a mozgásegyenletek, akár csak a többi természettörvény, nemcsak inerciarendszerekben, hanem bármely tetszőszerinti koordinátarendszerben érvényesek.

Ha tehát pl. egy bolygó mozgását kívánjuk meghatározni a Nap nehézségi erőterében, először meg kell határozni a Nap nehézségi erőterét az általános relativitáselmélet téregyenleteiből. Ezután az ismert térben alkalmazni kell a mozgásegyenleteket és ezekből kell a bolygó mozgását meghatározni. Schwarzschild éppen ezt végezte el nagy matematikai ügyességgel. Eredménye azonban csak abban az esetben érvényes, ha a bolygó a Naphoz képest igen kicsiny. Mi történik azonban a kettős csillagok esetében, azaz: mi történik, ha nem egytest-, hanem kéttest-problémával van dolgunk? Ekkor a Schwarzschild-féle módszer nem alkalmazható. Tehát nem támaszkodhatnak az általános relativitáselmélet második alappillére!

Ismerjük a téregyenleteket és a mozgásegyenleteket, de a mozgásegyenletek érvénye korlátozott. 1938-ig nem volt ismeretes a kettős csillagok mozgásproblémájának a megoldása az általános relativitáselmélet szerint, noha a probléma megoldása a klasszikus mechanika szerint majdnem triviális; alig nehezebb, mint az egytest-probléma, vagyis egy könnyű bolygó és a Nap mozgásproblémája.

Einsteinnek már régóta az volt a véleménye, hogy a mozgásegyenletekre az általános relativitáselméletben nincs szükség, ilyen egyenleteket nem kell feltételezni, hanem azokat a téregyenletekből le lehet vezetni; tehát elhagyhatjuk a mozgásegyenleteket, és az általános relativitáselmélet egyetlen alappillére: a téregyenletek.

Ez az elgondolás helyesnek bizonyult, de a bizonyításhoz sok idő kellett. 1916-ban már minden technikai eszköz a matematikusok és fizikusok kezében volt. Ismerték a téregyenleteket. Csak azt kellett bebizonyítani, hogy a téregyenletek tartalmazzák a mozgásegyenleteket. Ezt a mun-

kát ahhoz lehetne hasonlítani, hogy valaki olyan kincs után ás, amelyről tudja, hová rejtették. Einstein többször foglalkozni kezdett ezzel a problémával, ismét elhagyta, és másokra tért át, majd megint visszatért ehhez a problémához. Közben Hitler hatalomra került. Einstein elhagyta Berlint és Princetonban telepedett le, mint az »Institute for Advanced Study« professzora. A kettős csillagok helyes mozgásegyenleteit, abban a közelítésben, amely egy lépéssel tovább megy, mint a Newton elmélet, először 1938-ban vezettük le a relativitáselmélet téregyenleteiből.

Előbb azt mondtam, hogy előadásom nem lesz sem objektív, sem teljes. A rend kedvéért szeretném felsorolni a legfontosabbakat a kihagyott témák közül: A harmadik effektus, azaz a vöröseltolódás tárgyalása, az általános relativitáselmélet megalkotására irányuló kutatás, amelynek Einstein élete harmincöt évét szentelte és amelyen még most is dolgozik. Azokat a problémákat, amelyeket a relativitáselmélet fejlődéséről adott rövid áttekintésemben ismertettem — ez magától értetődik —, szubjektív szempontok alapján választottam ki.

Még szeretnék választ adni arra a kérdésre, hogy hogyan gondolkodik a fizikus-világ az általános relativitáselméletről. Azt hiszem, a legtöbb fizikus elfogadja, hogy az a gravitációs tér egyetlen ésszerű szép elmélete. Vannak ugyan más elméletek, de ezeket Einsteiné szépségben, mélységben és logikai lezártágban felülmúlja. Ezen elméletek közül némelyik csak valamilyen, az egyenletekben szereplő állandó alkalmas választásával magyarázza meg a Merkúr perihéliummozgását. Az Einstein-féle elmélet viszont nem használ új állandókat, ami jelentős előnye! Ezek a gravitációs elméletek legtöbbször a speciális relativitáselmélet inerciarendszerét használják; némelyik elmélet szerint a kettős csillag tömegközéppontja gyorsulással mozog. Azok a fizikusok, akik maguk is állítottak fel gravitációs elméletet, Einstein elméletét túlságosan radikálisnak tekintik. Véleményem szerint azonban ez éppen egyik főereje! Valójában Einstein gravitációs elméletének nincs komoly versenytársa. Az általános relativitáselmélet negyven esztendő! A Bohr-féle atomelméletet, amely az általános relativitáselmélettel egyidőben keletkezett, tizenkét év után felváltotta a Schrödinger- és Heisenberg-féle elmélet. Figyelemreméltó, hogy Einstein elmélete születése után negyven esztendővel még élő elmélet, e területen ma is fontos eredményeket érnek el, ha nem is áll a fizikusok érdeklődésének középpontjában.

Említettem, hogy van néhány olyan fizikus, akik különböző okokból valamilyen más gravitációs elméletet tekintenek helyesnek. Van azonban egy nagyobb csoport, akik az általános relativitáselmélet matematikai alakját elfogadják, de az alapvető fogalmak Einstein-féle interpretációjával nem értenek egyet. Az általános relativitáselmélet két lényeges alapfogalata a következő:

1. A gravitációs tér és a metrikus tér azonosak.
2. Érvényes az általános relativitás elve, azaz: mindenfajta transzformáció meg van engedve.

Néhány fizikus nem fogadja el e két gondolat egyikét vagy másikat. Egyes fizikusok, akik helyesnek tartják az Einstein-féle téregyenleteket, azokat csupán a gravitációs teret meghatározó egyenleteknek tartják, a metrikus tér szerintük pszeudoeuklideszi marad. Más fizikusok nem hisznek az általános relativitás elvében, és pedig a következő értelemben: olyan koordinátafeltételeket kötnek ki, amelyek a koordinátarendszereknek egy egymásból Lorentz-transzformációval kapható csoportját kitüntetik. A koordinátafeltételekkel kiegészítik a téregyenleteket.

Előadásom nem vitaelőadás. Minden esetre meg kívánom jegyezni, hogy Einstein véleménye szerint elméletének súlypontja éppen az említett két elv, különösképpen az általános relativitás elvének feltételezése. Einstein szerint e feltevések megváltoztatása azt jelenti, hogy elvetjük azokat a gondolatokat, amelyek az általános relativitás-elméletet létrehozták.

Mielőtt befejezném, még csak egy megjegyzést szeretnék tenni. Einstein kutatásának eredményei már máig is mélyen hatottak a világ anyagi életének folyására és súlyos politikai és erkölcsi kérdéseket vetettek fel. Az atomenergia fejlődésének története Einsteinnek a tömeg és energia

egyenértékűségére vonatkozó összefüggése megállapításával kezdődött. Einstein azok között volt, akik az uránmag hasadásának felfedezése után elsőként ismerték fel az atomenergia adta hatalmas lehetőségeket és a visszaélések veszélyeit.

Einstein évek óta szenvedélyesen küzd az atomenergia tömeggyilkosságra való felhasználása ellen és a világ békéjének fenntartásáért. Üzenetében, amelyben a háború után az amerikai néphez szólt, ezt mondta:

»Ránk, tudósokra, akik ezt a hatalmas erőt felszabadítottuk, nehezedik a felelősség súlya, hogy az atomenergiát úgy irányítsuk, hogy az emberiség javát szolgálja és ne vezessen pusztulásához.«

Előadásomat Einsteinnek ezzel az üzenetével szeretném befejezni. Még hátra van az, hogy megköszönjem Önöknek megtisztelő meghívásukat, hogy abban a városban és ugyanabban a teremben tartsak előadást, amelyben negyedszázaddal ezelőtt Planck és Einstein adtak elő. Szívből kívánom hallgatóimnak és az egész német népnek, hogy virágozzék fel Berlinben — a majd újraegyesített, demokratikus Németország fővárosában — az elméleti fizika, s legyen méltó a Kirchhoff, Helmholtz, Planck és Einstein teremtette hagyományokhoz.

Leopold Infeld

Egyetemi Elméleti Fizikai Intézet, Varsó

Hogyan született meg az általános relativitáselmélet?

Felszólítottak, hogy beszéljek el valamit saját tudományos kutatásaim történetéből. A felszólításnak szívesen teszek eleget. Nem azért teszem, mintha az egyéni törekvés jelentőségét értékén felül becsülném. Mások kutatásai történetének ismertetéséhez azonban olyan elmélyülés szükséges, melyet a történelmi kutatásokban járatosak jobban elérhetnek. Saját további gondolataim fellelevenítése ennél sokkal könnyebb feladat. E gondolatok ismertetésével kedvezőbb helyzetben vagyok, mint bárki más. Nem volna szabad ezt a lehetőséget szerénységre való hivatkozással felhasználatlanul hagyni.

A speciális relativitáselméletben kifejezést nyert az összes tehetetlenségi rendszereknek a természeti törvények megformulázása szempontjából való teljes egyenértékűsége (1905). Közelfekvő volt ekkor a kérdés: nem áll-e fenn a koordinátarendszereknek ezen túlmenő ekvivalenciája? Másképp megfogalmazva: Ha a sebesség fogalmának csak relatív értelmet tulajdoníthatunk, fenn kell-e ennek ellenére tartanunk továbbra is a gyorsulás abszolút voltát?

Tisztán kinematikai szempontból nincs okunk kételkedni bármely mozgás relativitásában. Fizikailag azonban úgy látszik, hogy a tehetetlenségi rendszer kitüntetett jelentőséggel bír, így

más vonatkoztatási rendszerek használata meszkéltnek tűnhetik.

Mach felfogását természetesen ismertem. Szerinte elgondolható, hogy a tehetetlenség nem a kinematikai értelemben vett pusztaság gyorsulásnak, hanem a világ többi tömegeihez képest való gyorsulásnak az ellenhatása. A gondolat számomra megkapó, elegendő alapot azonban nem nyújtott egy új elmélet felépítéséhez.

A probléma megoldásához akkor jutottam egy lépéssel közelebb, amikor megpróbáltam a gravitációs törvénynek a speciális relativitáselmélet keretei között való tárgyalását. A többi kutatóhoz hasonlóan én is a gravitáció téregyenleteinek felállítására törekedtem.

Közvetlen távolbahatás feltételezése az abszolút egyidejűség fogalmának elvetése után nem látszott lehetségesnek, hacsak nem elégszünk meg valamilyen erőltetett természetellenes feltevessel.

A legegyszerűbb eljárás nyilvánvaló módon az volt, hogy megtartsuk a gravitációs tér skaláris potenciálját, melyet Laplace vezetett be, és a Poisson-egyenletet egy idő szerint vett deviváltat tartalmazó taggal olymódon egészítsük ki, hogy az egyenlet a speciális relativitáselmélet követelményeinek eleget tegyen. A tömegpont gravitációs térben való viselkedését megszabó mozgás-

törvényt is összhangba kellett hozni a speciális relativitás elvével. Az ehhez vezető út kevésbé volt egyértelmű, hiszen a testek tehetetlen tömege a gravitációs potenciáltól is függhetett. Ez már az energia tehetetlenségének tétele miatt is várható volt.

Vizsgálataim e téren olyan eredményekhez vezettek, melyek engem a legnagyobb mértékben bizalmatlansággal töltöttek el. A klasszikus mechanika szerint egy függőleges nehézségi erőterben mozgó test függőleges irányú gyorsulása független sebességének vízszintes komponensétől. Ezzel függ össze az a tétel, hogy egy mechanikai rendszer tömegközéppontjának függőleges gyorsulása ilyen erőterben független a rendszer belső energiájától. Az általam felállított elméletben azonban nem valósult meg az erőgyorsulásnak a vízszintes sebességkomponenstől, ill. a rendszer belső energiájától való függetlensége.

Az első próbálkozás eredménye tehát nem egyezett meg a régi tapasztalattal, mely szerint egy meghatározott erősségű gravitációs térben minden test azonos gyorsulással mozog. Most értettem meg e tételnek, mely a tehetetlen és súlyos tömeg egyenlőségének tételeként is megfogalmazható, a mély jelentőségét. A legnagyobb csodálattal töltött el ennek fennállása. Sejtettem, hogy ez rejti a kulcsot, mely a tehetetlenség és gravitáció jelenségeinek mélyebb megértéséhez vezet. Noha — ha jól emlékszem — akkor még nem volt tudomásom Eötvös szép kísérleteinek eredményeiről, a tétel szigorú érvényességében komolyan soha nem kételkedtem. Ekkor vettem el a gravitációnak a speciális relativitáselmélet keretei közt megkísérelt fenti tárgyalását, mint alkalmatlant. A megkísérelt elmélet nem tudott számot adni a gravitáció legalapvetőbb tulajdonságáról. A tehetetlen és súlyos tömeg egyenlőségének tételét szemléletesen így fogalmaztam meg: Homogén gravitációs térben minden mozgás úgy folyik le, mint gravitációmentes térben egy gyorsuló koordinátarendszerre vonatkoztatva. Ha ez a tétel bármilyen jelenség esetén érvényes (ekvivalencia elve), akkor arra utal, hogy a relativitás elvét ki kell terjesztenünk az egymáshoz képest gyorsulva mozgó koordinátarendszerekre is. Másként nem lehetséges a gravitáció olyan elméletének kidolgozása, mely erőltetett feltevésektől mentes. Ilyen gondolatok foglalkoztattak 1908 és 1911 közt. Megkíséreltem, hogy a fenti elvből speciális következtetéseket tudjak levonni. Ezekről most nem kívánok beszélni. A fontos annak felismerése volt, hogy a gravitáció lényegét tükröző elmélete csak a relativitáselv kiterjesztésétől várható.

A feladat a következő: olyan elméletet kell kiépíteni, melynek egyenletei nemlineáris koordinátatranszformáció során is megőrzik alakjukat. Hogy teljesen tetszőleges (folytonos) koordinátatranszformációk esetére kell ennek érvényesnek lenni, vagy azok szűkebb típusára, akkor még nem volt kézenfekvő számomra.

Azt hamar beláttam, hogy a nemlineáris transzformációknak az ekvivalencia-elv által megkövetelt bevezetése esetén szükségszerűen elvész a koordináták egyszerű fizikai jelentése. Többé nem követelhető meg, hogy a koordináta-különbségek ideális méterrudak és órák által közvetlenül mért adatokat jelentsenek. A felismerés hosszú időn keresztül nyugtalanított. Sokáig nem voltam képes belátni, hogy ezek után mit jelenthetnek még a koordináták a fizikában. A dilemma megoldása csak 1912-ben született meg, mégpedig a következő megfontolás alapján:

Találni kell a tehetetlenségi törvény számára egy olyan új megfogalmazást, mely akkor, ha nincs jelen gravitációs tér, tehetetlenségi rendszert használva vonatkoztatási rendszerül, a Galilei-féle fogalmazásba megy át. Az utóbbi a következőket mondja:

Egy tömegpont, melyre erők nem hatnak, a négydimenziós térben olyan mozgást végez, melyet egyenes vonal ábrázol, tehát egy legrövidebb vonal, valódi extrémális. A legrövidebb vonal fogalma feltételezi a vonalelem-»hossz« fogalmának, tehát a metrikának a létezését. A speciális relativitáselméletben — mint azt Minkowski megmutatta — a metrika quasieuklidesi volt: a vonalelem ds hosszúságának négyzete a koordinátadifferenciálok meghatározott kifejezéseként adódott. Ha nemlineáris transzformációval más koordinátákat vezetünk be, ds^2 a koordinátadifferenciálok homogén kifejezése marad. A kifejezésben szereplő együtthatók (g_{ik}) azonban nem lesznek többé állandók, hanem a koordináták bizonyos függvényei.

A matematika nyelvén ezt úgy fejezzük ki, hogy a (négydimenziós) fizikai világ Riemann-féle metrikával rendelkezik. Ennek a metrikának időszerű extrémális vonalai szolgáltatják a tömegpontok mozgástörvényét, ha a gravitáción kívül más erők nem hatnak. A metrikát meghatározó együtthatók (g_{ik}) egyszersmind a gravitációs teret is leírják a választott koordinátarendszerre vonatkoztatva. Így sikerült az ekvivalencia-elv természetes megfogalmazására jutni. Ezen megfogalmazásnak tetszőleges gravitációs terekre való kiterjesztése természetes feltevésként adódott.

A fenti dilemma megoldása tehát a következő: nem a koordinátadifferenciáloknak, hanem a hozzájuk rendelt Riemann-féle metrikának van fizikai jelentése. Ezáltal az általános relativitáselmélet számára használható alapot sikerült teremteni. Még két probléma megoldása volt hátra:

I. Ha egy természeti törvény megfogalmazását a speciális relativitáselmélet kifejezőnyelvén ismerjük, hogyan vihető az át a Riemann-geometria esetére?

II. Miként hangzanak azok a természeti törvények, melyek a Riemann-geometriát (tehát g_{ik} -t) magát meghatározzák?

Ezeket a problémákat dolgoztam Grossmann barátommal 1912-től 1914-ig.

Az I. probléma megoldására szolgáló matematikai módszereket készen találtuk a Ricci és Levi—Civita által kidolgozott abszolút differenciál-kalkulusban. A II. probléma megoldásához nyilván a g_{ik} -kat és deriváltjaikat tartalmazó másodrendű invariánsokból kellett kiindulni. Megtuttuk, hogy ezeket Riemann a görbületi tenzor formájában már megalkotta. Két évvel az általános relativitáselmélet publikálása előtt már felírtuk a gravitáció helyes téregyenleteit. Nem voltunk azonban képesek arra, hogy annak fizikai alkalmazhatóságát felismerjük és megértsük. Azt hittem, hogy az egyenletek tapasztalatilag nem igazolhatók. Még azt is gondoltam, hogy általános jellegű megfontolással sikerült kimutatnom a tetszőleges koordinátatranszformációval szemben invariáns gravitációs törvénynek a kauzalitás elvével való összeegyeztet-

hetetlenségét. A gondolkodás tévútjai voltak ezek, melyek nekem kétévi megfeszített munkámat emésztették fel, míg végre hibás voltukat 1915-ben felismertem.

Bűnbánóan visszatértem a Riemann-féle görbülethez, ezután megtaláltam az elméleti eredményeknek a csillagászati tapasztalattal való egyezését is.

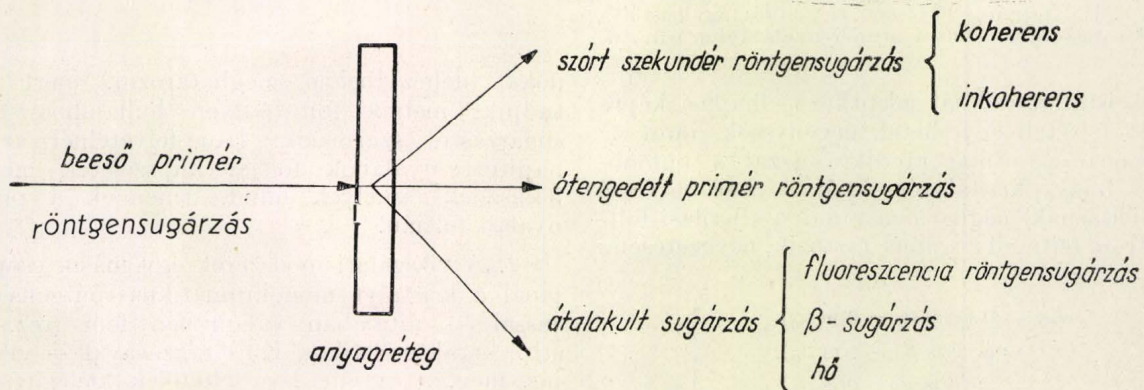
Az elnyert ismeret birtokában szinte magától értetődőnek tűnik az elért eredmény, azt egy értelmes tanuló minden nagyobb fáradság nélkül elsajátíthatja. De a sejtésekkel telt, éveken át tartó tapogatódzást a sötétségben, a vele együttjáró feszült vágyakozást, a hit és kiábrándultság váltakozását, végül a világosság áttörését csak az ismerheti, aki mindezt maga is átélte.

Albert Einstein

Finomszerkezet vizsgálat röntgensugarakkal I.

Röntgensugárzás és anyag kölcsönhatása

Ha röntgensugárzás anyagrétegbe ütközik, akkor egy része irány és hullámhossz változás nélkül átmegy az anyagon, egy része szóródik az anyag atomjainak elektronburkán, egy része pedig másfajta sugárzások gerjesztésére fordítódik. A primér röntgensugárzás energiájának megoszlását vázlatosan az alábbi ábra szemlélteti:



1. ábra

Mivel a felsorolt effektusok a röntgensugárzás és az anyagréteg kölcsönhatásának eredményei, várható, hogy az effektusokból következtetni lehet az anyagréteg sajátosságaira. Elméleti szempontból mindegyik effektus vizsgálata fontos, a gyakorlati anyagvizsgálatban azonban főleg háromnak van különös jelentősége:

1. *Durvaszerkezet vizsgálatnál* az átengedett primér nyalábot, pontosabban az anyagrétegnek a primér nyaláb által vetett árnyképét vizsgálják,

s az árnykép részeinek különböző fedettségéből az anyag belső egyenetlenségeire és hibáira (idegen zárványok, üregek, repedések stb.) következtetnek (röntgen hibakeresés — defektoszkópia).

2. *Röntgen spektroszkópiánál* az anyagrétegben gerjesztett fluoreszcencia röntgensugárzás spektrumát tanulmányozzák, és a spektrumvonalak hullámhosszából és intenzitásából a gerjesztett atomok minőségét és százalék arányát határozzák

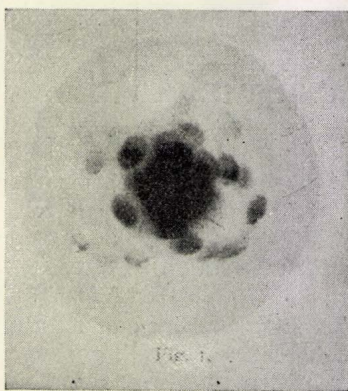
meg (kvalitatív és kvantitatív röntgen kémiai analízis).

3. Végül a *finomszerkezet vizsgálat* tárgya az atomok elektronburkain szóródó szekundér röntgensugárzás, illetve annak a primér sugárzással azonos hullámhosszú koherens része. A koherens szórt sugárzáson kívül a Compton-effektus eredményeképpen fellép még egy inkohereus szórt sugárzás is, amelynek hullámhossza nagyobb a primér sugárzásénál.

Röntgensugárzás koherens szóródása kristályrácsos

A röntgen finomszerkezet vizsgálat módszerei

Koherens szórás elvileg minden irányban van. Ha azonban a szórócentrumok rendezetten helyezkednek el, akkor a szórt hullámok interferencia révén bizonyos irányokban erősítik, más irányokban gyengítik egymást, s így szórt sugárzás csak egyes diszkrét irányokban lesz észlelhető. Ez a helyzet pl. a kristályoknál, ahol az atomok párhuzamos irányokban azonos távolságokra következnek egymásután, vagyis — optikai analógiával élve — háromdimenziós rácsot alkotnak. Ha tehát egy kristályt röntgensugarakkal világítunk át, akkor a kristály mögött elhelyezett fényérzékeny filmen diszkrét foltokból álló elhajlási kép jelenik meg (l. 2. ábra).



2. ábra

Az első röntgen elhajlási kép kristályrácsról. Készítette Friedrich és Knipping 1912-ben rézszulfát egykristályról. A középső fekete folt a primér nyalábtól származik

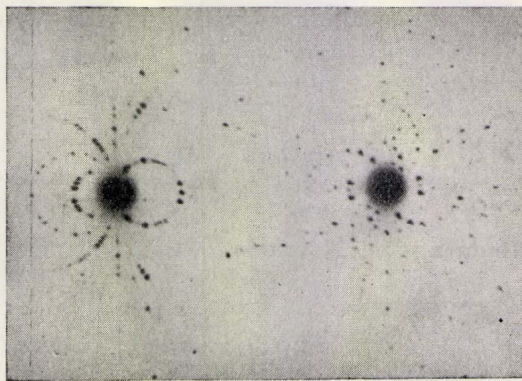
A kristályrácsoknál jelentkező elhajlási képre hasonló feltételi egyenletek érvényesek, mint az egydimenziós optikai rácsokra azzal a különbséggel, hogy kristályrácsoknál a háromirányú periodicitásnak megfelelően minden elhajlási folt-hoz három feltételi egyenlet tartozik, nevezetesen :

$$\left. \begin{aligned} h\lambda &= a (\cos \alpha - \cos \alpha_0), \\ k\lambda &= b (\cos \beta - \cos \beta_0), \\ l\lambda &= c (\cos \gamma - \cos \gamma_0). \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Az egyenletekben szereplő betűk jelentése : h, k, l tetszés szerinti egész számok (az elhajlási folt rendszámái), λ a röntgensugárzás hullámhossza, a, b, c , a három dimenzióznak megfelelő három rácsállandó, végül a hat szögfüggvény a beeső, ill. az elhajlított nyaláb iránycosinusai. Mivel mind a beeső, mind az elhajlított nyaláb iránycosinusainak négyzetösszege 1-gyel egyenlő, fenti három feltételi egyenlethez (ún. Laue-egyenletek) még két további egyenlet járul. Az egydimenziós optikai ráccsal ellentétben ennek az egyenlet-

rendszernek adott λ és adott beesési szög esetén nincs mindig megoldása, ami azt jelenti, hogy ha nyugvó kristályt monokromatikus röntgennyalábbal megvilágítunk, nem mindig kapunk elhajlási képet. Ezt a nehézséget a gyakorlatban háromféleképpen lehet kiküszöbölni :

1. Az ún. *Laue-módszernél* a nyugvó kristályt folytonos röntgensugárzással világítják meg, amelyben mindig vannak a feltételi egyenleteket kielégítő hullámhosszak. Ennek a módszernek az az előnye, hogy a kristály felvétel közben nyugszik, így az elhajlási képből a kristály térbeli orientációjára, megfelelő beállítás esetén pedig a kristály szimmetriájára is következtethetünk (l. 3. ábra). Hátránya viszont, hogy a rácsállan-



3. ábra

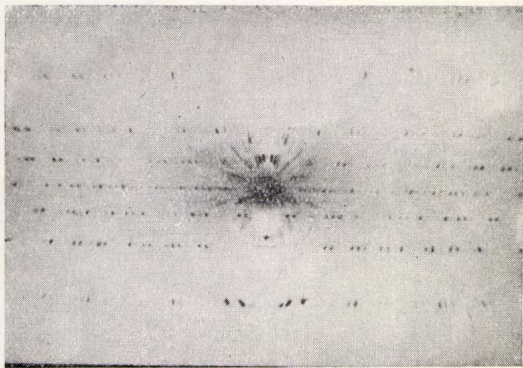
Kettős Laue-felvétel fixírsó egykristályról. A baloldali felvételnél az ábra síkjára merőleges vízszintes szimmetriasíkja, a jobboldalinak pedig az ábra síkjára merőleges kétfogású szimmetriatengelye van (Sándor—Csordás.)

dókat nehéz belőle meghatározni, mert nem tudjuk, melyik folt milyen hullámhosszúságú sugárzástól származik. Laue-felvételnél az elhajlított nyalábok foltjai kúpszeletek mentén fekszenek, amelyek mind átmennek a primér nyaláb foltján.

2. A vizsgálati módszerek egy másik csoportjánál a kristályt monokromatikus röntgensugárzással — általában valamilyen fém (réz, vas stb.) karakterisztikus K_α sugárzásával — világítják meg, s az elhajlási feltételek kielégítését a beesési szög változtatásával biztosítják. Legegyszerűbb változata az ún. *forgó kristályos módszer*, amelynél a kristályt egy tengely körül forgatják, és az elhajlási képet a kristály köré terített nyugvó hengeres filmre veszik fel. Forgókristályos felvételeken az elhajlított nyalábok foltjai párhuzamos vonalak (az ún. rétegvonalak) mentén helyezkednek el. (l. 4. ábra)

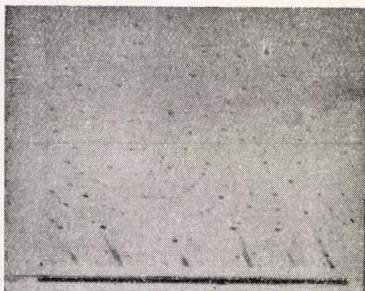
A módszer újabb változatainál a kristály forgatásával egyidőben a filmet is mozgatják, ezáltal az elhajlási képet alkalmas módon szét húzzák, ami jelentősen megkönnyíti a foltok

identifikálását és a rácsállandók meghatározását. A mozgófilmes eljárások egyik korszerű változatánál, a *Weissenberg-módszernél*, az elhajlított nyalábok foltjai parabolákra emlékeztető asszim-



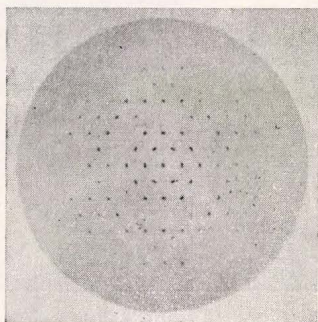
4. ábra

Forgókristályos felvétel fixírsóról. A felvételnél a kristály nem forgott teljesen körül, hanem csupán egy 5° -os intervallumban oszcillált (Sándor—Csordás).



5. ábra

Weissenberg-felvétel fixírsóról (Sándor—Csordás).



6. ábra

De Jong—Bouman felvétel a kvarc alacsony hőmérsékleten stabilis módosulatáról (*a* kvare). A felvétel jól mutatja a kristály hexagonális szimmetriáját (Buerger).

metrikus görbék mentén fekszenek (l. 5. ábra), a legújabbán bevezetett *de Jong—Bouman-módszernél* pedig jól áttekinthető kétdimenziós hálózatot alkotnak (l. 6. ábra), amelyből a kristály rácsállandói viszonylag egyszerűen meghatározhatók.

3. Végül a *Debye—Scherrer-módszernél* a kristályt finom porrá törnek, a porból kis abszorpciójú amorf kötőanyaggal hengert formálnak, s azt monokromatikus röntgensugárral világítják át. Mivel a hengeres anyagminta parányi kristálykék (ún. kristallitok) rendezetlen halmaza, amelyben minden lehetséges kristályorientáció előfordul, a röntgensugarak elhajlása szempontjából a porhenger egy minden lehetséges tengely körül körbenforgatott egykristálynak felel meg. A feltételi egyenletek kielégítését tehát tulajdonképpen a Debye—Scherrer-módszernél is a beesési szög



7. ábra

Debye—Scherrer felvétel konyhasóról (Zsoldos).

változtatásával biztosítják. Az elhajlított nyalábok egyébként ennél a módszernél ívalakú foltokat, ún. Debye—Scherrer-gyűrűket adnak (l. 7. ábra). A gyűrűk minden pontja más-más kristallitól származik, a gyűrűk a sok apró elhajlási kép összeolvadásából jönnek létre.

A röntgen finomszerkezet vizsgálat technikája

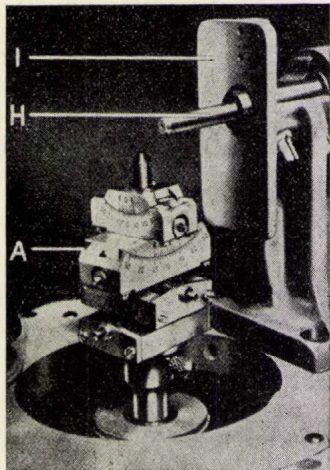
Az előző paragrafusban mondottakból következik, hogy minden röntgen finomszerkezet vizsgáló készülék elvileg három részből áll: 1. a röntgensugarakat előállító *sugárforrásból*, 2. az anyagminta beállítására és mozgatására szolgáló *goniométerből*, és végül 3. az elhajlított nyalábokat *regisztráló készülékből*. Vegyük sorra az egyes részeket.

1. *A sugárforrás.* A Laue-módszerhez 50—60 kV anódfeszültséggel táplált wolfram-antikatódos röntgenszó fékezési sugárzását, a többi módszerhez pedig 30—40 kV feszültséggel táplált réz, vas stb. antikatódos röntgenszó karakterisztikus K_α sugárzását használják. A röntgenszóvek hatásfoka igen rossz, a betáplált energiának csak igen kis hányada fordítódik röntgensugárzás gerjesztésére, a legnagyobb része hővé alakul át. Pl. egy 40 kV anódfeszültséggel és 10 mA anódárammal működtetett réz-antikatódos röntgenszónél a betáplált 400 W teljesítménynek kb. 99,84%-a, vagyis gyakorlatilag majdnem az egész hőtermelésre, az antikatód melegítésére fordítódik, és csak a fennmaradó 0,16% fordítódik röntgensugárzás gerjesztésére. Ezért az antikatódot a gyakorlatban üregesre készítik, és víz átáramoltatásával hűtik.

2. Finomszerkezet vizsgálatokhoz az anyag szóróképeségétől függően néhány tized mm átmérőjű anyagminták kellenek. Az *anyagmintát tartó goniométer* úgy van kiképezve (l. 8. ábra), hogy az anyagmintát három egymásra merőleges eltolás, azonkívül három egymásra merőleges

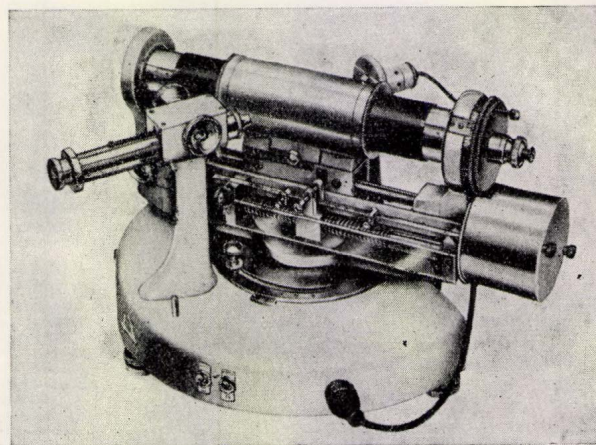
tengely körüli forgatás révén tetszés szerinti helyzetbe be lehessen állítani. A goniométerhez a legtöbb vizsgálati módszernél még valamilyen mozgatóberendezés is csatlakozik, fotografikus

indulása óta használnak regisztráló készülékek atmoszféra nyomású argonnal töltött ionizációs kamrákat, újabban pedig G. M.-csöveket is. Az ionizációs kamrák és a G. M.-csövek nagy előnye,



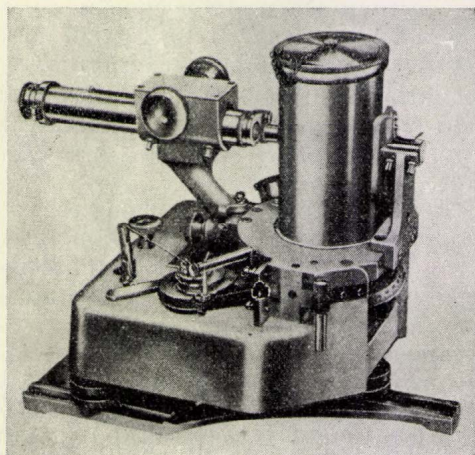
8. ábra

Precíziós kristálytartó goniométer. A felső két fokbeosztásos körív a goniométer tetején ülő kristálynak két egymásra merőleges vízszintes tengely körüli forgatására, az alattuk levő két szánkó pedig két egymásra merőleges vízszintes irányú eltolására szolgál. A harmadik irányú forgatás a goniométer függőleges tengelye körül, a harmadik irányú eltolás pedig a goniométer függőleges tengelye mentén történik (Unicam).



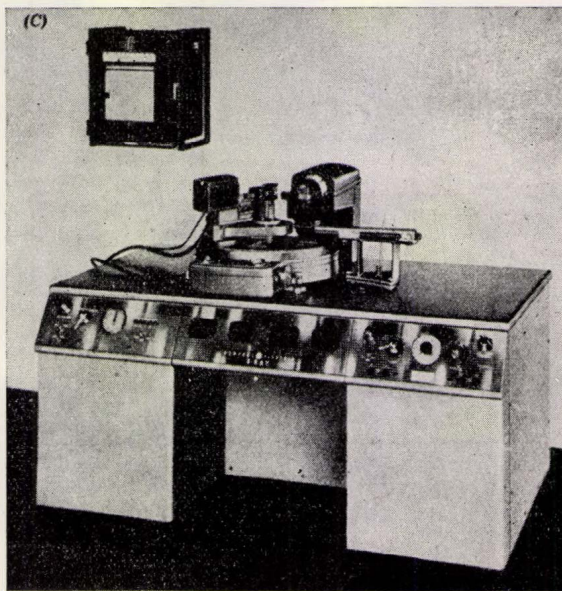
10. ábra

Korszerű Weissenberg-kamra mozgófilmes felvételek készítésére. A röntgenfilm a vízszintes henger belső falára fekszik fel, a kristálytartó goniométer pedig a henger tengelyében van. A kristály forgó mozgásával egyidőben a filmtartó henger haladó mozgást is végez (Unicam).



9. ábra

Korszerű forgókristályos röntgenkamra. A jobboldalt látható henger belső falára fekszik fel a röntgenfilm, a goniométer pedig a kristállyal a henger tengelyében helyezkedik el. A baloldalt látható távcső az apró kristály beállításának megkönnyítésére szolgál (Unicam).



11. ábra

Automatikus regisztrálással dolgozó korszerű G. M.-csöves finomszerkezet vizsgáló röntgenberendezés. Az asztallapon a vízszintes szerelésű röntgenső, a körosztás és a G. M. cső szerelvény, balra a falon az írókészülék látható (General Electric).

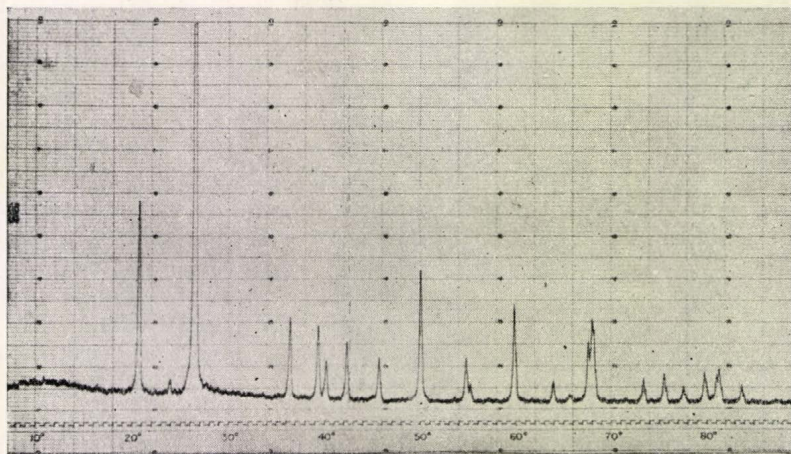
regisztrálásnál azonkívül az egész egybe van építve a fényérzékeny filmet tartó kamrával (l. 9. és 10. ábra).

3. Az elhajlított nyalábok regisztrálása a használatban levő készülékek legnagyobb részénél fotografikus úton, fényérzékeny film segítségével történik. Ezenkívül úgyszólván a vizsgálatok meg-

hogy velük az elhajlított nyalábok intenzitása közvetlenül meghatározható, míg a fotografiai módszernél a foltok feketedéséből külön méréssel kell az intenzitásokat megállapítani. Az automatikus regisztrálásra berendezett korszerű G. M.-csöves finomszerkezet vizsgáló készülékek (l. 11. és

12. ábra) teljesítőképessége sok, ipari szempontból fontos vizsgálatnál (keverékanalízis, kitüntetett orientációk vizsgálata stb.) messze meghaladja a fotografikus regisztrálással dolgozó készülékek teljesítőképességét, ezért a viszonylag magasabb beszerzési költség ellenére alkalmazásuk rohamosan terjed. Végül érdemes megemlíteni, hogy újabban történtek kísérletek az elhajlított nyalá-

polikristályos anyagok (pl. rézdrótok) kész Debye—Scherrer-anyagminták, amelyek monokromatikus röntgensugárral megvilágítva a már ismertetett »gyűrűs« elhajlási képet adják. A semmiféle rendezettséget nem mutató amorf anyagok a természetben igen ritkák (üvegek, gyanták stb.), a korábban amorfoknak tartott anyagok jórészeről a vizsgálati eljárások finomodá-



12. ábra

A 11. ábrán látható berendezéssel készült Debye—Scherrer diagramm kvarcporról. A vízszintes tengelyen az elhajlított nyaláboknak a primér nyalábbal bezárt szöge (θ), a függőleges tengelyen pedig a megfelelő intenzitásérték olvasható le. A diagramm felvétele 45 percig tartott.

boknak elektronsokszorozóval, szcintilláló kristályokkal, valamint fotokonduktív félvezető kristályokkal történő regisztrálására, sőt próbálkoznak az elhajlási képnek televíziós képső útján történő felerősítésével és kivetítésével is. Ezek az eljárások azonban még kísérleti stádiumban vannak, úgyhogy használhatóságukról korai volna jóslásokba bocsátkozni.

A röntgen finomszerkezet vizsgálat alkalmazási területe

Láttuk, hogy a röntgensugarak szóródása csak akkor ad diszkrét foltokból álló elhajlási képet, ha az átvilágított anyagban a szórócentrumok (atomok) rendezetten oszlanak el, vagyis ha az anyagminta kristályos szerkezetű. Kérdés mármint, hogy ez a megkötöttség nem korlátozza-e túlságosan szűk területre a röntgen finomszerkezet vizsgálat alkalmazási lehetőségeit. Az elmúlt évtizedek tapasztalatai azt mutatták, hogy komolyabb korlátozásoktól több okból nem kell tartani.

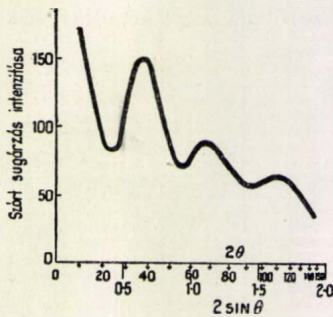
Először is a kristályokra jellemző rendezett felépítés nem kivétel számba menő ritkaság, hanem a szilárd fázis természetes megjelenési formája. A szilárd anyagok túlnyomó többségénél azonban (pl. a különböző fémkészítményeknél) a kristályrácsra jellemző háromirányú periodicitás gyakran csak szubmikroszkopikus méretű tartományokra, ún. krisztallitokra korlátozódik, melyek statisztikus rendezetlenségben helyezkednek el egymáshoz képest. Az ilyen, ún.

sával kiderült, hogy parányi krisztallitok rendezetlen halmazából állnak. A kristályos és amorf anyagok között tehát nincs éles szakadék, csak folytonos átmenet (vö. 15. és 18. ábra).

Másodsor : a teljes háromirányú periodicitást mutató kristályos anyagokon kívül (különösen a nagymolekulájú szerves anyagok körében) talánunk kétirányú periodicitást mutató réteges, ill. hártvány, valamint egyirányú periodicitást mutató rostos szerkezetű anyagokat is. Ezeknél a rétegeken, ill. rostokon belül az atomelrendezés periodikus, az egyes rétegek, ill. rostok távolsága és orientációja azonban változó. Mivel az elhajlási kép létrejöttéhez már egyirányú periodicitás is elegendő, a finomszerkezet vizsgálat számára ezek az anyagok is hozzáférhetők.

Végül az elhajlási kép keletkezésének alapfeltétele, a szórócentrumok rendezett elhelyezkedése, primitívebb formában ugyan, de megtalálható a többatomos gázoknál és folyadékoknál is. Nézzük először a gázokat. Bár az egyes gázmolekulák nagy sebességgel változtatják helyüket, és statisztikusan oszlanak el a gáztérben, a molekulákon belül az atomok kölcsönös helyzete minden molekulánál ugyanaz, s ez a »belső periodicitás« a Debye—Scherrer-gyűrűkre emlékeztető, csak éles vonalak helyett széles sávokból álló elhajlási képet hoz létre (l. 13. ábra). Folyadékoknál annyival bonyolultabb a helyzet, hogy ott a gázokra jellemző belső periodicitáson kívül fellep egy »külső periodicitás« is. A folyadékmolekulák szoros illeszkedése folytán ugyanis a szomszédos molekulák száma és átlagos távolsága időben változatlan,

amiből szintén kiadódik egy elhajlási jelenség, s ez a kép szuperponálódik a belső periodicitásból adódó elhajlási képre (l. 14. ábra). Hasonló a helyzet az amorf szilárd anyagoknál is, úgyhogy a röntgen finomszerkezet vizsgálati módszerek ezekre is kiterjeszthetők (l. 15. ábra).



13. ábra

Széntetraklorid (CCl_4) gőzről szóródó monokromatikus röntgennyaláb radiális intenzitás eloszlása. A θ a beeső és a szórt nyaláb hajlásszögét jelenti (Debye).

Röntgen finomszerkezet vizsgálati módszerekkel tehát gyakorlatilag minden anyag tanulmányozható. Az univerzális alkalmazhatóság mellett a finomszerkezet vizsgálat további nagy előnyei: a vizsgálatokhoz igen kevés anyag kell (szükség esetén már 1 mg anyag is elegendő), a vizsgálat az anyagmintát nem roncsolja, végül a vizsgálat

1. az elhajlási jelenség jellemző adatainak minél pontosabb kvantitatív meghatározása (mérés),

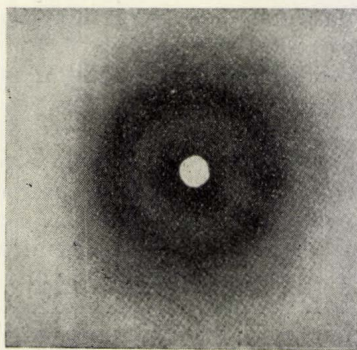
2. az elhajlási kép jellemző adataiból a vizsgált anyagminta sajátosságainak megállapítása (kiértékelés).

Az egyes adatok mérése a regisztrálás módjától függően különbözőképpen történik. Automatikus regisztrálásra berendezett G.M.-csöves készülékeknel pl. az elhajlított nyalábok iránya és intenzitása a diagrammról közvetlenül leolvasható, ezzel szemben fotografikus észlelésnél az elhajlított nyalábok irányát a foltok helykoordinátáiból számítással, intenzitását pedig a foltok feketedéséből denzitométeres méréssel kell meghatározni. A következőkben a különféle kiértékelési módok ismertetésénél az egységesség kedvéért a nehézkesebb, de ez idő szerint még általánosabban elterjedt fotografikus regisztrálást vesszük alapul, megállapításaink azonban könnyen átvihetők akár milyen más regisztrálási módra is. Vegyük ezután sorra, miféle információk nyerhetők egy elhajlási képből.

1. Kristályos anyagok identifikálása.

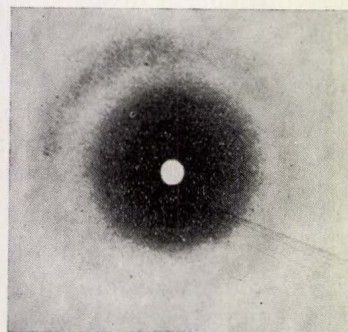
Keverékek és ötvözetek kvalitatív és kvantitatív analízise

A finomszerkezet vizsgálat egyik igen fontos gyakorlati alkalmazásának alapja az a tapasztalat,



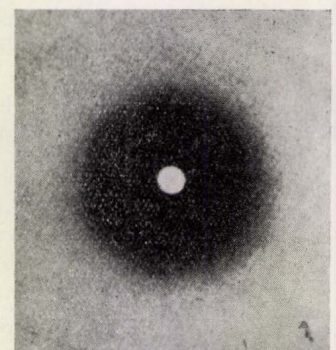
14. ábra

Debye—Scherrer-felvétel a vízről (Randall).



ólomüveg

Debye—Scherrer-felvétel ólomüvegről



bórüveg

15. ábra

és bórüvegről. (Randall és Cooper).

eredményét reprezentáló felvétel, ill. diagramm megőrizhető, s a kiértékelés bármikor ellenőrizhető.

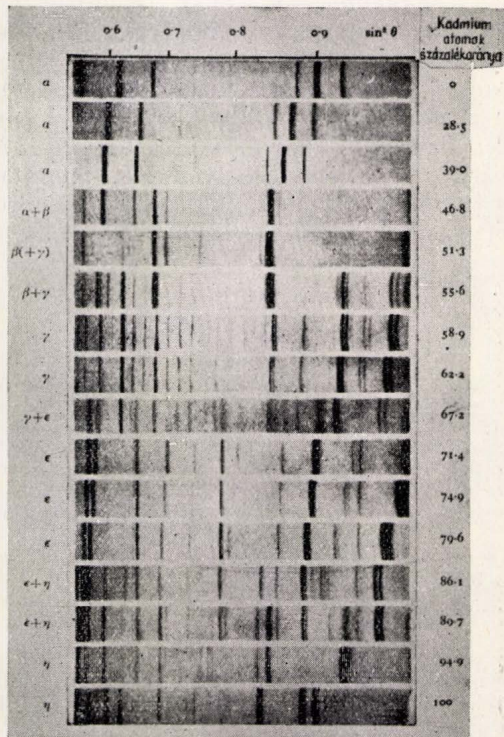
Az elhajlási képből direkt módszerekkel nyerhető információk és azok gyakorlati felhasználása

A különböző anyagoknál azonos körülmények között észlelhető elhajlási jelenségek az elhajlított nyalábok száma, iránya, keresztmetszete és intenzitása szempontjából különböznek egymástól. A finomszerkezet vizsgálatnak mármost kettős feladata van:

hogy a különféle anyagokról készített Debye—Scherrer-felvételeken a vonalak száma, helye és feketedése (vagyis az elhajlított nyalábok iránya is intenzitása) ugyanúgy jellemző az anyagra, mint az emberre az ujjlenyomat. Egy kellő számú adatot tartalmazó, megfelelően rendezett Debye—Scherrer-felvétel gyűjtemény birtokában tehát egyszerű összehasonlítással identifikálható minden olyan anyag, amelynek elhajlási képe a gyűjteményben már szerepel. Azonkívül mivel keverékeknel az alkotóelemek elhajlási képei szuperponálódnak, e módszer segítségével keverékek összetétele, sőt a vonalak intenzitás viszo-

nyaiból a komponensek százalékaránya is meghatározható.

A Debye—Scherrer-felvételek alapján történő identifikálást sokan a kémiai analízis egyik ágának tekintik, jóllehet egészen másról van szó. Az elhajlási kép alapján történő identifikálás független az anyag kémiai összetételének ismeretétől, s ennek megfelelően egyrészt olyan anyagok azonosítására is felhasználható, amelyeknek kémiai összetétele nem ismeretes, másrészt különbséget lehet vele tenni azonos kémiai összetételű, de különböző atomelrendezésű, s ennek megfelelően különböző fizikai sajátságokkal rendelkező ún. polimorf anyagok (pl. grafit, gyémánt, amorf szén; fémek különböző módosulatai stb. között).



16. ábra

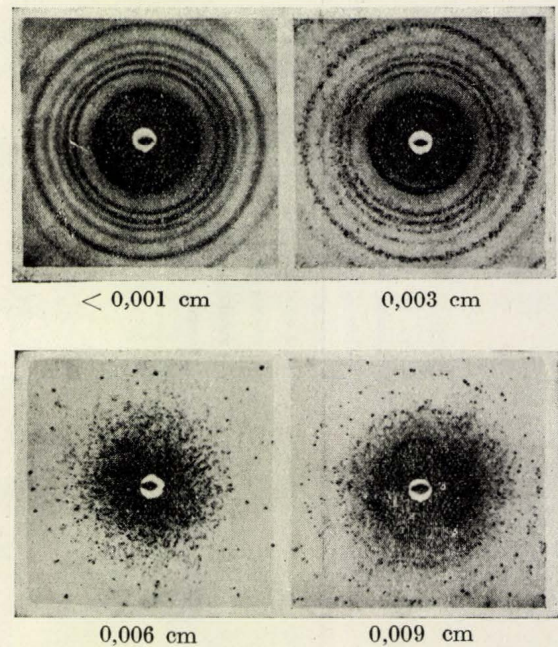
Különböző keverési arányú ezüst-kadmium ötvözetek Debye—Scherrer diagrammjai. A felvételek mellett jobbra a kadmium százalékaránya, balra a megfelelő fázisok jelzése található. Látható, hogy kb. 40%-os kadmium tartalomig fázisváltozás nincs, addig az eredeti ezüst kristályrács (α -fázis) a kadmium atomok rendezetlen beépülése folytán csupán arányosan tágul. Ezt onnan vesszük észre, hogy 40%-ig a vonalrendszer összetétele változatlan, csak a vonalak mindinkább balra tolódnak. 40% felett új fázis keletkezik, majd kb. 50%-nál még egy újabb stb. (Westgren).

Az identifikálási módszer ez idő szerint főleg szervesetlen anyagok vizsgálatánál játszik fontos szerepet, itt ugyanis már rendelkezésre áll egy több mint 5000 szervesetlen anyag adatait tartalmazó s állandóan bővülő adatgyűjtemény (ASTM index), amellyel a gyakorlatban előforduló keverék analízisek többsége megoldható. A röntgenanalízist a különböző kémiai iparok mellett

főleg a tűzálló anyag iparban (a SiO_2 három kristályos módosulatának: a kvarcnak, tridimitnek és krisztobalitnak kimutatására), a fémiparban (ötvözetek analízisére) és a bányászatban (hasznos ásványok és ércek összetételének megállapítására) használják (l. 16. ábra),

2. Krisztallit és szemcsenagyság meghatározás

Említettük már, hogy a szilárd anyagok többsége polikristályos felépítésű, vagyis parányi kristálykák, úgynevezett krisztallitok, rendezetlen halmazából áll. A krisztallitok nagysága szoros kapcsolatban van az anyag mechanikai sajátságaival, ezért a gyakorlati alkalmazások szempontjából fontos feladat a krisztallitok méretének meghatározása. Ennek egyik módja azon a tapasztalaton alapul, hogy a polikristályos anyagokról készült Debye—Scherrer-felvételek »gyűrű«



17. ábra

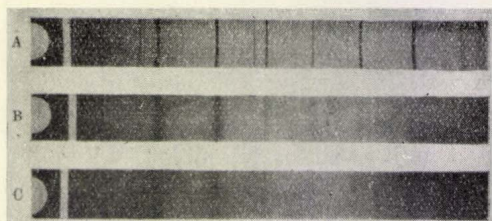
Debye—Scherrer-felvételek különböző finomságú kvarcporról. A krisztallitok átlagos mérete minden felvétel alatt fel van tüntetve (Rooksby).

inek jellege (egyenletessége, szélessége) függ a krisztallitok méretétől. Mégpedig a Debye—Scherrer-felvételek gyűrűiből kétféleképpen lehet a krisztallitok méretét megbecsülni.

Ha a krisztallitok átmérője 10^{-4} cm-nél nagyobb, akkor a Debye—Scherrer-gyűrűk apró foltokra, pettyekre esnek szét, melyek nagyságából a krisztallitok mérete meghatározható (l. 17. ábra).

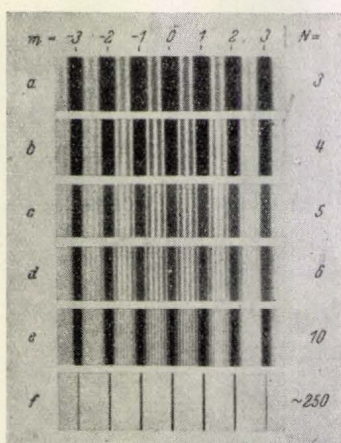
Ha viszont a krisztallitok átmérője 10^{-5} cm-nél kisebb, akkor a gyűrűk kiszélesednek (l. 18. ábra), s ilyenkor a kiszélesedés mértékéből lehet következtetni a krisztallitok méretére. Utóbbi módszer elvi alapja az az optikából ismert

tapasztalat, hogy optikai rácsnál az elhajlító rések (vagyis röntgensugárzásnál az elhajlító atomok) számának csökkenésével az elhajlási kép egyre jobban elmosódik, a vonalak egyre



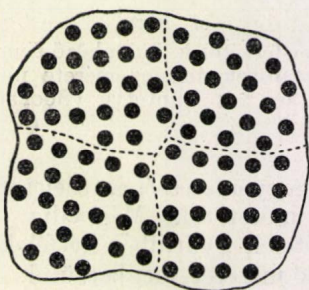
18. ábra

Debye—Scherrer-felvétel három különböző finomságú MgO porról. A kristallitok mérete felülről lefelé csökken, ennek megfelelően az alsó két felvételen a vonalak egyre jobban kiszélesednek és elmosódnak (Randall).



19. ábra

Optikai rács elhajlási képének függése a rések számától. A képek mellett jobbra az elhajlító rések száma, a képek felett pedig a maximumok rendszáma található. Láthatjuk, hogy az elhajlító rések számának csökkenésével a vonalak egyre szélesebbek (Pohl).



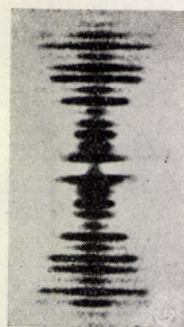
20. ábra

Négy kristallitból álló szemcse (Wooster).

szélesebbek lesznek (l. 19. ábra). A vonalszélesedésből történő kristallitméret meghatározást némileg bonyolítja az a körülmény, hogy a vonalak kiszélesedésének oka nemcsak a kis kristallit méret lehet, hanem a kristályrács deformációja, disztorziója is. A disztorzió folytán ugyanis az

egy kristallitok rácsállandói szűk határok között ingadoznak, s természetesen velük együtt ingadoznak az (1) egyenleteket kielégítő szögek is. Ez az eset különösen hidegen megmunkált fémkészítményeknél gyakori, ezért itt a vonalszélesedés interpretálásánál óvatosan kell eljárni.

A kristallitok méretének ismeretén kívül finom eloszlású anyagoknál (porok, kolloidok) gyakran igen fontos az egyes anyagrészekkék, szemcsék nagyságának ismerete is. A szemcsék mindig nagyobbak mint a kristallitok, egy-egy szemcse általában több különböző orientációjú s egymással mereven összekapcsolt kristallitból áll (l. 20. ábra). A szemcsenagyság gyakorlati jelentősége abban van, hogy adott anyagmennyiségnek annál nagyobb felület felel meg, minél apróbb szemcsékből áll, tehát az anyag összes felülettől függő sajátságai (kémiai reakció képesség, katalizátor hatás, adszorpció, tapadó képesség stb.) szoros kapcsolatban vannak a szemcsemérettel. Finom eloszlású polikristályos anyagok Debye—Scherrer-diagrammjából a szemcsenagyság is meghatározható, mégpedig a szemcsék méretére a primér nyáláb közvetlen közelében haladó elhajlított nyáláb kiszélesedéséből, az ún. kisszögű



21. ábra

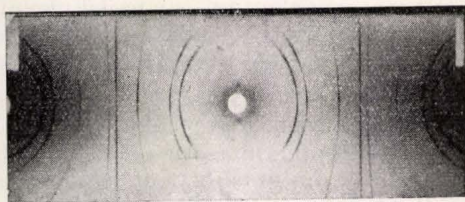
A kollagén kisszögű szórását mutató elhajlási kép. A felvételen jól látható a vonalak megvastagodása (Bear).

szórásból lehet következtetni (l. 21. ábra). A kisszögű szórásnál ugyanis az egy szemcsén belül levő különböző orientációjú kristallitok atomjai a merev kapcsolat folytán azonos fázisban szórnak, így az egész szemcse egyetlen kristallitként viselkedik. A kisszögű szórás vizsgálata fejlett kísérleti technikát igényel: az elhajlított nyálabnak a közvetlen közelében haladó igen intenzív primér nyálabtól való elválasztásához jól fókuszált monokromatikus röntgensugárzás, igen hosszú kamra és a levegő abszorpciójának kiküszöbölése céljából jó vákuum kell. A kisszögű szórást a gyakorlatban főleg kolloid részecskék nagyságának meghatározására használják.

3. Kitüntetett orientáció vizsgálata (rostszerkezet, textúra)

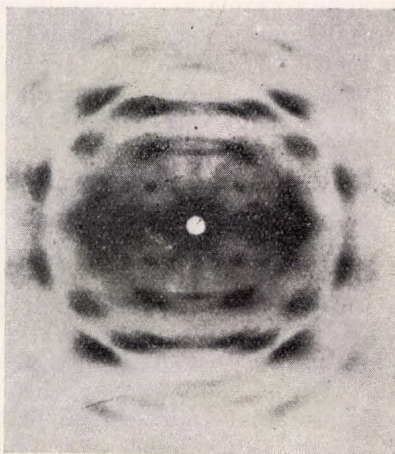
Polikristályos fémkészítményekben hideg megmunkálás (hengerlés, húzás stb.) hatására általában kitüntetett orientáció lép fel, ami azt jelenti,

hogy az eredetileg statisztikus rendezetlenségben elhelyezkedő kristallitok fokozatosan beállnak bizonyos irányokba. Mivel a jelenség nagyon hasonlít a természetes és mesterséges rostok (gyapot, gyapjú, műselyem stb.) hosszú molekuláinak rendezett beállításához, kitüntetett orientáció



22. ábra

Debye—Scherrer-felvétel hidegen húzott rézdrótról. A gyűrűk mentén látható sötétebb foltok arra utalnak, hogy a drótban a kristallitok egy része közel azonos módon orientálódott (Zsoldos).



23. ábra

Debye—Scherrer-felvétel rami rostról (Astbury).

helyett szokás rostos szerkezetről, textúráról is beszélni. Az orientálódás foka szoros kapcsolatban van az anyag mechanikai sajátságaiival, pl. drótoknál és textilrostoknál a szakítási szilárdság, lemezeknél a formálhatóság, transzformátor-lemezeknél a vasvesztés stb. az orientálódás mértékének függvénye, ezért van a kitüntetett orientációk vizsgálatának ipari jelentősége. Az ipari alkalmazásokon kívül fontos szerepe van a kitüntetett orientáció vizsgálatának a geológiában is, mert a kőzetek kitüntetett orientációjából következtetni lehet rá, hogy keletkezésük idején a földkéregben milyen irányú erők hatottak, milyen feszültségek működtek.

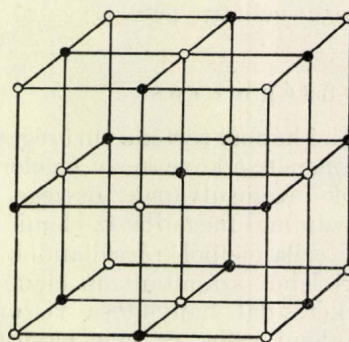
A kristallitok kitüntetett orientációjára, ill. a rostszerkezetre legcélszerűbben a polikristályos anyag Debye—Scherrer diagrammjából következtethetünk. A Debye—Scherrer-gyűrűk ugyanis az egyes kristallitok elhajlási képének összeolvadásából keletkeznek, így rendezetlen felépítésű polikristályos anyagoknál, ahol minden kristallit orientáció egyenlően valószínű, a gyűrűk

rűk homogének, vagyis a feketedés a gyűrűk mentén köröskörül azonos. Ezzel szemben kitüntetett orientáció esetén bizonyos irányítású kristallitok száma erősen megnő, s ezzel együtt a Debye—Scherrer-gyűrűk megfelelő szakaszain a feketedés erősen fokozódik, vagyis az eredetileg homogén gyűrű sötétebb és világosabb szakaszokra hasad szét (l. 22. és 23. ábra). A sötétebb szakaszok helyéből a kitüntetett orientáció irányát, a feketedésből pedig az orientálódás mértékét lehet meghatározni.

4. A kristályrác periódusainak meghatározása az elhajlási képből és a kapott adatok gyakorlati felhasználása

Az egydimenziós optikai rács felépítésében mutatkozó szabályszerűség egyetlen adattal, a rácsállandóval jellemezhető. Ezzel szemben háromdimenziós kristályrácoknál az alkotóelemek (atomok) szabályos ismétlődésének kvantitatív leírásához hat adat szükséges: a három dimenzióknak megfelelő három rácsállandó és az általuk bezárt három szög (a három legkisebb ismétlődési távolságnak megfelelő három rácsállandó ugyanis nem mindig merőleges egymásra). Míg tehát az optikai rácsnál a jellegzetes ismétlődő elem egy egydimenziós tartomány, addig a kristályrácok ismétlődő eleme egy háromdimenziós alakzat, egy általános paralelepipedon, amelynek egy csúcsban összefutó három éle a három rácsállandó. Ezt a paralelepipedont elemi cellának nevezik (l. 24. és 25. ábra). Az elemi cella háromirányú periodikus ismétléséből fel lehet építeni az egész kristályrácot.

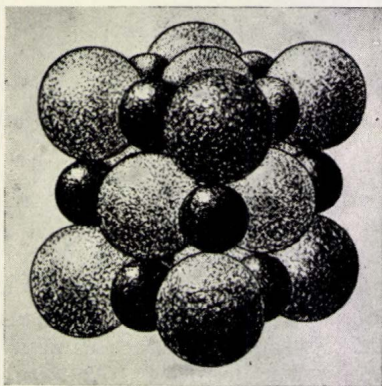
Ha egy ismeretlen rácsállandójú optikai rácsot monokromatikus fényvel világítunk meg, akkor a fény hullámhosszából és az elhajlási kép geometriai adataiból az ismeretlen rácsállandó egyértelműen meghatározható. Hasonló a helyzet



24. ábra

Konyhasó elemi cellájának szemléltető vázlatja. Az elemi cella egy kocka, amelynek csúcsaiban és lapközpontjaiban Cl atomok (az ábrán fehér golyók), élközpontjaiban pedig Na atomok (az ábrán fekete golyók) ülnek. Az ábra a könnyebb áttekinthetőség céljából erősen torzított, a valóságban az atomokat reprezentáló golyók szoros illeszkedésben vannak. A kocka élhossza 5,628 Å. (Bragg)

kristályrácoknál is, azzal a különbséggel, hogy a változók nagyobb száma és a bonyolultabb elhajlási kép miatt kristályrácoknál az eljárás jóval hosszadalmasabb. A kiértékelésnek azonban semmi elvi akadálya nincs, az elemi cella metrikus adatai az elhajlási képből mindig egyértelműen meghatározhatók, sőt az elhajlási kép geometriájából sok esetben következtetni lehet a kristályrác szimmetriaviszonyaira, vagyis a kristály-



25. ábra

A konyhasó elemi cellájának »mérethű« vázlata. A nagy golyók a Cl atomok (Wyckoff).

rácot önmagával fedésbe vivő szimmetriaműveletek összességére, az ún. tércsoportra is. (A tércsoport elnevezés arra utal, hogy a szimmetriaműveletek összessége matematikai értelemben csoportot alkot.)

Mivel a kristályok rácsállandói igen pontosan mérhetők (max 0,001%-os pontosság érhető el), azonkívül a mérések elvégzéséhez igen kevés anyag kell (szükség esetén 1–2 mg már elegendő), a kristályrác méreteivel kapcsolatos több anyagi állandót gyakran előnyösebben lehet a röntgen elhajlási képből meghatározni, mint egyéb fizikai módszerekkel. A következőkben mutatunk erre néhány példát.

a) Sűrűségmérés

Az elhajlási képből történő sűrűség meghatározás gondolatmenete a következő. Az elemi cellában levő atomok atomsúlyának összege osztva a Loschmidt-számmal megadja az elemi cella tömegét, az elemi cella éleiből (rácsállandók) és szögeiből pedig ki lehet számítani az elemi cella térfogatát. A két adat hányadosa viszont nyilván egyenlő az elemi cella, és vele együtt az egész kristály sűrűségével. Az elhajlási képből történő sűrűségmérés a gyakorlatban főleg olyan esetekben fontos, amikor a vizsgálandó anyagból igen csekély mennyiség áll rendelkezésre, vagy az anyag fizikai állapota (likacsos anyagok, porok), ill. a mérési feltételek természete (pl. magas hőmérséklet) folytán más módszerek alkalmazása igen nehézkes volna.

b) Atom- és molekulasúly meghatározás

Az előző pontban ismertetett gondolatmenet alapján nemcsak a sűrűséget lehet kiszámítani az atomsúlyokból és az elemi cella geometriai adataiból, hanem fordítva, a sűrűség ismeretében meg lehet határozni az atom-, ill. molekulasúlyokat is. Ha igen pontos sűrűségadatok állnak rendelkezésre, akkor az így számított atomsúlyok pontossága vetekszik a más eljárásokból adódó értékekkel, különösen olyan elemeknél, ahol a kémiai módszerek alkalmazása nehézkes (Mg, Al, Sn, Bi stb.). A fluor atomsúlyát pl. legpontosabban röntgen elhajlási képből határozták meg.

Fontos szerepe van a módszernek nagy-molekulájú szerves anyagok molekulasúlyának meghatározásánál is. A szerves anyagok kristályrácában a szerkezeti egység nem az atom, mint a szervetlen vegyületek nagy részénél, hanem a molekula. Tehát az elemi cella is molekulákból épül fel, amelyek száma az elemi cella méreteiből és szimmetriaviszonyaiból (tércsoport) vagy egyértelműen meghatározható, vagy legalább is jól becsülhető. Ezekből az adatokból viszont a sűrűség ismeretében a molekulasúly kiszámítható.

c) A Loschmidt-szám meghatározása

Ha egy kristályos anyag sűrűségét és alkotó-elemeinek atomsúlyát ismerjük, akkor az elemi cella méreteiből az előzőekben vázolt gondolatmenet alapján a Loschmidt-szám kiszámítható. A Loschmidt-szám meghatározásának ez idő szerint ez a legpontosabb módszere, az irodalomban használatos Loschmidt-szám értéket öt kristályos anyag (NaCl, gyémánt, kalcit, LiF, KCl) elemi cella méreteinek és sűrűségének nagy pontossággal meghatározott adataiból átlagolták.

d) Hőtágulási együttható mérése

Mivel a hőmérsékletváltozásoknál észlelhető makroszkopikus térfogatváltozás lényegében az elemi cella méretváltozásának az eredménye, a különböző hőmérsékleten mért rácsállandókból a vizsgált anyag hőtágulási együtthatója meghatározható (l. 26. ábra). A módszer gyakorlati előnyeit illetően szóról szóra érvényesek a sűrűségmérésnél mondottak azzal a kiegészítéssel, hogy a röntgenvizsgálatokhoz szükséges kicsi anyagmintát jóval egyszerűbb konstans hőmérsékleten tartani, mint az egyéb mérő módszerekhez szükséges nagyobb anyagdarabokat.

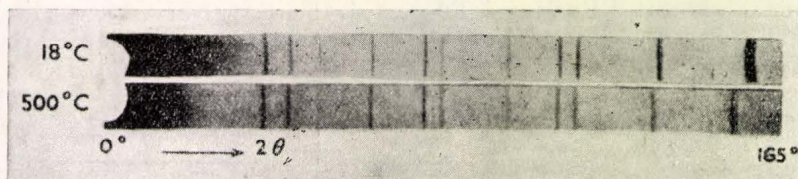
e) Belső feszültségek vizsgálata

Ha egy polikristályos anyagban belső feszültségek vannak, akkor a kristallitok deformálódnak, vagyis elemi celláik méretei megváltoznak, s ennek megfelelően az elhajlási képben a vonalak eltolódnak. Az észlelt eltolódásokból a deformáció mértéke, ebből pedig az anyag rugalmas állandói-

nak ismeretében a megfelelő feszültségek meghatározhatók.

A módszer nagy előnye az egyéb feszültségmérési eljárásokkal szemben, hogy nem az összes deformációt, hanem csupán a rugalmas deformációt méri (a plasztikus deformáció ugyanis a kristály rácsállandóit nem változtatja meg), azonkívül lehetővé teszi a belső feszültség lokális változásának tanulmányozását egészen kis tartományokon belül. Hátránya viszont, hogy az anyagminta nagy abszorpciója miatt csak egy

ahol ötvözeteknek vagy szilárd oldatoknak hívják őket. Mivel a keverékkristály elemi cellájának rácsállandói a keverési arány függvényei, az elemi cella méreteiből az összetevők aránya meghatározható. (l. a 16. ábrán az első három felvételt, ahol az ezüstrácsba statisztikusan beépülő kadmiumatomok fokozatosan növelik a gazdarács elemi cellájának méreteit. Ez a méretnövekedés az elhajlási kép vonalrendszerének fokozatos balratolódásában jut kifejezésre.) Az elhajlási képből történő ötvözet analízis a kémia



26. ábra

Debye—Scherrer felvétel ezüstről 18 és 500° C hőmérsékleten. A nagy értékekhez tartozó vonalak (jobb-oldalt) eltolódásából a kristályrács méretváltozása és ebből a hőtágulási együttható kiszámítható (Jay).

vékony felületi réteg viszonyairól tudósít, azonkívül igen fejlett vizsgálati technikát igényel, és csak olyan anyagoknál használható, amelyek elég éles elhajlási képet adnak. Nehezíti a vizsgálatot az a körülmény is, hogy az adatok kiértékeléséhez szükséges rugalmassági modulusz irányfüggő, így a számításokhoz nem lehet egyszerűen a makroszkopikus anyagmintára érvényes rugalmassági moduluszt használni.

Végül megjegyzendő, hogy a belső feszültség mérésének említett módszere csak olyan esetekben használható, amikor a feszültség homogén, vagyis a primér röntgennyaláb által átvilágított tartományban a kristallitok azonos deformációt szenvednek. Ha ugyanis a deformáció iránya és mértéke kristallitról kristallitra változik, akkor az egyes kristallitok elhajlási képében jelentkező eltolódások szuperpozíciója végeredményben nem vonal-eltolódást, hanem vonalkiszéledést eredményez. A vonalak kiszéledéséből szintén következtetni lehet a belső feszültség mértékére, azonban a kiértékelésnél igen óvatosan kell eljárni, mert a vonalkiszéledés oka nemcsak a belső feszültség lehet, hanem — mint már említettük — a kis szemcseméret is, sőt vonalszéledésre vezethetnek bizonyos fajta rácshibák is. Az egyes effektusok szétválasztása a gyakorlatban nem könnyű, s elvileg azon alapul, hogy a különböző effektusok által okozott széledések különbözőképpen változnak az elhajlási szöggel.

f) Keverék-kristályok és szilárd oldatok összetételének tanulmányozása

Keverékkristályoknak az olyan kristályokat nevezzük, amelyeknél az ekvivalens (vagyis az egymástól egészszámú periódusra levő) rácspontokat két vagy több kristályfajta atomjai, ill. molekulái töltik be statisztikus rendezetlenségben. Akeverékkristályok különösen fémeknél gyakoriak,

analízissel szemben különösen olyan esetekben előnyös, amikor az ötvözet több komponenst tartalmaz, s eleve nem lehet tudni, mely alkotóelemek kristályosodnak együtt.

g) Szennyezések és rácshibák kimutatása

Ha egy kristály elemi cellájának térfogatát és a kristály sűrűségét nagy pontossággal meghatározzuk, akkor a két adat szorzata nagy pontossággal megadja az elemi cella tömegét. Másrészt viszont az elemi cella tömegének egyenlőnek kell lennie az elemi cellában levő atomok atomsúlya összegének és a Loschmidt-számnak a hányadosával. Ha két tömegadat a mérési hiba határán belül eltér, akkor ez azt jelenti, hogy a rácsba vagy idegen alkotóelemek, szennyezések épültek be (többlet), vagy egyes rácspontok nincsenek betöltve (hiány). A rácállandók mérési pontosságából következik, hogy e rácshibákat ilyen módszerrel csak akkor lehet kimutatni, ha 10 000 ekvivalens rácspontra 3-nál több hiányhely, ill. beépült idegen atom esik.

Az elhajlási képből közvetlen módszerekkel nyerhető információk felsorolását még tovább lehetne folytatni. Nem beszéltünk még róla, hogyan lehet az elhajlási képben a hőmozgás folytán fellépő diffúz foltokból a kristály rugalmas állandóit meghatározni, ugyancsak nem volt szó a fáradási és öregedési jelenségek, a plasztikus deformáció és a tartós folyás, valamint a diszlokációk vizsgálatáról stb. sem. Azonban annyit már az eddigiekből is láthatunk, hogy a röntgensugarak elhajlását tanulmányozó finomszerkezet vizsgálat igen sokoldalú, s eredményei a tudomány és technika legkülönbözőbb területein felhasználhatók.

Folytatása köv.

Sándor Endre

(Eötvös Loránd Tudományegyetem Fizikai Intézete, Bpest)

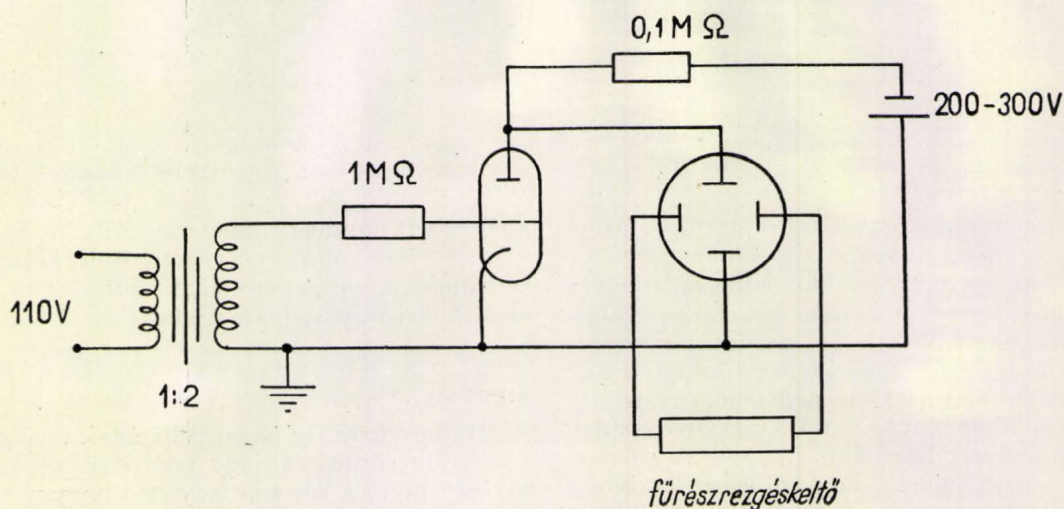
A Thomson-képlet mennyiségi igazolása a középiskolában katódoszcilloszkóppal

A katódoszcilloszkóppal szemléletes mód áll rendelkezésünkre a Thomson-képlet mennyiségi igazolására.

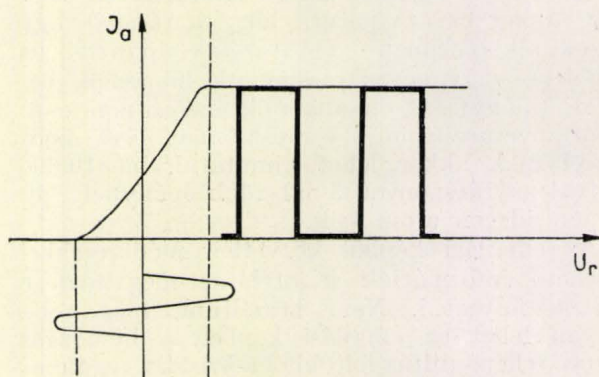
A rezgőkör gerjesztésére négyszögrezgést használtam. A négyszögrezgés előállításánál (1. ábra) a trióda rácsára (triódának kötött EF6 vagy EF9 elektroncső) váltófeszültséget viszünk. Ennek

oszcilloszkóp ernyőjén a négyszögrezgés álló képét kapjuk (3. ábra).

A csillapított rezgéseket előállító rezgőkört az anódkörbe iktatjuk (4. ábra). A rezgőkörben minden alkalommal rezgés indul meg, amikor az áramerősségben változás következik be, mert csak ebben az esetben lép fel önindukciós feszült-

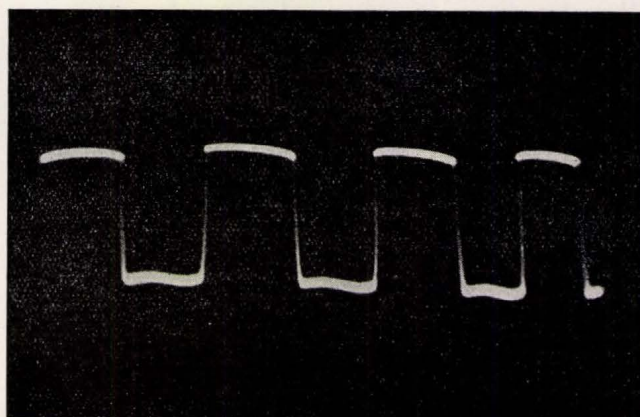


1. ábra



2. ábra

csúcserőértékei nagyobbak annál a rácsfeszültségnél, amelynél az anódaáramerősség először veszi fel a nulla és a telítettséghez tartozó maximális értéket. Az elektroncső tehát karakterisztikájának mindkét könyökében dolgozik (2. ábra). Így az anódkörben az áramerősség nem sinusfüggvény szerint változik, hanem négyszögrezgés alakul ki. A fűrészrezgés szabályozásával a katód-



3. ábra

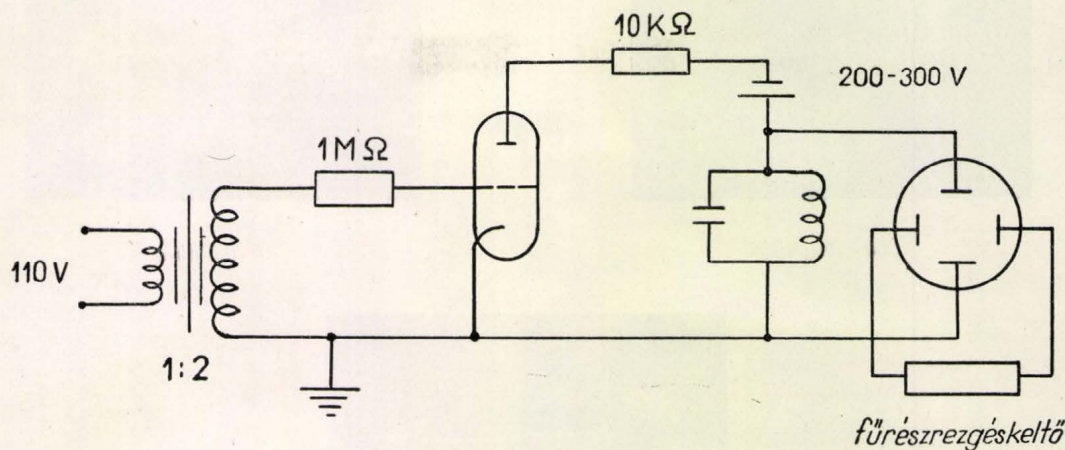
ség. Mivel a négyszögrezgésből rezgőkörünk felváltva ellentétes irányú impulzust kap, a rezgőkör két egymás után következő egy-egy rezgés-sorozatának első kirezgése is ellentétes irányú (5. ábra). A rezgőkörben az iskolákban használatos K₂49 típusú szétszedhető transzformátor 600 menetes tekercsét használtam nyitott U alakú vasaggal. Az egymásután bekapcsolt kapacitás-

értékek: $2\ \mu\text{F}$, $1\ \mu\text{F}$, $0,5\ \mu\text{F}$. Egy-egy impulzus hatására kialakult rezgések megszámlálhatók. Ezek számának aránya:

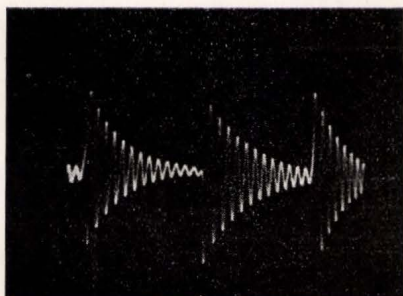
$$n_{2\mu\text{F}} : n_{1\mu\text{F}} : n_{0,5\mu\text{F}} = 1 : \sqrt{2} : 2$$

A tekercsnek a vasmagon levő helyzetét változtatva, több mérést is végezhetünk. A mérések

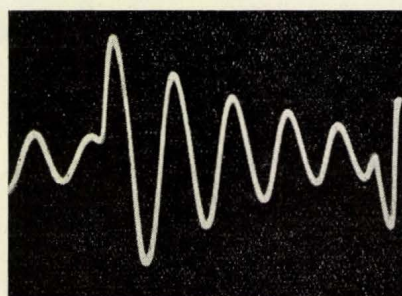
A csillapodás oka a rezgőkörben fellépő energiaveszteség. Ennek kimutatására iktassunk a rezgőkörbe $50\ \Omega$ ellenállást. A kapcsolás egyébként a 4. ábrán látható kapcsolással egyezik meg. Állítsuk be a katódoszcilloszkópot úgy, hogy a most nyert rezgési sorozat legnagyobb amplitudója megegyezék az előbbi összeállításban nyert maximális amplitudóval. A csillapodás



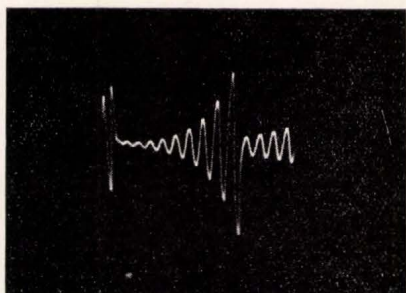
4. ábra



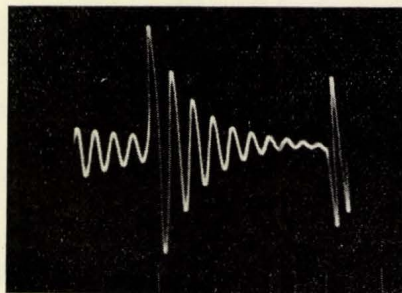
5. ábra



5a. ábra



6. ábra



6a. ábra

pontosan kielégítik a Thomson-képletet (6. ábra a) és b) sorozat).

Jól megfigyelhetjük a rezgések amplitudójának a csökkenését is. Méréssel ellenőrizhetjük, hogy két egymásután következő amplitudó hányadosa állandó érték.

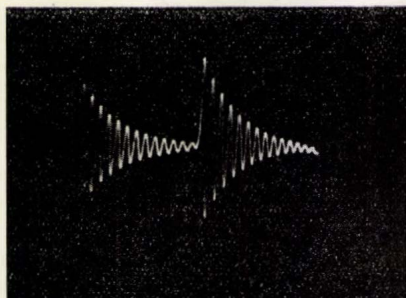
mértékének növekedése nemcsak méréssel, hanem már pusztán ránézéssel is megállapítható.

Veszteséget okoz még a vasmagban keletkező örvényáram és hiszterézis. Ennek kimutatására a 4. ábrán látható kapcsolásban olyan rezgőkört használunk, amelyben a tekercs légmagos. Lassan

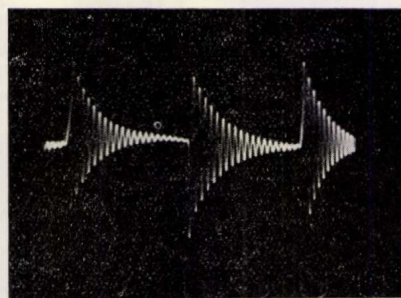
csillapodó sok rezgésből álló rezgéssorozatot kapunk. Ha lemezelt vasmagot teszünk a tekercsbe, a rezgés amplitudója sokszorosára növekszik igazolva, hogy a vasmag hatására az önindukciós feszültség is sokszorosára növekedett. Megválto-

(7. ábra). Porvasmaggal a csillapodás igen kicsiny mértékű. Világossá válik a porvasmag és lemezelt vasmag ipari jelentősége.

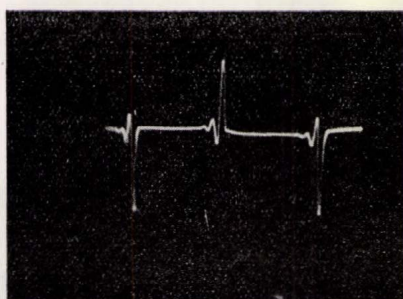
Évről évre több iskola rendelkezik katód-oszcilloszkóppal, így lehetőség nyílik, hogy min-



6b. ábra



6c. ábra



7. ábra

zott a rezgésszám is, amit a rezgéssorozatban levő hullámok számának a csökkenése mutat. Ha a rezgéssorozat maximális amplitudóját akkorára csökkentjük, mint amekkora az az előbbi kísérletben volt, jól megfigyelhetjük, hogy a csillapodás jóval nagyobb. A csillapodási tényező meghatározható. Még meglepőbb a csillapodás nagysága, ha tömör vasat helyezünk a tekercsbe

dig többen tanulhassák a Thomson-képletet ilyen szemléletes módon. Ezúttal is hálás köszönetet mondok Tárczy-Hornoch Zoltán műegyetemi tanársegédnek a négyszögrezgés előállítására adott értékes tanácsáért.

Huszka Ernőné

Budapesti Központi Pedagógus Továbbképző Intézet

Demonstrálás függőleges síkban

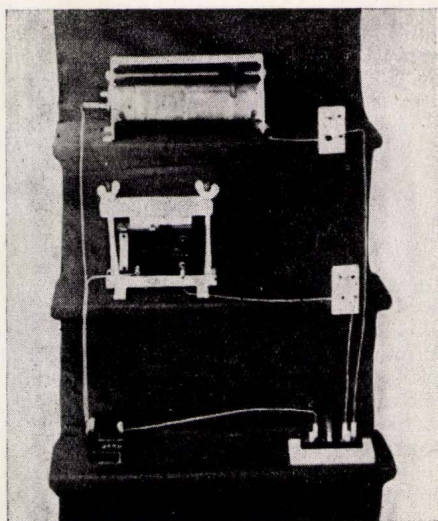
Különösen elektromos jelenségek bemutatásánál gyakran előnyös, ha a kísérlet függőleges síkban játszódik le. Ezzel kapcsolatban különböző megoldások ismeretesek, amelyeket a kísérlet természete és pedagógiai szempontok határoznak meg. Néhány megoldást említünk fel:

1. A Roller és Pricks (Schulversuche über elektrische Schwingungen) elektroncső- és kondenzátor-táblája egy-két faláda felhasználásával több kísérlet jól áttekinthető összeállítását teszi lehetővé az elektromos rezgések és hullámok köréből. Ha a táblákat fából készítjük, a csatlakozásoknál a fába jól szigetelő ebonit- vagy plexidugókat sülyesszünk, mert különben a fa rossz

szigetelése miatt egyes kísérleteknél zavarok lépnek fel.

2. Több külföldi tanszervállalat függőleges helyzetű fekete táblákon állítja össze a berendezéseket, mint pl. E. Leybold's Nachfolger: *Appareils de Physique*, 1938. Mérőműszert, kondenzátort, kapcsolót stb. a táblára akasztják, vagy a táblára erősített kis polcokra helyezik. Fehér vezetékeket alkalmaznak, amelyeket előre a táblára erősítenek. A megoldásnak hátránya, hogy csaknem mindegyik kísérlethez külön tábla szükséges, és kész vagy félkész összeállításokról lévén szó, a kísérleti berendezés nem a hallgatók, ill. tanulók előtt épül fel.

E hiányok elkerülése céljából demonstrálásainknál két-három lépcsőfokból álló polcot használtunk. A lépcsőfokokra kényelmesen helyezhetők el az eszközök és ugyanazt a polcot több kísérlet bemutatásánál felhasználhatjuk. Az 1. ábra az önindukcióval kapcsolatos egyik összeállításunkat mutatja. Polc gyanánt könyvtárban használatos falépcsőzetet használtunk, amelyet sötétzöld vászonnal vontunk be. Eszközeinknek



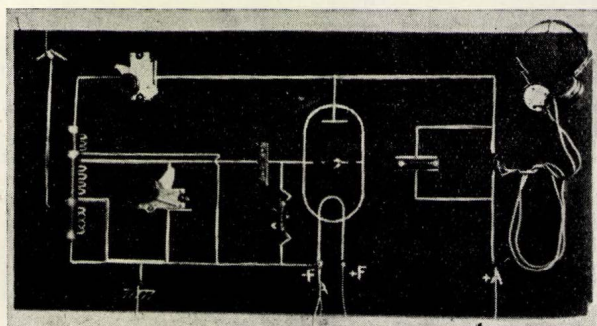
1. ábra

a kísérletezés szempontjából nem kényes felületét a jó láthatóság kedvéért fehérre festettük, a csatlakozó drótokat pedig fehér PVC szigetelésbe burkoltuk.

3. A Szovjetunióban az egyetemeken és középiskolákban a rádiófizikai kísérleteket kb. 60×70 cm²-es 6–10 mm vastag plexitáblákra szerelik, amelyeken a kapcsolások távolról is jól áttekinthetők. A vezetékeket szélesebb szigetelőcsőbe húzzák, vagy több mm széles szalagból készítik. A kapcsolási elemek cserélhetők, így a méretezési

problémák is demonstrálhatók. Az ilyen összeállítás nagy előadótermekben árnyékvetítésben felnagyított méretben is bemutatható. A jó áttekinthetőség miatt hasonló táblákat laboratóriumi gyakorlatokon is használnak.

Intézetünkben plexi helyett feketére festett, ugyancsak kb. 60×70 cm² fatáblán állítottunk össze csupán demonstrációs célra néhány rádiófizikai kísérletet. Ezek egyikét, egy rádióvevőberendezést mutat a 2. ábra. A táblán a teljes kapcsolási rajz látható, amelybe azonban behelyezhetők a megfelelő kapcsolási elemek. A csatlakozó vezetékek fehér PVC csőbe húzva eleve a táblára vannak erősítve. A kapcsolási elemek behelyezése után tehát az összeállítás működőképés. A csatlakozásoknál a deszkába szigetelő



2. ábra

anyagból készített dugókat sülyesztettünk az 1. pontban említett ok miatt. A demonstrálást természetesen megelőzi az összeállításnak az előadói táblán való felrajzolása és megtárgyalása.

A fenti gondolatok felvetésével nem lezárni, hanem feleleveníteni kívánjuk csupán a demonstrációs kísérletezésnek egyik régi és néhány idősebb kollégánk által művelt problémáját.

Tarján Imre, Mátrai Kármel Margit

Orvosi Fizikai Intézet, Budapest

EGYESÜLETI ÉLET

RELATIVITÁSELMÉLETI KOLLOKVIUM

Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat 1955. április 12–14-ig a speciális relativitáselmélet felállításának 50. évfordulója alkalmából Dobogókőn háromnapos tudományos ülésszakot rendezett. A megbeszélések tárgyát a relativitáselmélet körébe vágó újabb hazai eredmények ismertetése és megvitatása képezte. A kollokviumon mintegy huszonötven vettek részt, túlnyomó többségben ezen szakterület specialistái. Az első napon vendégekként megjelentek a résztvevőkön kívül Rényi Alfréd, Freud Géza, Békéssy András, Ács Ernő és Hoffmann Tibor, az Alkalmazott Matematikai Intézet, illetve a Távközlési Kutatóintézet képviselőit. A kollokvium résztvevői az Eötvös Loránd turistaházban voltak elszállásolva. A gondos rendezés teljes kényelmet biztosított és nagymértékben járult hozzá a rendezvény sikeréhez.

A rövid megnyitóbeszédet Jánossy Lajos akadémikus tartotta. Hangsúlyozta, milyen örömdetes jelenség, hogy egy ennyire speciális területről tudományos konferenciát tudunk tartani. Eddig csak széles érdeklődésre számot tartó vándorgyűléseket rendeztünk, de reméljük, hogy ez az új kezdeményezés is sikeres lesz és követendő például szolgálhat más hasonló rendezvényekhez.

Ezután Szamosi Géza röviden beszámolt a Berlinben március hó végén tartott Einstein-ünnepségekről, melyeken Novobátszky Károly akadémikussal és Marx Györggyel együtt ő is résztvett a magyar delegáció tagjaként. Berlinben két ünnepi előadás hangzott el, az elsőt a fotonhipotézis kialakulásáról Max Born tartotta Nyugat-Berlinben; másnap pedig Berlin demokratikus övezetében Leopold Infeld emlékezett meg a speciális relativitáselmélet születésének 50. jubileumáról.

Ezen rövid ismertetés után Faragó Péter előadása következett, melynek tárgya a relativitáselmélet jól

ismert tömegváltozási képletének kísérleti igazolása volt. Általánosan elterjedt nézet, hogy ezt a fontos összefüggést sok konkrét kísérlet bizonyítja, másrészt, hogy a magfizikában használt nagyenergiájú gyorsítóberendezések jó működése is ennek közvetett bizonyítéka. Az idevágó irodalom kritikai átvizsgálása azonban azt mutatja, hogy a helyzet a valóságban korántsem ennyire megnyugtató. Az első kísérletet — mint ismeretes — 1906-ban Kaufmann végezte a Thomson-parabolák módszerével. Az eredmény inkább csak kvalitatív és pusztán arra mutat, hogy a Lorentz—Einstein-féle képlet 15%-kal jobban írja le a tömegnövekedést, mint az Abraham-féle merev-elektron modell. Bucherer, majd Neumann 1910 körül természetes β -aktív preparátumból kilépő elektronokra elektromos és mérőleges mágneses térrel sebességszűrést gyakoroltak és ezt követte egy mágneses eltérítés. Ez a mérés már 1%-os pontossággal igazolta a relativitáselméleti formulát. Ezzel szemben 1938-ban Zahn és Spees elektronoptikai számításokkal ellenőrizték a berendezést, és azt találták, hogy egyes esetekben a felbontóképesség rendkívül rossz, tehát a mérés megbízhatatlan. Viszont egy megfelelően korrigált elrendezéssel 0,5%-os pontosságot sikerült elérniük, de nyers adatokat nem közöltek, ezért nem kontrollálható a mérés. Mesterségesen gyorsított elektronokkal elsőnek Hupka végzett 1% pontoságú kísérleteket 1907-ben, de később Heil kimutatta, hogy a feszültségmérés nem volt elég pontos és a kiértékelés statisztikailag hibás. 1909—1912-ben Guy—Ratnowsky—Lavanch katódsugárcsőben váltakozva elektromos és mágneses eltérítést alkalmazott. Előző a sebességgel, utóbbi az impulzussal arányos, a kétfő hányadosából a tömeg adódik. Faragó Péter ezeket a méréseket a legkisebb négyzetek módszerével kritikai elemzésnek vetette alá. Eredményei szerint ezen mérések középhibája (szórása) mintegy 10%, a tényleges hiba ennek akár háromszorosa is lehet. — A tömegnövekedés mástípusú igazolása a gyorsítóberendezésektől várható. Az ismert ciklotron-egyenlet alapján a mágneses térerő, egyensúlyi sugár és körfrekvencia alapján a tömeg óriási pontossággal lenne meghatározható. De az összefüggés persze csak rezonanciára vonatkozik, míg a berendezés határfokának növelése céljából kb. 1—10%-os pálya-, ill. fázislengést engednek meg. Ebből kb. 5% bizonytalanság származik a tömegre. Természetesen egy kísérleti méréshez a határfokot feláldozva a gyorsítók nagyon is alkalmasak lennének a pontos mérés elvégzésére. Ezt Jánossy Lajos a közelmúltban javasolta is Veksler akadémikusnak, Moszkvában.

Az érdekes előadáshoz elvi szempontból Jánossy Lajos, a kiértékelések statisztikus módszerével kapcsolatban pedig Rényi, Szigeti és Hoffmann kartársak szóltak hozzá.

A következő előadást Jánossy Lajos tartotta a Lorentz-transzformáció értelmezéséről. Mint ismeretes, a speciális relativitáselmélet négyféle típusú tapasztalatra épül. Ezek: 1. A Michelson, ill. Trouton—Noble kísérlet, 2. a mérőleges Doppler-effektus és a μ -mezon bomlásideje, 3. a tömegnövekedés, 4. a tömegdefektus. Eltekintve attól, hogy ezeknek a kísérleteknek egy része meglehetősen nagy hibával mérhető, az előadó véleménye szerint ezek egyáltalán nem teszik kényszerűvé az Einstein-féle felfogást, mely szerint az összes inercia-rendszerek ekvivalensek és a természeti törvények a Lorentz transzformációval szemben mind kovariánsak. Véleménye szerint vissza lehetne térni az eredeti Lorentz—Fitzgerald felfogásra, persze elvetve az abszolút éter hipotézisét. Az alapkísérletek szemléletesen értelmezhetők, ha egy kitüntetett koordináta-rendszert veszünk alapul, melyet pl. a Föld környezetében uralkodó gravitációs tér határoz meg. Mindezen fenti kísérletekben egy anyagi rendszeren gyorsulás lép fel és ennek hatására következik be az adott modell szerinti változás. Például a Lorentz-kontrakció az atomok közötti erők hatásának retardáltságából származó egyensúly-megváltozásként értelmezhető stb. Véleménye szerint csupán az atomok közti erők Lorentz invarianciája van kísérletileg kimutatva, de pl. semmit sem

mondhatunk a magerőkről. Azt, hogy a természeti törvények alakja független a megfigyelő mozgásállapotától, csak a negatív kísérletek bizonyítják, és ezért nem látja indokoltnak a Lorentz-kovariancia kritériumának általános természeti törvény rangjára való emelését.

Az előadást rendkívül alapos, élénk, sőt helyenként heves vita követte, melyben Szamosi Géza, Horváth János, Károlyházi Frigyes, Marx György, Rényi Alfréd, Faragó Péter, Ács Ernő, Hoffmann Tibor és Fenyves Ervin vettek részt. Ezzel az első ülészak le is zárult.

Délután az első előadó *Mátrai Tibor* volt, aki az inerciarendszerek meghatározásának kinematikai kritériumairól beszélt. Megmutatta, hogy a szokásos (és kifogásolható) asztronómiai, ill. dinamikai kritériumok helyett tisztán kinematikai úton is definiálható egy inerciarendszer. Sőt, azt is bebizonyította, hogy az inerciarendszer meghatározásához már a merev kapcsolat fogalma is elegendő. Sikerült ugyanis kimutatnia, hogy csak egyetlen, egyik irányban sem korlátos merev kontinuum van, és pedig az, mely éppen egyenesvonalú egyenletes mozgást végez. Ezzel lehet éppen definiálni az inerciarendszert.

A szép előadáshoz Marx és Horváth kollégák szóltak hozzá.

Ezután *Károlyházi Frigyes* adott elő a merev testek mozgásának elméletéről. Egy »abszurd merev« henger megforgatásakor deformálódni kezd a speciális relativitáselméletnek megfelelően, de ekkor a benne ébredő óriási feszültségek az energia-impulzus-tenzor olyan módon változtatják meg, hogy a gravitációs téregyenletből kiszámított térgeometria már nem sík, hanem olyan módon görbült, hogy ebben a görbült térben a henger már deformáció nélkül »el tud férni«.

A mondottakhoz Marx György, Faragó Péter, Jánossy Lajos és Román Pál szóltak hozzá, illetve tettek fel kérdéseket.

A következő előadásban *Györgyi Géza* ismertette *Jánossy Lajos* modellje alapján a relativisztikus (transzverzális) Doppler effektusra vonatkozó kvantummechanikai számításait. A modell szerint a sugárzó atom felgyorsításánál az elektron kinetikus energiája a tömegnövekedés miatt megváltozik, ez perturbációt jelent, ami termeltolódásban, ill. a kisugárzott frekvencia megváltozásában nyilvánul meg. Az előadó a kinetikus energia megváltozását v^4/c^2 nagyságrendig vette tekintetbe. A számítás szerint, Lorentz—Einstein tömegnövekedést feltételezve H—atom, rotátor-, ill. harmonikus oszcillátor esetében a relativ termeltolódás egyöntetűen $-\frac{1}{2} v^2/c^2$, míg más formula, pl. az Abraham-féle elektronelmélet szerint más és más termeltolódás adódnék.

Az előadáshoz Szamosi Géza, Pál Lénárd, Jánossy Lajos, Marx György szólt hozzá.

Az első nap befejező előadását *Károlyházi Frigyes* tartotta. Igen szemléletes módon megmutatta, hogy a jólismert óraparadoxon teljesen exakt módon tárgyalható pusztán az (általános) relativitás elvének felhasználásával anélkül, hogy a gyorsuló rendszereknek gravitáció hatása alatt álló rendszerrel való ekvivalenciájára kellene hivatkozni. Megfelelő koordináta-paraméterezést választva, szemléletesen is evidens lesz, hogy feltétlenül az az óra mér kisebb sajátidőt, amelyek gyorsulásokat végeztek.

Az érdekes előadást élénk vita kísérte, melyben Jánossy Lajos, Marx György, Horváth János és Schmidt György vettek részt.

*

A kollokvium második napjának délelőtti előadásai a relativitáselméletnek az erők általános elmélete körében játszott szerepével voltak kapcsolatosak.

Horváth János az affin térelméletekről szóló előadásában előbb általánosan ismertette a metrika nélküli terek szerkezetét, mit a Christoffel szimbólumokkal definiálunk. A számtalan lehetőség közül azokat kell megadnunk, melyek a helyes mozgásegyenleteket szolgáltatják. Belátható azonban, hogy minden adott affin geometriához megadható egy pályatartó transz-

formációs csoport. Ha megköveteljük, hogy ez ne csak a mozgásegyenleteket, hanem a téregyenleteket is hagyja invariánsan, azzal a lehetőségek számát jelentős mértékben sikerül lecsökkenteni. Egyúttal mód nyílik az elektromágneses tér jellemzőinek a geometriába való beolvasztására is.

A kérdéshez Marx György, Károlyházi Frigyes, Murai Gyula és Szamosi Géza szóltak hozzá.

A következőkben Román Pál ismertette Marx Györggyel végzett számításait az energia-impulzus-tenzor szimmetrizálásával kapcsolatban. A szerzők tárgyalták a Schwinger-féle elektrodinamika esetét, a pszeudoskaláris mezontér T_{ik} -jének származtatását, és megmutatták, hogy az elektromágneses tér forrását képező négyesáram szükségképpen vektorsűrűség jellegű.

Hozzászóltak: Horváth János, Marx György.

A soron következő előadás keretében Horváth János azt a kérdést tárgyalta, hogyan alakulnak a téregyenletek adott geometriával rendelkező »háttér« esetében. Általánosságban megvizsgálta azt az esetet, amikor a mértéktenzor nemcsak a helynek, hanem az iránynak is függvénye. Ezzel mód nyílik anizotróp terek tárgyalására. Rámutatott arra, hogy megfelelő geometria esetén bonyolult problémák egyszerűbb téregyenletekre vezethetnek. Véleménye szerint az anizotróp dielektrikumokban (kristályokban) kialakuló bonyolult elektromágneses tér is egy ilyen általános háttér-geometria következménye.

A felvetett problémához Faragó Péter, Károlyházi Frigyes, Marx György és Román Pál szóltak hozzá.

Ezután Nagy Károly adott elő a dielektrikumban terjedő elektromágneses térről. Eredményei alkalmasak arra, hogy a Minkowski-, ill. Abraham-féle energia-impulzus-tenzor közül az utóbbi mellett állásfoglalást tegyék lehetővé. Kimutatta ugyanis, hogy (eltekintve a Minkowski-tenzor aszimmetriájától) a foton-tömeg dielektrikumban imagináriusnak adódna, a nyugalmi rendszerben pedig a foton-impulzus zérustól különbözne, míg az energia zérus lenne, ami abszurdum. Ezek a nehézségek az Abraham-tenzor esetében nem lépnek fel. Megmutatta továbbá, hogy az Abraham-tenzor nem divergencia-mentes, ami azt jelenti, hogy a dielektrikumbeli elektromágneses tér nem zárt rendszer, hanem kölcsönhatásban áll a dielektrikummal, melyben feszültségeket ébreszt. Az Abraham-tenzor azonban könnyen kiegészíthető egy divergencia-mentes »sugárzási tenzorral«. Ebből a sugárzási tér energiája adódik, amit kvantálva a dielektrikumbeli foton energiáját kapjuk. Ez pontosan úgy transzformálódik, mint minden más korpuszkuláé. Ezzel szemben kiderül, hogy a dielektrikumban a fotonszám nem invariáns.

Az érdekes előadással kapcsolatban Szigeti, Marx és Horváth tett fel néhány kérdést.

A délelőtti ülészakot befejező előadásában Györgyi Géza hasonló kérdéseket vizsgált. Megmutatta, hogy a foton és a dielektrikum közti kölcsönhatás figyelembevételével a fénytörés és a Cserenkov-effektus »korpuszkuláris« úton kifogástalanul értelmezhető az Abraham-tenzorral számolva, szemben egy elterjedt tévhitel.

A második nap délutánján programon kívüli, kötetlenebb formájú megbeszélések szerepeltek. Elsőnek Fenyves Ervin ismertette Rosen, Szekeres és Kohler újabb dolgozatait, melyek az általános relativitáselmélet ekvivalencia-elvével kapcsolatos nehézségek kiküszöbölésére irányulnak. Ehhez hozzáfűzte saját számításait, melyek azon alapulnak, hogy amennyiben a térgörbület feltételezésétől eltekintünk, úgy gravitációs térben a méterrudak megrövidülnek, és ez egy kisközi Michelson-effektus kimutatását teszi lehetővé, legalább is az egyenlítő közelében. — Ezután Marx György röviden ismertette a Fok—Infeld vitát. Mint ismeretes, Fok az Einstein-féle gravitációs egyenletek mellé további megszorításként egy olyan vektoregyenletet követel meg, ami a lehetséges megengedett koordinátarendszerek számát lényegesen korlátozza. (Ezek az ún. harmonikus koordinátarendszerek.) Infeld szerint az ilyen koordinátarendszerekre való korlátozódás számítástechnikai szempontból igen hasznos lehet, de elvileg nem indokol-

ható és főleg áldozatot jelent. — Ezt követőleg Horváth János tartott két rövid referátumot. Az elsőben azt fejtegette, hogy az átviteli mennyiségek általánosításával a Riemann-geometrián belül is lehetőség nyílik egységes térelmélet megalapozására. A második referátumban megjegyzéseket fűzött az Abraham-, ill. Minkowski-tenzorok problematikájához. — Végül Györgyi Géza ismertette számításait nukleonoknál klasszikus pszeudoskaláris térben való relativisztikus mozgásával kapcsolatban.

*

A harmadik nap előadásai a relativisztikus mozgásegyenletek problémaköre köré csoportosultak. A bevezető előadást Szamosi Géza tartotta és diszkutálta egy tömegpontnak általános erőtvény esetében lezajló relativisztikus mozgását. Rámutatott arra, hogy a relativisztikus mechanika mozgásegyenleteinek valamenynyire is részletes diszkussziója csakis olyan terek esetében van meg, melyekben a hatóerő négyesmunkája zérus. Ez egyáltalában nem az általános eset, általában nem lehet feltételezni, hogy a négyesmunka eltűnik, sőt a gyakorlatilag fontos példák közül ez a feltétel egyedül az elektromos ponttöltésre ható elektromágneses erők esetében áll fenn. Majdnem bizonyos azonban, hogy a magerők térben ez a feltétel nem teljesül és ez magával hozza azt — mint az ismeretes, — hogy e terekben a nyugalmi tömeg nem állandó. Az ilyen módon felállított mozgásegyenletek diszkussziója megmutatja, hogy egyszerű feltételek teljesülése esetén vonzó terekben relativisztikus okokból mindig fellép taszítás, továbbá hogy a részecske sebessége mindig eléri a fénysebességet. Az ilyenfajta mozgás két tartományban játszódik le, melyek egymásnak bizonyos szempontból tükörképei, és a mozgást jellemző fizikai mennyiségekre le lehet vezetni egy reciprocitás-tételt.

A részletes analízishez Marx György és Jánossy Lajos szólt hozzá.

A következő előadásban Marx György pontszerű mágneses dipolusok mozgását tárgyalta adott külső elektromágneses térben. Megmutatta, hogy az előző előadásban tárgyalt eset itt is bekövetkezik, a nyugalmi tömeg nem lehet állandó. A mozgásegyenletek integrálása nem egyszerű, mert a forgatónyomaték-egyenlettel szimultán kell megoldani. A számítás két, egymás tengelyébe mutató mágneses dipolus esetére sikerült konkrétan elvégezni. Sikerült egy a mozgást leíró klasszikus »ekvivalens potenciált« is konstruálni, melyben az $1/r^3$ -os erősen szinguláris vonzópotenciált egy $1/r^6$ -al arányos még szingulárisabb taszítópotenciál kompenzálja.

Egy másik előadásában Marx György tömegtől függő erők hatására bekövetkező mozgásokat tárgyalta. Az első példában a Nordström-féle gravitáció-elmélet mozgásegyenletét diszkutálta és megmutatta, hogy itt a nyugalmi tömeg a potenciáltól exponenciálisan függ ugyan, de taszítás mégsem következik be, mert a részecske a fénysebességet sohasem éri el. Egy másik példában az adott hatóerőt a tömeggel fordítva arányosnak vette fel. Ez esetben egy bizonyos pontban a részecske eléri a fénysebességet és ezután tovább gyorsul! Ugyanakkor pedig a tömeg, az energia és az impulzus valós marad! Előállott tehát az a különös eset, hogy bár a mozgástörvény Lorentz-invariáns volt, mégis szembe kerültünk a relativitás elvével. (A fénynél nagyobb sebesség elérése ugyanis az ok-okozati viszony felcserélődéséhez vezet egy bizonyos típusú koordinátarendszerben.) Ezért az ilyen $1/M$ -mel arányos erőt a relativitás-elmélet nem engedhet meg. A tanulság tehát az, hogy a relativitási elv tartalmazza ugyan a Lorentz-kovariáncia kritériumát, de ennél többet kíván meg. Megjegyzendő, hogy $1/M$ -mel arányos erő éppen a Dirac-elmélet elektronja esetében lép fel, mert a Bohr-magneton a tömeggel fordítva arányos. Másrészt azonban a számlálóban a Planck-állandó szerepel és ezért klasszikus (nem kvantumelméleti) határesetre áttérve ez az erő eltűnik, nincs klasszikus analógja.

A rendkívül érdekes előadáshoz Faragó, Szamosi, Jánossy és Horváth kartársak szóltak hozzá.

A következő előadást *Jánosy Lajos* tartotta az általános relativitáselmélet három effektusáról. Céljával azt tűzte ki, hogy a Merkur perihélium mozgását, a Nap körzetében beálló fényelgörbülést és a gravitációs térbeli vöröseltolódást az Einstein-féle általános relativitáselmélet elgondolásai helyett fenomenológikus módon tárgyalja. Feltételezte, hogy gravitációs térben tömegváltozás áll be, valamint hogy a gravitációs tér a fénysebességet is megváltoztatja (tényleges sebességváltozás!). Ezen feltevések alapján valóban lehetséges a három effektust megmagyarázni anélkül, hogy a tér szerkezet megváltozásának álláspontjára kellene helyezkedni.

A vázolt elméletekhez Schmidt, Károlyházi, Marx és Horváth szóltak hozzá.

A kollokviumot *Pál Lénárd* előadása zárta le. Referátumában a speciális relativitáselmélet filozófiai kérdéseiről szökölt. Hangsúlyozta mindenképp, hogy a filozófiától nem lehet fizikai problémák megoldását várni. A filozófia feladata az, hogy megtisztítsa a fizikai elméleteket a beljük épült helytelen nézetektől. A relativitáselmélet filozófiai értékelése körüli viták a Szovjetunióban 1940 körül kezdődtek. Lényegileg három különféle jellegű iskola alakult ki. Az első csoportba azok a törekvések tartoznak, melyek a relativitáselméleten belül valamilyen ellentmondást akarnak találni. Ezek a törekvések teljesen helytelenek és elvetendők. Mások meglegészenek azzal, hogy az Einstein-elméletet néhány téves filozófiai következtetéstől akarják megszabadítani. Lényegileg csak frazeológiai kérdésekre szorítkoznak. Végül egy harmadik csoport a relativitáselmélet alapvető kijelentéseit tekinti fizikai és filozófiai szempontból hibásaknak, és új szempontok alapján óhajtja a »nagysebességű folyamatok« fizikáját kiépíteni, lényegileg a Lorentz-féle alapokon, az anyag struktúrájának figyelembevételével. Ezt az iskolát elsősorban Kuznyecov képviseli. *Jánosy Lajos* felfogása az övével lényegileg megegyezik. Az előadó a maga részéről ez utóbbi vonalat tekinti a legszimpatikusabbnak. Véleménye szerint, bár erre egyelőre közvetlen tapasztalati anyag nincs, nem nyugodhatunk bele abba, hogy minden inercia-rendszer ekvivalens. Filozófiai-logikai szűkszerűségnek tekinti, hogy legyen egy abszolút vonatkoztatási rendszer. Befejezésül kiemelte, hogy nem helyes álláspont egy olyan »abszolútizált« elméletet elfogadni, mely bűnök tekinti az alapok megváltoztatását. Minden erre irányuló logikus törekvés tiszteletreméltó.

Az előadást rendkívül élénk, sokoldalú, mondhatni szenvedélyes vita követte, melyben Szamosi, Marx, Horváth, Károlyházi, Faragó és *Jánosy* kartársak vettek részt. Bár egységes álláspont nem alakult ki minden kérdésben, de a vita sok további új szempontot is felvetett és értékes véleménycserékre adott alkalmat.

A kollokviumot ezután *Szigeti György*, a Társulat főtitkára rekesztette be és leszögezte, hogy a háromnapos konferencia elérte célját.

Közben az időjárás is kedvezőbbre fordult, és így az autóbusz indulását megelőző néhány órát a vállalkozóbbkedvű fizikusok szép sétákkal (sőt kisebb túrákkal!) töltötték ki, a jólvégzett munka tudatában élvezve a természetet...

Ha röviden értékelni akarjuk a kollokviumot, azt kell mondanunk, hogy egyöntetű vélemények szerint sikere az általános várakozást messze felülmúlta. A kisebb létszám és a résztvevők azonos érdeklődési köre a szokásosnál nagyobb elmélyedést tett lehetővé. Bár igen sok előadás szerepelt, mégis 30 perc állott egy-egy előadó rendelkezésére, és a viták sokszor még ennél is tovább tartottak. A szabadabb forma lehetővé tette, hogy a viszonylag zsúfolt program ellenére sem volt a kollokvium túlságosan kimerítő. A legtöbb kérdést igen sok oldalról vitatták meg, ami rendkívül tanulságos volt. Úgy látszik, hogy a fizika mai nagyfokú differenciáltsága és a fizikai élet rohamos fejlődése miatt a vélemények kicserélésének az ilyen típusú kollokvium sokkal eredményesebb formája, mint a megszokott vándor-gyűlések, melyek sokszor formális jellegűek. A kezde-

ményezés mindenesetre kitűnően bevált, és reméljük, hogy a jövőben más tárgykörökből is sor fog kerülni hasonló jellegű konferenciákra!

R. P.

TÁRSULATUNK F. JOLIOT-CURIE SZÜLETÉS-NAPJA ALKALMÁBÓL JÓKÍVÁNSÁGAIT FEJEZTE KI A NAGY TUDÓSNAK. JOLIOT-CURIE AZ ALÁBBI TÁVIRATBAN KÖSZÖNTE EZT MEG.

Kedves Barátaim!

Rendkívül örültem születésnapomra küldött jókíván-ságaiknak. A régi tudósoknak és a tudomány új dolgozóinak az Önök országában sok sikert kívánok munkájukhoz, amelyet népük és a béke érdekében végeznek. Kérem tolmácsolják kollegáinknak a legszívélyesebb üdvözlömetet.

F. Joliot Curie

KLUBEST A KÖZÉPISKOLAI FIZIKASZAKOS TANÁROK KÉPZÉSÉNEK AKTUÁLIS KÉRDÉSEIRŐL SZEGEDEN

Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat Szegedi Csoportja februárban klubestet tartott a középiskolai fizikaszkos tanárok képzésének aktuális kérdéseiről. A klubesten a középiskolai fizikatanár-képzéssel közvetlenül foglalkozó (fizikai, matematikai, kémiai és pedagógiai) intézetek tagjain kívül résztvettek a Kar, a kari Módszertani Bizottság, az Oktatásügyi Minisztérium, a Pedagógiai Tudományos Intézet képviselői, a gyakorló gimnáziumok igazgatói és számos szakvezető tanár.

Budó Ágoston egyetemi tanár, a Társulat Szegedi Csoportjának elnöke vitanyitó referátumában rámutatott arra, hogy a Szegedi Csoport hosszabb ideje foglalkozik a középiskolai fizikatanárok képzésének és munkájának problémáival, s a klubest célja az összegyűlt tapasztalatok rendszerezése, továbbá a problémák megoldása számára megfelelő módok keresése; az életnek a tanárokkal szemben támasztott követelményeiből kiindulva és összhangban az Egyetemen meglévő lehetőségekkel. Vázolta a szakmai és a pedagógiai ismeretek, továbbá az általános műveltség tekintetében támasztott követelményeket és felhívta a figyelmet a leggyakrabban előforduló hibákra. A referátum második részében az adott lehetőségek figyelembevétele mellett a felvetett problémák megoldásának lehetőségét ismertette. A befejező részben nyomatékosan felhívta a figyelmet a nehézségek kiküszöbölésének sürgősségére és arra, hogy lényeges javulás érhető el nagyobb szabású és a képzés egészét érintő változtatások nélkül is.

Nagyszámú hozzászólás után a klubesten jelenlevők egyöntetűen megállapodtak abban, hogy a tanárképzés javítása érdekében az alábbiakat tartják alapvetően fontosnak:

1. A tanárképzés minőségének javítására irányuló javaslatokban *jelenleg a négyéves* képzési idővel számolunk. Szüntelenül hangsúlyozzuk azonban, hogy a szakmai, pedagógiai, ideológiai, gyakorlati és katonai képzés egyidejű megvalósításához több időre van szükség. Ezért változtatlanul az ötéves képzés megvalósításáért kell küzdeni.

2. Minden eszközzel szorgalmazni kell, hogy az *egyetemhez saját gyakorló gimnázium* tartozzék (jelenleg kettőre volna szükség). A gyakorló gimnáziumok szervezeti szabályzatának azonban megfelelő módon gondoskodnia kellene arról, hogy ezek az iskolák ne szakadjanak el a többi iskolától. Különös gondot kell fordítani a szakvezető tanárok kiválasztására. Leghelyesebb lenne ezeknek az állásoknak pályázat útján való betöltése. Nem kívánatos, hogy egy-egy szakvezető tanár 2-3 jel ltnél többel foglalkozzék. A szakvezető tanárokkal szben támasztott magas követelmények ellenében gondoskodni kellene anyagi helyzetük javításáról.

3. A tanári pálya iránti érdeklődés növelése érdekében kívánatos lenne nemcsak a fent említett szakvezető tanárok, hanem általában a tanárok társadalmi és anyagi helyzetének rendezése.

4. A tanárképzés ügyeinek folyamatos intézését elősegítené egy, a kari tanárképzéssel foglalkozó bizottság, amely a dékánt segítené a tanárképzéssel kapcsolatban felmerülő sokféle probléma megoldásában.

5. Az *átirányítást*, amelynek az utóbbi években alkalmazott rendszere sokat ártott a tanárképzés ügyének, még burkolt formájában is ki kell küszöbölni. Az eddigi átirányítások következtében ma is meglévő néhány kirívó eset orvoslása érdekében a tanári pályához semmiképpen nem alkalmazkodott hallgatók számára — egyéni mérlegelés alapján — lehetővé kellene tenni, hogy az előírt kétévi iskolai gyakorlat nélkül is érdeklődésüknek megfelelőbb egyetemen vagy főiskolán folytathassák tanulmányaikat.

6. Kívánatos lenne, hogy az egyetemi oktatás és a tanárképzés kérdéseiben az egyetemi karok véleményét az illetékes tényezők az eddiginél nagyobb mértékben vegyék figyelembe.

7. A tantervek és programok felülvizsgálata után a szükséges változtatások révén el kell érni, hogy az egyetemi oktatás a tanárszakokon a mostaninál *jobban elégítse ki a középiskolák igényeit*. A fizikaszakos tanárok számára szinte nélkülözhetetlen egy, a modern technika eredményeivel és problémáival foglalkozó *technikai tárgyú kollégium* beiktatása (két féléven át heti 2 óra), továbbá olyan kollégiumok tartása, amelyek a középiskolai fizikai és matematikai tananyagot világítják meg magasabb szempontból (kétévenként egy félévben heti 2 óra). Hogy ezeknek a feltétlenül szükségesnek tartott kollégiumoknak az óraszám emelése nélkül való megtartása lehetővé váljék, azt a tananyag bizonyos mértékű csökkentésével lehetne biztosítani.

A rövidített tananyag mellett azonban *több speciális kollégium* megtartásával kellene elérni, hogy a tanárjelöltek valamely, érdeklődésüknek megfelelő *résztérületen önállóan elmélyüljenek*, és meg kell követelni, hogy egy választott témát *rövid szakdolgozat* keretében feldolgozzanak. Így a speciális kollégiumok a tanárképzés szerves részét képeznék.

8. A *vizsgaidőszak jelentősebb rövidítésével* lehetne a hallgatókat a félévközi rendszeres tanulásra rászorítani. Az így nyert idő egyébként is szükséges lenne egyrészt a fizikus hallgatók számára szükségesnek tartott üzemi látogatásokra, és többek között a szakdolgozatok előkészítésével kapcsolatos irodalmi és kísérleti tanulmányokra.

9. A tapasztalatok alapján kívánatosnak látszik a jelenlegi államvizsga két részre bontása (az első rész a IV. félév végén) már csak azért is, hogy könnyebben eldönthető legyen, ki alkalmas a tanulmányok folytatására.

Meg kell szüntetni azt a jelenlegi helyzetet, hogy a jelölt az államvizsga eredményes letétele nélkül iskolai beosztást kapjon.

10. Minden eszközzel törekednünk kell arra, hogy a tanárjelöltek a *pedagógiát* is megszeressék; a pedagógiát minden tanárjelölttel foglalkozó egyetemi oktatónak is fontosnak kell tartania. Módot kell találni arra is, hogy a tanárjelöltek az általános lélektan mellett (vagy annak keretein belül) a legfontosabb gyermek-, ifjú- és neveléslélektani ismereteket is elsajátítsák. Az egyetemi tantervkészítésnél a szakbizottságok hallgassák meg a pedagógiai tanszékek véleményét is.

11. Minden tanárszaknak legyen az érdekelt tanszékeken elegendő középiskolai gyakorlattal rendelkező *szakdidaktikusa*. Rendezni kell a szakdidaktikusok feladatait, szabályozni kell kapcsolataikat a Neveléstudományi Tanszékekkel és a gyakorló gimnáziumokkal. Tantervileg biztosítani kell, hogy a *szakdidaktikai előadások és gyakorlatok* a jelölt gyakorló tanításáig befejezést nyerjenek. Kívánatosnak látszik az is, hogy a gyakorló tanítás után a jelöltek az iskolai munka tapasztalatait feldolgozzák. (Heti egyórás szeminárium.)

Helyes lenne, hogy a szakdidaktikusok rendszeresen résztvegyenek az országos szakfelügyelői értekezleteken.

12. Szükséges, hogy a jelöltek a mainál *korábban kerüljenek kapcsolatba az iskolával*. Ugyancsak kívánatos a III. éves hospitálás elhagyásával a IV. évben a *gyakorló tanításokra* fordítható idő megkétszerezése. Már a következő tanévtől kezdődően minden jelöltnek *mindent* *szak tárgyból* gyakorló tanítást kellene végeznie.

A klubest anyagát a Csoport jegyzőkönyvben lejegyeztette és eljuttatta azokhoz az illetékes szervekhez, amelyek az egyetemen a közeljövőben a tanárképzés tárgyában tartandó országos ankétet készítik elő.

1955. ÉVI KOSSUTH DÍJASAINK (folytatás)

Dallos András

Dallos András munkásságának egyik legfőbb jellemzője a tudomány és az ipar legszorosabb kapcsolata. Kutatói pályája kezdetén, mely időben összeesett a magyar elektronikus műszeripar kialakulásával, részt vett elektronikus fizikai és ipari műszerek kifejlesztésében (pl. a szélessávú 5 Mc-s oszcillográf, melyet jól ismernek és gyakran használnak a hazai fizikusok).

A hazai elektronszorosozókkal kapcsolatos kutatásokból is kivette részét az Egyesült Izzó Kutató Laboratóriumában. Az 1948–49 években az elektronszorosozók fizikájának megismerése érdekében a statisztikus impulzusok amplitúdó-spektrumának felvételi eljárását dolgozta ki, mellyel egy évtizede húzóó problémát sikerült megoldani.

Ezt követően klasszikus elektronsövek ultra-rövidhullámú kérdéseivel foglalkozott.

1950-ben a Távközlési Kutató Intézet megalapítása döntő fordulatot jelentett a hazai mikrohullámú fizika terén. Dallos András munkatársaival együtt a Távközlési Kutató Intézet elektronszó laboratóriumában számos olyan elektronszó típust dolgozott ki, melyek a modern gyengeáramú technika és fizika szempontjából nélkülözhetetlenek. Így a mikrohullámú elektromágnes rezgések előállítására alkalmazott magnetron, klisztron és siktárcsás trioda-rendszerű elektronsövek, valamint a televíziós és oszcilloszkóp katódsugárcsövek hazai kidolgozását végezték el. A kifejlesztés érdekében a felsorolt elektronszó-féleségek fizikáját is meg kellett ismerni, és ezzel kapcsolatban kiemelhető Dallos Andrásnak az interdigitális magnetronnal kapcsolatos kutatói munkája.

Felismerte, hogy a mikrohullámú rezgéskeltő elektronsöveknél a passzív rezgő rendszer admittanciája és az elektronok repülési effektusa révén keletkező *»elektron admittancia«* ekvivalens és felhasználható az interdigitális magnetronnal keltett rezgés hullámhosszának szabályozására. Ez az eredmény tette lehetővé az interdigitális magnetronnal működő hazai mikrohullámú rádiótelefon-összeköttetés rendszer szélessávú hangolhatóságának biztosítását. Feszültséggel folyamatosan hangolható magnetronra is tett javaslatot, amit tőle függetlenül külföldön meg is valósítottak. A részleteredmények mellett Dallos András és kutató társai munkásságának főérdeme az, hogy a nevezett elektronszó fajták hazai gyártásához szükséges elvi tudományos alapot megermentették.

Dallos András az ipari kutatásban legfőbb elvként azt tűzte ki, hogy valamely probléma csak akkor tekinthető megoldottnak, ha azt a gyártó ipar úgy vette át, hogy megfelelő minőségben reprodukálni is tudja. Ezt az elvet valósította meg a gyakorlatban a Távközlési Kutató Intézet és az Egyesült Izzó együttműködésében — munkatársával, az Egyesült Izzó gyáregység-vezetőjével, Fried Henrikkel, aki vele együtt részesült Kossuth-díj kitüntetésben.

Fried Henrik a Távközlési Kutató Intézet által kidolgozott katódsugár- és mikrohullámú elektronsövek gyártását fejlesztette olyan színvonalra, hogy a hazai csövek elérik a fejlettebb ipari országokban előállított csövek minőségét.

(1905—1955)

Új korszakot nyitó éve volt a fizikának az 1905. év. Ekkor jelent meg az *Annalen der Physik*ben két nevezetes dolgozat egy 26 éves fiatal német fizikus tollából. Az egyik dolgozat címe ez volt: »A fény kibocsátására vonatkozó heurisztikus szempontokról«. Ezzel a dolgozattal született meg a fény kvantumelmélete, itt történt meg a foton felfedezése. A másik dolgozat címe így hangzott: »A mozgó testek elektrodinamikájáról«. Ez a munka foglalja magában a speciális relativitáselmélet alapvetését. Az a fiatal fizikus, aki a két dolgozatot írta és így a modern fizika soha nem látott ütemű végleges kifejlődését megindította, *Albert Einstein* volt.

A két felfedezés félévszázados évfordulóját ünnepelték meg 1955 márciusában Berlinben a német fizikusok. Az ünnepi ülészakot a Német Demokratikus Köztársaság Fizikai Társulata és Nyugat-Berlin Fizikus Egyesülete közösen rendezte. A Német Fizikai Társulat meghívására képviseltették magukat a Szovjetunió, Lengyelország, Csehszlovákia, Románia, Bulgária fizikusai is. A Magyar Tudományos Akadémiát és az Eötvös Loránd Fizikai Társulatot háromtagú küldöttség képviselte. A magyar delegáció tagjai Novobátzky Károly akadémikus, Marx György és Szamosi Géza egyetemi docensek voltak.

Az első ülést a nyugatberlini Fizikus Egyesület rendezte március 19-én a charlottenburgi műegyetem ünnepi díszbe öltöztetett nagy előadótermében. Az ünnepi ülés tárgya az ötvenéves fotonelmélet volt. A megnyitóbeszédet *Max Laue* Nobel-díjas fizikus, az Egyesület elnöke tartotta. Bejelentette, hogy Albert Einstein, akit meghívtak, személyesen magas kora miatt nem tudott megjelenni, de táviratban üdvözölte a berlini fizikusokat. Laue javaslatára az ünnepi ülés résztvevői táviratban köszöntötték a nagy tudóst. Ezután került sor *Max Born* Nobel-díjas fizikus nagy érdeklődéssel várt előadására. Born, mint Einstein kortársa, Einstein-nel együtt résztvett a kvantumelmélet megalapozásában, majd utána kiépítésében. A személyes élményeivel számolt be a kutatókat, elsősorban Einsteint akkor foglalkoztató gondolatokról, a kvantumelmélet forradalmian új gondolatkörének megszületéséről. Ezután beszélt Einsteinnek a kvantumelmélet későbbi kifejlődésével kapcsolatban elfoglalt kritikai állásfoglalásáról. Einstein maga igen sok dolgozatában szívesen és eredményesen alkalmazta a statisztikus módszereket, de azokban csak közelítő számítási eszközök látott, nem a természet végső törvényeit.

A második ülést, mely az ötvenéves relativitáselméletet ünnepelte, az NDK Fizikai Társulata rendezte a Humbolt-Egyetemen, amelynek negyedszázaddal ezelőtt Einstein is professzora volt. Az ülést a Társulat elnöke, a Nobel- és Sztálin-díjas *Gustav Hertz* nyitotta meg, akinek nevét a Frank-Hertz kísérlet tette közismertté. Örömmel üdvözölte a külföldi vendégek után a kettészakított Németország mindkét feléből összegyűlt fizikusokat. A német fizikusok azáltal, hogy együtt ünnepelnek, hitet tesznek Németország egysége mellett. Az ünnepi előadást *Leopold Infeld* varsói professzor tartotta, aki éveken keresztül volt Einstein közvetlen munkatársa. Infeld beszédét a Fizikai Szemle jelen száma teljes terjedelmében közli. A nagy érdeklődéssel fogadott beszéd után az ülés résztvevői, a különböző országok együttlevő tudósai hosszasan ünnepelték Einsteint.

Este ünnepi társasvacsera következett, ahol fesztelen eszmecsere nyílt lehetőség az összegyűlt fizikusok közt. A vacsorán résztvett *Walter Friedrich*, a Német Tudományos Akadémia elnöke is. A pohárköszöntők során a vendégek az ünnepelt tudósra, az emberiség haladását szolgáló tudományos kutatásnak az egységes Németországban való további felvirágozására üritették poharaikat. Born, Infeld és Laue kedves személyes élményeket mondtak el Einsteinnel való találkozásairól.

Az ünnepség lezajlása után a magyar delegáció tagjainak alkalmuk nyílt a Német Demokratikus Köztársaság tudományos életének megismerésére. A Német Tudományos Akadémia meglátogatása után felkerestük a félvezetőkutatással és az atommagfizikai problémákkal foglalkozó akadémiai kutatóintézeteket, majd a berlini és lipcsei egyetemeket is. Érdeklődéssel hallgattuk meg *Fok* leningrádi és *Votruba* prágai professzorok előadásait. Különös örömünkre szolgált, hogy *Votruba* professzor azokról az eredményeiről számolt be, melyek elmúlt évi budapesti tartózkodása alatt születtek. Sok szép emlékekkel, a német, szovjet, lengyel és cseh fizikusokkal folytatott diszkussziók értékes eredményével tértünk haza.

M. Gy.

KONFERENCIA A KVANTUMELEKTRODINAMIKÁRÓL ÉS AZ ELEMI RÉSZEK ELMÉLETÉRŐL MOSZKVÁBAN

F. év március 31. és április 7. közt a Szovjetunió Tudományos Akadémiája nemzetközi konferenciát rendezett, melynek tárgya a kvantumelektrodinamika és az elemi részek elmélete volt. A konferencián résztvettek Kína és a népi demokratikus országok képviselői, de meghívtak egyes nyugati fizikusokat is. A magyar delegáció tagjai Novobátzky Károly, Jánossy Lajos és Marx György voltak.

Az első három nap előadásai a legutóbbi években kiépített relativisztikus kvantumelektrodinamika terén szovjet fizikusok által elért eredményekről számoltak be. Különösen kiemelkedő érdekességű volt Landau megnyitó előadása. Landau mély elemzését adta a vákuumpolarizáció jelenségének, megvizsgálva azokat a jelenségeket, melyek az elektron eredeti töltésének vákuumpolarizáció által előidézett »leárnýekolásához« vezetnek. A többi húsz előadás közül különös érdeklődést keltettek Ahiezer, Bereszteckij, Källen és Pomerancsuk eredményei.

Külön foglalkozott a konferencia a mezonelméletben elért eredményekkel. Miként Tamm kiemelte, a mezonért és a proton-neutron közt fennálló erős csatolás miatt a kvantumelektrodinamikában bevált perturbációszámítási módszerek a mageröknél nem alkalmazhatók. Legtöbb sikert ígér a Tamm-Dancoff-módszer modern változata, mely a proton-mezon-szórás esetében a tapasztalattal való igen jó egyezést ért el. A további előadások elsősorban ezen módszer alkalmazásával foglalkoztak.

Az elemi részek szerkezetének felderítését célozták a nemlokális térelmélet lehetőségeivel foglalkozó előadások. Ez az elmélet a kiterjedt részecske-felfogás modern megfogalmazásának tekinthető. Ugyancsak az erőterek és részecskék elméletének legmélyebb problémái merültek fel a nemlineáris térelméletet tárgyaló ülésszakon. Blohincev előadása mellett különös érdeklődést keltett Ivanenko előadása. Ivanenko rámutatott arra, hogy ha lineáris téregyenletekből indulunk is ki, melyekben a szuperpozíció elve érvényes, a kölcsönhatások figyelembevétele szükségképpen nemlineáris effektusokra vezet. Fellépnek olyan jelenségek, mint Coulomb-téren való fényszórás, egyszerre több részecske közt fellépő magerők stb. Ezek szinte tapasztalatilag támasztják alá a téregyenletek nemlineáris voltát. Hasonló értelemben foglalt állást Infeld professzor is.

Az elemi részek általános elméletével foglalkozó előadások közül kiemelkedett az izotóp spinnel foglalkozó ülésszak. A megnyitó előadást *Votruba* professzor tartotta, aki a nukleonok töltés szimmetrikus elméletét adó fontos eredményeiről számolt be. A további előadások is szépen illusztálták, hogy az izotóp spin alkalmazásával gyakorlatilag is fontos eredmények (pl. különböző hatáskeresztmetszetek viszonya) szinte elemien tárgyalható. Több előadás foglalkozott még az elemi részek állapotegyenleteivel, azok lehetséges kölcsönhatásaival, előadást tartott többek közt Terleckij és Zeldovics is.

A 60 előadás és az azokat követő élénk diskusziók alapján le kell szögezni, hogy a konferencia igen eredményes munkát végzett. A magyar fizikusok hozzászólásai mellett is megbeszélést folytattak különböző nemzetiségű fizikusokkal közös kutatási témáikról,

azonkívül a konferencián kívül előadásokat tartottak. A magyar kutatók személyes nemzetközi kapcsolatainak kiépítéséhez a moszkvai konferencián való részvétel nagymértékben hozzájárult.

M. Gy.

FELADATOK

KITŰZÖTT ÚJ FELADATOK:

9. Szakköri tagok vitatkoznak. Az éppen nem kapható 6 W-os ellenállást az egyik két sorba kapcsolt 3 W-os ellenállással akarja helyettesíteni, a másik két párhuzamosan kapcsolt 3 W-osat ajánl. A szaktanárhoz fordulnak. Melyiknek van igaza?

(Kovács Mihály Bp.)

10. Nagy belső ellenállású áramforrás U elektromotoros erejét szeretnék megmérni. Van két megfelelő voltmérőnk, de azoknak ismeretlen R_1 és R_2 belsőellenállása az áramforrás ellenállásával egy nagyságrendbe esik. Hogyan mérhetjük meg U -t?

11. Egy C kapacitású kondenzátort V feszültségre töltünk fel. Egy mechanikus szerkezettel R sugarú ϵ_r dielektromos tényezőjű golyót mp-ként n -szer mozgatunk ide-oda a két lemez között. Kérdés, hogy mekkora ellenállást képvisel ez a berendezés?

(Nagy Elemér Bp.)

12. $l = 1$ m hosszúságú rugóra 0,1 kg tömegű súlyt akasztunk, megnyúlik 1,1 m hosszúságra. A rugó végénél fogva a súlyt megpörgetjük, vagyis körpályán egyenletes körmozgásra kényszerítjük. Kérdés, hogy mekkora n fordulatszámnál fog a rugó biztosan elszakadni?

MEGOLDÁSOK:

1. Arra a kérdésre, hogy a villamosművek miért nem szeretik a kis $\cos \varphi$ -t gondolkozás nélkül így felelünk: Azért nem, mert a fogyasztásmérő csak a fogyasztásnál elhasznált energiát mutatja, a hálózati veszteséget nem. Az utóbbival a villamosművek előre számolnak és a villany árába bekalkulálják.

Kis $\cos \varphi$ esetén azonban a centraléból kijövő ΣR_T energiának nagyobb hányada veszik el a hálózatban, mint $\cos \varphi = 1$ esetén és így a villamosművek ráfizetnek. Igaz-e ez? Számoljunk!

Legyen a hálózat ellenállása R_H , tegyük rá R_T terhelő ellenállást. Az áram $I_1 = V/(R_H + R_T)$ lesz. A hálózati veszteség és az összes energia aránya pedig

$$\frac{W_V}{W_\delta} = \frac{R_H I_1^2}{(R_T + R_H) I_1^2} = \frac{R_H}{R_T + R_H}$$

Rontsuk el a $\cos \varphi$ -t, tegyük a terhelés elé jó nagy L önindukciót. Ekkor az áram

$$I_2 = \frac{V}{\sqrt{(R_H + R_T)^2 + L^2 \omega^2}}$$

A veszteség és az összes energia aránya

$$\frac{W_V}{W_\delta} = \frac{R_H I_2^2}{(R_T + R_H) I_2^2} = \frac{R_H}{R_T + R_H} \quad \text{Ugyanakkora?!}$$

Kérdés:

De akkor miért nem szeretik mégis a villamosművek kis $\cos \varphi$ -t?

Először is le kell szögeznünk, hogy sorbakötött L önindukció és R ellenállás esetén is a fogyasztott teljesítmény $I^2 R$ és nem $I^2 / (R^2 + L^2 \omega^2)$, mint egyes

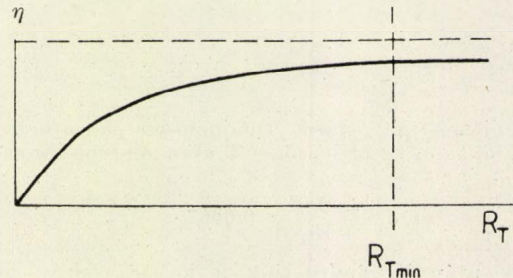
beküldött megoldásokban szerepel. A teljesítmény ugyanis:

$$VI \cos \varphi = I \sqrt{R^2 + L^2 \omega^2} \cdot I \frac{R}{\sqrt{R^2 + L^2 \omega^2}} = I^2 R.$$

Így valóban igaz, hogy a feladatban szereplő mind a két esetben a határfok egyformán:

$$\eta = \frac{R_T}{R_T + R_H}.$$

Ha ezt R_T függvényben ábrázoljuk az 1. ábrán látható viszonyokat kapjuk:

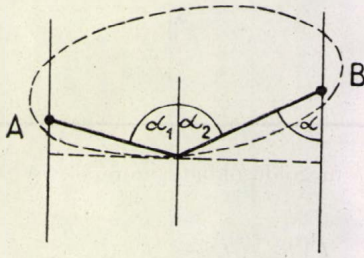


1. ábra

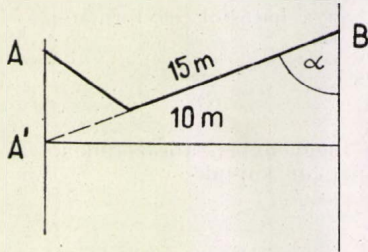
Vagyis, minél kisebb a terhelő ellenállás, annál kisebb a határfok. Az órában vagy biztosítószekrényben elhelyezett biztosító (csak ohmos terhelés esetén) korlátozza (alulról) a hálózatra kapcsolható R_T -t. Ha $R_T \leq R_{T \min}$ a biztosító kiold, az olvadó biztosító tehát nemcsak a hálózatot védi, hanem megszünteti a határfok alsó határát is! Ha a villamos művek biztonságból ezzel a határfokkal számolnak, nem fizethetnek rá. Az előbbi esetben az R_T ellenállás először önmagában volt a hálózatra kapcsolva, tehát $R_T > R_{T \min}$ volt. A vele sorbakötött L önindukció a határfok változatlan tartása mellett csak a kivett áramot, ill. teljesítményt csökkentette le. Megfelelő nagy L önindukció bekötése után azonban lehetségessé válik az R_T ohmos ellenállás igen nagy mértékű csökkentése is anélkül, hogy az áram túlságosan megnöve és a biztosító kioldana. Így lehetségessé válik $R_{T \min}$ alá kerülni és igen rossz határfokkal fogyasztani. Szélsőséges esetben »ideális« önindukciónál $R_T = 0$ lehet, mikor is saját magunk wattot nem fogyasztunk, a teljesítménymérő nem forog, a biztosító nem old ki (ha L elég nagy) és a $\frac{V}{L\omega}$ meddő áram terheli a hálózatot és a villamos művek gépeit. Megoldotta: Várszegi Márton.

2. Egy tornacsarnok két szemköztes falán különböző magasságban levő horgokhoz kötelet akasztunk, amelyen egy gyűrű csúszhat. 50 kg súlyú tornász függeszkezik a gyűrűn. A kötélen 15 m hosszú, a horgok vízszintes távolsága 10 m, függőleges távolsága 2 m. Mekkora lesz a kötélen legnagyobb igénybevétele? A kötélen igénybevétele akkor lesz a legnagyobb, ha a gyűrű a tornásszal nem csúszik, hanem már áll, mert a mozgáskor a hatóerő egy része a gyorsításra fordítódik.

A gyűrű azon a helyen fog megállni, ahol a helyzeti energiája a legkisebb. Mivel a gyűrű ellipszis pályán mozoghat (lásd a 2. ábrát), megálláskor az ellipszis



2. ábra

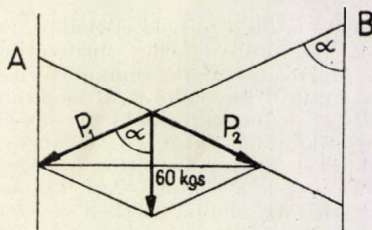


3. ábra

érintőjének jól ismert tulajdonsága következtében $a_1 = a_2 = a$. Ez az a szög a 3. ábra alapján kiszámítható:

$$\sin a = \frac{10}{15} = 0,6667 = \frac{2}{3}.$$

Ezek után kiszámíthatjuk a kötéltre ható erőket.



4. ábra

$$P = P_1 = P_2 = \frac{60}{2 \cos a}$$

$$\cos a = \sqrt{1 - \sin^2 a} = \frac{\sqrt{5}}{3}$$

$$p = \frac{90}{\sqrt{5}} \text{ kgs} = 40,25 \text{ kgs}.$$

A 60 kgs erő két kötélszár között oszlik meg. Egy-egy kötélszárra jutó erő, tehát a kötéln legnagyobb igénybevétele

$$P = 40,25 \text{ kgs}.$$

Érdekes mellékeredmény, hogy az a szög és így a

hatóerő is független a horgok függőleges távolságától. Tehát ez az adat a példában fölösleges.

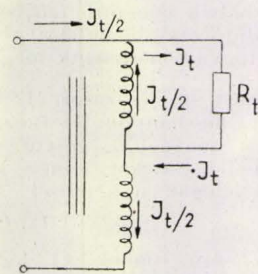
Kovács Mihály
(Budapest)

Megoldotta: Várszegi Márton.

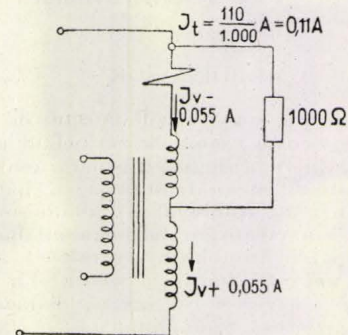
3. A múltkor meg akartam mérni a vas veszteségét egy kis transzformátornak, melynek a kisfeszültségű oldalán két 110 V-os tekercs volt. Csak 220 V váltakozófeszültség állt rendelkezésemre, és olyan watt-mérő, melyek 150 V-os feszültségtekercse van. Azért, hogy ne terheljem túl a watt-mérő feszültségtekercsét a watt-mérőre csak fél feszültséget adtam. A watt-mérő 20 W teljesítményt mutatott. Úgy gondolkodtam, hogy a vasveszteség a watt-mérőn mért érték kétszerese, vagyis 40 watt.

Kérdés:

Követtem-e el valamilyen hibát?



5. ábra.



6. ábra

Közismert, hogy 1 : 2 áttételű autotranszformátornál az I_t terhelő wattos áram a 5. ábrán látható módon oszlik el a transzformátor tekercsein. Feladatunkban ezért az áramok wattos komponenseire a 6. ábrán látható viszonyok alakulnak ki. A watt-mérő feszültség tekercse által okozott terhelő áram fele a watt-mérő áramtekercsén szembefolyik az I_v vasveszteségi árammal, ezért a watt-mérő 0,055 A, 110 V = 6 W-tal kevesebbet mutat, mint a tényleges vasveszteség fele. A vasveszteség tehát helyesen:

$$2 (20 + 6) \text{ W} = 52 \text{ W}.$$

(Gyakorlati megjegyzés: A watt-mérő 150 V-os feszültségi tekercse általában 220 V-ra nyugodtan túlterhelhető.)

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA KÖZPONTI FIZIKAI KUTATÓ INTÉZETÉNEK KÖZLEMÉNYEI

A Magyar Tudományos Akadémia Központi Fizikai Kutató Intézetének Közleményei 1953. november 7-én jelentek meg első ízben és azóta kb. kéthavonként kerülnek kiadásra litografált formában, számonként 100—130 oldal terjedelemben. A kiadvány kis példányszámban jelenik meg és elsősorban az Intézet dolgozói számára készül, de elkerül hasonlóan működő más intézetekbe is. Közleményeinknek az a célja, hogy az Intézetben belül elmélyítse kutatóink együttműködését; az Intézetben kívül pedig az, hogy a rokon területen működő kartársaink figyelmét is felhívja a Központi Fizikai Kutató Intézetben folyó vizsgálatokra és a közös célok eléréséhez vezető együttműködésre serkentse őket is. Az alábbiakban ismertetjük a KFKI Közleményeinek tartalomjegyzékét, 1955. III. évfolyam 1. száma:

1. *Budó Ágoston és Kovács István*: Rövid közlemény az O_2^+ molekula állapotáról.
2. *Vörsatz Bruno és Haltenberger Sarolta*: Wolfram mennyiségi meghatározása Titán-fémekben színképelemzéssel.
3. *Vörsatz Bruno*: Nagy tisztaságú réz vizsgálata szennyezőire színképelemzéssel.
4. *Zsdánszky Kálmán*: Alapegységekből felépített mérőkészülékek kozmikus sugárzási mérésekhez.
5. *Zsdánszky Kálmán*: Impulzusszámláló végfokozat.
6. *Varga Péter*: Egy Schmitt-körökkel működő amplitúdó analízátor.
7. *Gécs Mária, Mertz János és Turi László*: Fázisérzékeny szelektív (lock-in) erősítő.
8. *Turi László*: Dielektromos állandó és veszteségi szög mérés 10 cm-es hullámhosszon.
9. *Mertz János*: Feszültségstabilizátor nagyfeszültségű és kis áramú áramforrások stabilizálására.
10. *Techetné Ágoston Erika*: Ionizációs kis kamrákban alkalmazható szigetelők vizsgálata.
11. *Orient Ottó*: Geiger—Müller számlálócsövek működési sajátágaival kapcsolatos vizsgálatok.

A III. évfolyam 2. száma

1. *Bardócz Árpád*: Elektronikus vezérlésű spektroszkópiai nagyfeszültségű szikrafényforrás széles tartományban változtatható szikragyakorissággal.
2. *A Molekulaspektroszkópiai Csoport 1952. évi munkaközössége*: A Wadsworth-féle rácsbeállításról.
3. *Nagy László*: A Rossi-görbe első szakaszának menete különböző abszorbensek esetén.
4. *Rozsnyai Balázs*: Magsűrűség és héjszerkezet.
5. *Zieglér Mária*: Atommagok hőkitágulási együttműködése.
6. *Kostka Pál és Mérey Imre*: Az Atomfizikai Osztály 4 MV-os Van de Graaff generátorának feszültségforrása.
7. *Ember György*: Nagyfeszültségű anódpótlók.
8. *Techetné Ágoston Erika és Vödrös Dániel*: Radioaktív laboratóriumunk berendezése.

ACTA PHYSICA LEGÚJABB SZÁMA

Az Acta Physica IV. kötetének 3. számában elsőnek *Gyulai Zoltán* dolgozatát találjuk, amely anyagokban növekvő kristályok által okozott pusztító hatások vizsgálatáról számol be. Egy fayence tányéron kb. 24 órán keresztül telített konyhasóoldat volt, azután az oldat kiöntése, a tányér kitörése után a tányér száraz szobalevegőn állt. Két év múlva a tányér felületén nagyobb kiemelkedések, felpúposodások és egy hasadás látszott. Tűzálló üvegesővön, virágceserépen hasonló jelenségek

mutatkoztak, ezeken hasadások, elmállások is jelentkeztek. A jelenség oka — amint azt a szerző kimutatja — az, hogy a porózus anyagok igen finom pórusaiban (nagyságrendben 0,1—0,01 átmérőjű csövecskék) kristályok képződnek. Nyilvánvaló, hogy ezek a jelenségek a természetben is igen gyakran előfordulnak. A szerző által felfedezett jelenséggel meg lehet magyarázni az építőanyagok lassú elmállását is. Az anyagok belsejében lejátszódó kristálynövekedés sajátosságainak pontos megvizsgálása után gondolni lehet olyan módszerek kidolgozására is, amelyek a pusztító kristályok képződését megakadályozzák.

Morlin Zoltán: »Adalékok a rekristallizációs folyamatok vizsgálatához« címmel közöl dolgozatot. Porrátört NaCl kristályokból nagy nyomáson (1000—2000 kg/cm²) és magasabb hőmérsékleten (20—750 °C) keletkező pasztillákban nagyobb egykristályok keletkeznek. A szerző az így előállított egykristályokat polirozás után alkohollal maratta. Ennek hatására a felületeken mikroszkóp alatt látható finomszerkezet — apró, egymáshoz kapcsolódó négyzetek — mutatkozott. A finomszerkezet megerősíti a Kossel—Stranski-féle kristálynövekedési elméletet.

A következő dolgozatot *Román Pál* írta: »Az elektromágneses tér kvantálása egy új ábrázolásban« címmel. Ismeretes, hogy az elektromágneses tér kvantumelméletében kanonikus alampennyiségeknek az elektromágneses potenciálokat választjuk. A Lagrange-függvény segítségével definiáljuk a potenciálokhöz kanonikusan konjugált impulzusokat. Ezekhez azután olyan operátorokat rendelünk, melyek a Heisenberg-féle csererelációkat kielégítik. Az elektromágneses potenciálokhöz és kanonikus impulzusokhoz ilyen módon hozzárendelt operátorokkal az erőter energiáját és impulzusát kifejezhetjük. A feladat most már ezen operátorok sajátértékeinek meghatározásában áll. A kanonikus impulzusok között a téregyenletek következtében összefüggések állnak fenn, melyek lehetővé teszik, hogy az energia és impulzus operátorát két független impulzussal és koordinátával fejezzük ki. 1953-ban Green- és Wolfnak sikerült egyetlen komplex mennyiséggel kvantálni a tiszta sugárzási teret. Román Pál az eljárást Novobátzky Károly módszerével kombinálta, ilyen módon a töltések és áramok jelenléte esetén is ugyancsak egy komplex mennyiséggel végezte el a kvantálást. A térenergian kívül a spin sajátértékeit is meghatározta.

Ezt követően *Szamosi Géza* és *Marx György* reindkívül érdekes dolgozatát olvashatjuk. Címe: »Nukleon mozgása skaláris mezőterben«. A probléma elméleti magfizikai vizsgálatok során vetődött fel. Az irodalomban utóbbi időben több közlemény jelent meg, melyek szerint a két nukleon közötti vonzó magerő igen kis távolságban taszításba megy át, ami megakadályozza, hogy azok egymást minden határon túl megközelítsék. A szerzők dolgozatuk céljával azt tűzték, hogy a nukleon relativisztikus mozgásegyenletét skaláris mezőter esetén exaktul megoldják és a mozgás tér-időbeli lefolyását megvizsgálják. Arra kerestek választ, vajon a mezőter vonzó potenciálja — pusztán relativisztikus okokból átmege-e bizonyos tartományban taszítóba. (Ilyen effektusok relativisztikus okokból való fellépésére kis energiák esetén Werle lengyel fizikus mutatott rá.) A szerzők vizsgálatai sikerrel jártak. A relativisztikus mozgásegyenletek exakt megoldásából az a nagyfontosságú eredmény adódott, hogy az erőcentrumot valóban egy taszító potenciálú tartomány veszi körül, és ez a tartomány teljesen független az energiától. Nagyon meglepő az a tény, hogy abban a pontban, amikor a potenciál vonzóból taszítóba megy át, a nukleon sebessége eléri a *c* fénysebességet, majd ettől a pillanattól kezdve lassulni kezd, míg végül egy pontban sebessége nullává válik és visszafordul. A dolgozat diszkussziója során több új probléma vetődött fel a relativisztikus mozgással kapcsolatban és ily módon további kutatások megindulását vonta maga után.

A következő dolgozatot *Pauncz Rezső* írta »Egy új kvantummechanikai közelítő módszer vizsgálata« címmel. Dolgozatában az elméleti molekulakutatások egy új, Moffitt-től származó eljárásának teljesítőképességét vizsgálja meg a hidrogén molekula esetén. A vizsgálat eredménye azt mutatta, hogy a Moffitt-féle korrekció egy gyengébb közelítő függvény esetén aránylag jó eredményt adott, de pontosabb közelítő függvény az eredményt elrontotta. (Ez arra mutat, hogy a módszer eredményeit bizonyos fokú óvatossággal kell kezelni.) *Pauncz* számításából arra következtet, hogy nem helyes a H_2 molekula alapállapotát, mint homopoláros és ionos állapotok szuperpozícióját értelmezni.

Sok gyakorlati, mérési problémánál szükséges egy fotocella vagy fotoelektronsokszorozó katódjának érzékenységszűrése. *Náray Zsolt* dolgozatában egy módszert közöl, amelynek segítségével gyorsan, reprodukálhatóan lehet az érzékenységszűrést megmérni. A módszer lényege az, hogy egy katódsugárcső ernyőjén elektronikus berendezéssel mozgatott fénylő pontot vetítünk a fotokatódra, amely ilyen módon »letapogatja« a katód felületét. A sokszorozó anódenálláson megjelenő feszültséget egy másik katódsugárcső vertikális lemezpárjára, a fénylő foltot mozgató feszültséget pedig a vízszintes lemezpárra visszük és a jelet lefényképezzük. A szerző 931/A típusú fotoelektronsokszorozók katódjának érzékenységszűrést és a katódezzékenységnek a fény beesési irányától való függését mérte meg.

Gombás Pál »Az atommag statisztikus elmélete« című cikksorozat harmadik részét *Mágori Edittel*, *Molnár Bélával* és *Szabó Évával* közösen írta. Az első két dolgozatban az atommag statisztikus elméletét dolgozta ki *Gombás* azzal a feltevéssel, hogy a nukleonok között egy skaláris Yukawa-típusú kölcsönhatás áll fenn. Ennek alapján számította ki a mag kötési energiáját és sűrűségeloszlását a Ritz-féle variációs eljárás segítségével. A jelen füzetben található harmadik részben exponenciális és Gauss-féle kölcsönhatás feltételezésével számolják ki a szerzők a mag kötési energiáját és a sűrűségeloszlást. A kötési energiára vonatkozó eredményeik jobban egyeznek a tapasztalattal, mint a Yukawa-féle kölcsönhatással számítottak, bár az egyeztetés is kielégítő volt. A sűrűségeloszlásnál mutatkozik jelentősebb eltérés az első két dolgozathoz képest. Az exponenciális és Gauss-féle kölcsönhatás esetén a radiális sűrűségeloszlás könnyű magokra most is Gauss görbe lefutású, de nehéz magoknál a mag határa felé nagyobb a sűrűség, mint a mag közepén. Ez, a nehéz magoknál jelentős szerepet játszó protonok közti Coulomb taszítás eredményeként adódik.

A következő dolgozatban *Budó Ágoston* és *Kovács István* számolnak be a O_2^+ molekula 4π energiaállapotára vonatkozó vizsgálataikról. A 4π term két középső komponensének anomáliáit viselkedését sikerült két 2π term perturbációjaként értelmezni a kísérleti adatokkal jó egyezésben. A szerzők az egyes term komponensek helyzetéből az egyik, eddig még nem észlelt perturbáló 2π term helyzetére következtettek. Továbbá kiszámították az említett 2π term multipllett állandóját.

A »Rövid Közlemények« rovatban két dolgozat található. Az első dolgozatot *Ziegler Mária* írta. Címe: A párenergia kiszámítása Yukawa potenciálhoz tartozó sajátfüggvények segítségével. Ismeretes, hogy a páros nukleon számú magok kötési energiája nagyobb, mint a páratlan számúaké. A jelenség szemléletesen magyarázható azzal, hogy a magon belül a nukleonok párokat alkotnak, ui. a Pauli-elv miatt legfeljebb két nukleon lehet ugyanazon energiaállapotban, ellentétes spin beállással. Elméleti vizsgálatok szerint adott azimutális kvantumszámú pályák közül azon nagyobb a párenergia, melyek impulzusa nagyobb. A szerző a nukleonok közötti skaláris Yukawa potenciál feltételezésével, valamint a spin-pálya kölcsönhatás figyelembevételével számolja ki a párenergiát. Az eredmények megerősítik a fentemlített tényt, nevezetesen a párenergia nagyobb, a nagyobb impulzusa nagyobb állapotban.

A másik rövid közlemény *Marx György* és *Nagy Károly* közös munkájuk eredményéről ad ismertetést. Egy régebbi számunkban ismertették *Marx Györgynek* *Györgyi Gézával* közösen írt dolgozatát a dielektrikum-beli elektromágneses tér energia-impulzus-tenzoráról. Ott *Marx* kimutatta, hogy az elektromágneses sugárzás leírására nem a tér energia-impulzus-tenzora szolgál, hanem tekintetbe kell venni azt a tényt is, hogy a tér a dielektrikummal kölcsönhatásban áll, és ennek következtében nyugvó dielektrikum esetén abban feszültségeket ébreszt. A sugárzás energia-impulzus-tenzorát ott síkhullámra vonatkozóan találjuk. Jelen közleményben a szerzőknek sikerült ezt a tenzort tetszőleges elektromágneses sugárzásra kovariáns formába felírni. Az így nyert tenzor áramok és töltések jelenléte nélkül divergenciamentes, ily módon a sugárzás energiája és impulzusa időben állandó.

K. L. és N. K.

A MAGYAR FIZIKAI FOLYÓIRAT ÚJ SZÁMAI

A Magyar Fizikai Folyóirat III. kötet I. füzetében az alábbi dolgozatokat tartalmazza.

Pál Lénárd: *Maghasadási vizsgálatoknál fellépő valószínűség-számítási kérdésekről*. A maghasadás tanulmányozására szolgáló ionizációs kamrák a hasadási termékeken kívül a jelenlevő α -részecskéket is számolják. Az ezek által okozott zavart korrekcióba kell venni. A hasadási termékek átlagos energiája kb. egy nagyságrenddel nagyobb az α -részecské energiájánál, ezért a hasadási termékek és α -részecskék által keltett lökések megkülönböztethetők. Az α -részecskék ionizációs lökései azonban szuperponálódhatnak és így olyan lökéseket eredményezhetnek, melyeket a berendezés hasadási termékek által kiváltott impulzusoknak méri. Ennek az irodalomban található korrekciója csak közelítőleg alkalmazható. A szerző jelen dolgozatban azzal foglalkozik, hogyan kell pontosabban figyelembe venni az α -részecskék zavaró hatását.

Ezt követően *Jánossy Lajos* és *Nagy Kázmér* »A kvantummechanikai Einstein-paradoxon egy következménye« című érdekes dolgozatát olvashatjuk. A dolgozatban az alábbi érdekes problémát vetik fel: »Tekintsünk egy ernyőt két nyílással, melyek mindegyikére egy-egy fényzárát alkalmazunk. Ezek nyílását alkalmas relérendszerrel vezérelje egy-egy számlálócső. A számlálócsövek között helyezünk el egy gyenge alfapreparátumot. A berendezés működjék a következőképpen:

Kezdetben legyen mindkét rés zárva. Ha az alfapreparátumból az első részecske az első számlálócsövet éri, nyissa a hozzákapcsolt relérendszer az első részt és kapcsolja ki automatikusan mindkét számlálócsövet. Hasonlóan, ha az első α részecske nem az első, hanem a második számlálócsövet éri, nyílnak a második zár és azután álljon le az egész mechanizmus. Mikor az α -részecske hatására nyitás következtet be, egy fényforrás fényét a résen keresztül ejtsük fényképező lemezre. Ha mindkét rés nyitva volna, interferenciaképet kellene kapnunk, ha csak az egyik, nem. A kérdés már most a következő: Elvárhatjuk-e — ha az egész berendezést egy kvantummechanikai rendszernek tekintjük —, hogy egy meghatározott idő elteltével a rendszer olyan állapotba jut, melynek állapotfüggvénye $\psi_1 + \psi_2$, hol ψ_1 illetve ψ_2 hullámfüggvény azt az állapotot írja le, amikor vagy az egyik vagy a másik rés nyitott, és így — viselkedhet-e ez a rendszer úgy, mintha mindkét nyílás »féligen nyitott« lenne; vagyis lesz-e a fényképezőlemezén fényinterferencia?« A fenti komplikált berendezést kvantummechanikailag pontosan végigkövetni lehetetlen, ezért egy, a problémával rokon kérdést vizsgálunk meg: elektronok szóródása protonokon.

A folyóirat ezeken kívül több olyan dolgozatot tartalmaz, melyek az *Acta Physicában*, vagy más helyen korábban megjelentek és ezeket régebbi számunkban már ismertettük. Itt a teljesség kedvéért a szerzők nevét és a dolgozatok címét közöljük.

Náray Zsolt: A katódérzékenységeloszlás meghatározása fotomultipliernél.

Bardócz Árpád: Elektronikus vezérlésű spektroszkópiai nagyfeszültségű szikrafényforrás széles tartományban változtatható szikragyakorisággal.

Horváth János: Közelítő módszer a sajátfüggvények meghatározására.

Pauncz Rezső: Egy új kvantum-kémiai közelítő módszer teljesítőképességének vizsgálata.

Budó Ágoston—Kovács István: Vizsgálatok az O_2 molekula π energiaállapotán.

»A klasszikus irodalomból« rovatban de Broglie 1926-ban a »Le journal de physique et le radium«-ban megjelent dolgozatának fordítása olvasható. A dolgozat címe: Az anyagi pont dinamikája és a geometriai optika közötti párhuzamról. A dolgozat alap gondolata, hogy az anyagi ponthoz hullámot rendelünk, és a hullámterjedés törvényeiből kiindulva vezetjük le a pont dinamikáját. Végül a fénytöréssel kapcsolatos problémára tér rá. Ismeretes, hogy a Fermat-féle elv alapján a Descartes-féle törés törvényt szépen le tudjuk vezetni. Ha viszont a korpuszkuláris elmélet álláspontjára helyezkedünk, a Maupertuis-elvből kell kiindulni, viszont ez rossz eredményre vezet. De Broglie megmutatja, hogy ha a hullámok elméletéből vezetjük le a dinamikát, akkor a fenti ellentmondás kikerülhető, mert a Maupertuis-elv olyan alakban adódik, ami azonos a Fermat-elvvel és így a hullámegyenlettel egyező eredményt adja.

A Folyó Irodalomból c. rovatban V. V. Antonov—Romanovszkij »Poralakú lumineszkáló anyagok abszorpciós-tényezőjének meghatározása« c. dolgozatát találjuk. A dolgozat tárgya a lumineszcencia kutatások régi problémája. A kérdésben a közelmúltban Bodó Zalánknak sikerült értékes eredményeket elérni (Acta Phys. Hung. 1,135,1951.) Egyszerű elméleti megfontolások segítségével kimutatta a fényporokról diffúz reflexió folytán visszaverődő fény mennyiség és az abszorpciós együttható közti összefüggést. A szovjet szerző dolgozatában tovább fejleszti Bodó munkáját. Kimutatja, hogy a mérések kiértékelésénél két szélső esetet kell figyelembe venni: a porban előforduló — és a szerző által definiált — szabályos, ill. szabálytalan kristályok esetét. Szabályos kristályokból a belépő fény lényegesen veszteség nélkül lép ki. Szabálytalan kristályok esetében figyelembe kell venni azt, hogy a kristályokból a fény egy része a teljes visszaverődés miatt nem tud kilépni. A valóságos helyzet általában a két szélső eset között van. Bodó eredményei — amint a szerző kimutatja — a szabályos kristály feltevésén alapuló eredményekkel egyeznek meg.

III. kötet 2. füzeté az alábbi dolgozatokat tartalmazza.

Az első dolgozatot Román Pál írta: A vákuum polarizáció néhány hatásának fenomenológikus tárgyalása címmel. Az utóbbi években a fizikai vákuum polarizációjával összefüggő problémák mind elméleti, mind kísérleti vonatkozásban a kutatások homlokerébe kerültek. Az elméleti vizsgálatokat illetően a Schwinger, Dyson, Tomonaga és mások által kiépített relativisztikus kvantumelektrodinamikára utalunk. Ennek alapján a hidrogén atom $2S_{1/2}$ energia nivójának Lamb-féle eltolódása, valamint az elektron anomális mágneses momentuma a vákuum polarizációjával magyarázható. Ezenkívül történtek fenomenológiai vizsgálatok is a vákuum polarizációjával kapcsolatban. Ezek közül Bagge munkáját említjük meg. Román Pál dolgozata ehhez kapcsolódik, s azt mágneses terekre is kiterjeszti. A modell alapján kiszámított Lamb-féle eltolódás és mágneses momentum meglepően jól egyezik a tapasztalattal. Végül a Hubble-féle vörös eltolódás egy lehetséges értelmezését adja.

A következő dolgozat Gergely György »Sávszélesség problémák relaxációs jelenségek vizsgálatánál« címmel az Acta Physicában már megjelent, ezt már ismertettük.

Medveczky László és Bujdosó Ernő dolgozatukban egy módszert írnak le, amelynek segítségével gyors neutronok energiájának fotoemulziós módszerrel történő mérését lehet meggyorsítani. A nyomok keresésére szolgáló mikroszkóp világos háttérű kondenzorlencséjének aperturanyílásában elhelyezett azimutrekész segítségével olyan sötétlátóterű megvilágítást sikerült előállítani, hogy kis nagysággal nagy emulzió térfogatrészen csak $\pm 25^\circ$ azimutális szögben levő pályákat lehet látni. Ilyen módon gyorsabban lehet a mérések kiértékelésénél felhasznált meglökött protonnyomokat felkutatni.

Varsányi Ferenc és Bardócz Árpád egy egyszerű szerkezetet írnak le »Lemeztartó mozgószerkezet spektrográfhoz« címmel, amellyel bizonyos spektrográfnál a lemeztartó továbbítása és a lemeztartó helyzetének ellenőrzése a készülék megkerülése nélkül, az optikai pad mellől végezhető.

Náray Zsolt »Analogia-számológép lineáris egyenlet-rendszerek megoldására« című dolgozatában ismerteti az ilyen célra készülő számológépek elkészítésénél felmerülő szempontokat. Majd beszámol az általa tájékozódás céljából elkészített kétismeretlenes egyenlet-rendszerek megoldására alkalmas számológép alkatrészeiről. Tárgyalja működését és a számológéppel végzett egyenletmegoldások pontosságát, gyorsaságát.

»Dekados fénycsökkentő berendezése« címmel Jánossy Lajos és Náray Zsolt közöl dolgozatot. A fénycsökkentő berendezés egymásután kapcsolható egységekből épült fel, amelyekben a fény intenzitása azáltal csökken, hogy az egység bemenő blendéjét egy lencse felnagyítva képezi le a bemenő blendével azonos nagyságú kimenő blendére. A fénycsökkentés mértéke fordítva arányos a nagyítás négyzetével. A szerzők részletesen tárgyalják a berendezés elkészítésénél felmerülő problémákat. A fénycsökkentő berendezéssel végzett kalibrációs mérések szerint 10^{-1} — 10^{-9} arányú fénycsökkentés valósítható meg.

»A folyó irodalomból« rovatban P. E. Hodgson »Elemi részecskék« című dolgozatának fordítása szerepel. Eredetileg 1954-ben a Science Progress című folyóiratban jelent meg. Az elemi részecskékre vonatkozó legújabb kísérleti adatokat (tömeg, töltés, spin) valamint bomlási skémájukat ismerteti a szerző.

»A klasszikus irodalomból« rovatban H. A. Lorentz 1904-ben megjelent »A fénysebességnél kisebb, tetszőleges sebességgel mozgó rendszerben fellépő elektromágneses jelenségek« című dolgozata olvasható. A dolgozatban a mozgó vonatkoztatási rendszerekben fellépő elektromágneses jelenségek részletes diszkusszióját és magyarázatát találjuk a Lorentz-féle kontrakciós elmélet alapján.

Ezt követően az alábbi könyvismertetéseket tartalmazza a Magyar Fizikai Folyóirat:

V. Vekszler, L. Grosev és B. Iszajev: Sugárzások vizsgálata ionizációs módszerekkel (Fenyves Ervin)
Roland Eötvös: Gesammelte Arbeiten (Renner János)

G. I. Szkanavi: A dielektrikumok fizikája (Gyenge terek tartománya) (Nagy Elemér)

Faragó—Pócza: Elektronfizika (Guba Ferenc)

J. C. Slater: Mikrohullámú elektronika (Tari László)

E. V. Spolszkij: Atomfizika I. (Keszthelyi Lajos)

A. Ahijezzer—I. Pomeranczuk: Fejezetek az elméleti magfizika köréből (Mráz József)

»Levél a szerkesztőhöz« cím alatt Dezső Lóránd közöl néhány adatot a hazai csillagászat történetéből.

N. K. és K. L.

A FIZIKAI TUDOMÁNY HALADÁSÁBÓL

Az elemi részek szerkezete. A modern fizikában döntő jelentőségűnek bizonyult a nagyszámú elemi rész felfedezése, valamint annak felismerése, hogy az elemi részek egymásba átalakulhatnak. Legtöbbjüknek rendkívül kicsi, a másodperc tört része csupán az átlagos élettartama, s szinte kivétel számba megy egy-egy elemi rész stabilitása. Az elemi részek átalakulásában azonban bizonyos törvényszerűségek észlelhetők. Az energia és az impulzus megmaradásának tétele mindig teljesül és nem figyelhetők meg olyan reakciók, melyek során az elektromos töltés, vagy a nukleonok (protonok és neutronok) száma megváltoznék. Az elemi részek csoportosítása, átalakulásuk során észlelt törvényszerűségek értelmezése lehetségesnek látszik, ha az elemi részeket egyszerűbb, elsődleges alapelemekből, ún. »töltésekből« vagy »poláronokból« összetetteknek gondoljuk. A. P. Terleckij szerint lehetséges az elemi részek rendszerezése, ha feltesszük, hogy minden elemi rész két poláront tartalmaz. Terleckij szerint négyfajta alapelem, poláron létezik: E-poláron (elemi elektromos töltés), N-poláron (nukleon-töltés), ν -poláron (neutrino-töltés), és π -poláron (neutron-töltés). Hogy ellentmondásmentes legyen elmélete, kétfajta neutrino és π -mező létezését kell feltételeznie. Elmélete nem tekinthető véglegesnek, de esetleg kijelentéseket tehet a még fel nem fedezett, de létező elemi részekre vonatkozólag. (Dokl. Akad. Nauk. SzSvSzR. 94. 2. 209. 1954.)

Sz. J

Cserenkov-sugárzás hullámvezetőkben. Ha egy hullámvezetőben töltött részecskék mozognak állandó sebességgel, akkor két esetben is várhatunk Cserenkov-sugárzást. Először abban az esetben, ha a hullámvezető dielektrikummal van kitöltve és az áthaladó elektronok sebessége meghaladja a fénysebességet a dielektrikumában, másodsor periodikus hullámvezetőben, ahol az egyes módusokhoz tartozó hullámok fázis sebessége a fénysebességnél kisebb lehet. A cikk meghatározza a kisugárzott energiát. Egy speciális esetre, a hengeres, dielektrikummal töltött, hullámvezetőre alkalmazva, a kapott eredmény egy $1/\epsilon$ faktortól eltekintve megegyezik Ahijézer és társai által más úton kapott formulával (ϵ a dielektromos állandó). A végtelen dielektrikum esetére áttérve a szerző meghatározza egy elektromos dipol és kvadrupol Cserenkov-sugárzását. Összehasonlítva az elektron sugárzásával kiadódik, hogy egy poláris molekula által kisugárzott energia 10^7 -szer, egy kvadrupol által 10^{15} -szer kisebb lenne. (Czechoslovak Journal of Physics 1955 február)

S. Gy.

Új eredmények a színeképelemzés terén. Az elmúlt két évtized folyamán a színeképelemzés az üzemi anyagvizsgálat terén jelentős térhódításra tett szert. Ezzel függ össze, hogy a színeképelemzés készülékei is állandóan tökéletesednek. A spektrográfok felbontóképességének és fényerejének növekedése nemcsak az ipari célokat szolgáló anyagvizsgálat számára nyújt új lehetőségeket, hanem egyúttal a tudományos kutatás is új fegyverhez jut.

Az elmúlt évek folyamán az optikai rácsos készülékek, amelyeket főleg kutatási célokra alkalmaztak, mind gyakrabban kerülnek ipari alkalmazásra. Az optikai rácsos készülékek a látható színeképtartományban jelentősen felülmúlják a prizmás spektrográfok feloldó-

képességét, és ebben a színeképtartományban az ipari színeképelemzés számára nyújtanak új lehetőségeket. Az optikai rácsos spektrográfok ipari alkalmazása szükségessé tette fényerejük növelését. Az újabb konstrukciójú optikai rácsok fényereje már meghaladja a prizmás készülékek fényerejét.

Svédországban egy kutatócsoport az optikai rácsok feloldóképességének növelésére végzett eredményes kísérleteket. Az optikai rácsot immerzióval használják, és ezzel a feloldóképességet sikerült n -szeresre növelni (n az immerziós folyadék törésmutatója). Másik érdekes eredményük, hogy a rács által elhajlított párhuzamos sugárnyalábot visszatükrözik a rácsra. Elméletileg kimutatták és kísérletileg is igazolták, hogy ilyen körülmények között a magasabbrendű színeképek intenzitása jelentősen megnő az elsőrendű színekép rovására. Gyakorlatilag ez azt jelenti, hogy kellő fényerő birtokában a magasabbrendű színeképek is alkalmasak lehetnek iparszerű elemzések végzésére. Sajnos, mindkét eljárás rendkívül bonyolult és kényes berendezést igényel, úgyhogy elterjedésük nem valószínű.

Már régebben is szokásos volt interferométereket spektrográfokkal kombinálni. Ezek a megoldások jelentősen növelték a sztigmatikus optikai leképezéssel működő spektrográfok feloldóképességét, azonban vagy jelentős fényerőcsökkenéssel, vagy a kihasználható színeképtartomány igen nagyméretű összeszűkülésével kellett számolni.

Angol optikusok olyan megoldást találtak, amely előrehaladást jelent a nagy felbontóképességű és egyúttal nagy fényerejű spektrográfok felé vezető úton. A spektrográf prizmáját úgynevezett lépcsős ráccsal kombinálják. A spektrográf rése nem párhuzamos a prizma törőélével, hanem merőleges rá. A prizma által felbontott fény a lépcsős rácsra jut, amely a prizma által megadott felbontási irányra merőlegesen, a réssel párhuzamosan, tovább bontja a fényt.

A készülék fényereje mintegy két nagyságrenddel nagyobb, mint a ma használatos legnagyobb optikai rácsoké, felbontóképessége pedig egy nagyságrenddel múlja felül a legnagyobb optikai rácsokét, emellett még egy beállítással mintegy 100 A-nyi színeképszakaszt lehet egyszerre fényképezni, ami már különlegesebb ipari színeképelemzési feladatok megoldására is alkalmassá teszi.

A lépcsős rács nem csupán prizmával, hanem konkáv optikai ráccsal is kombinálható, ami a feloldóképesség további növelését fogja biztosítani. [Arkiv för Fysik, 2, 253, 1950; 8, 343, 1954; Spectrochimica Acta, 6, 61, 1953.]

S. O.

Lumineszcens kamra. Wilson-kamrában és fotoemulziós lemezek segítségével az ionizáló részecskék pályáját, nyomát könnyen láthatóvá lehet tenni. Zaboiskij és társai kimutatták, hogy a részecskék nyomát úgy is láthatóvá lehet tenni, ha a részecskéknek valamilyen szeintilláló anyagban — a kísérletekben talliummal aktivált céziumjodidon való áthaladásakor keletkező fényt lefényképezzük. A kis fényintenzitást elektrooptikai úton erősítve nagy energiájú neutronok által keltett csillag-nyomokat rögzítettek mozgó filmszalagon. A »lumineszcens kamra« előnye a Wilson-kamrával és a fotoemulziós lemezzel szemben nagy időbeli felbontóképességében mutatkozik meg. (DAN, 100. 241, 1953.)

K. L.

FIZIKAI SZEMLE

Az
Eötvös Loránd
Fizikai Társulat
Lapja

TARTALOMJEGYZÉK

Berényi Dénes : Gamma-spektroszkópia I.

Horváth János : Enrico Fermi 1901—1954

Dukáti Ferenc : Fizikai mennyiségek elnevezése és jelölése

Gyarmati István : Szily Kálmán

A FIZIKA TANÍTÁSA

Vozáry Pálné : Gázok hőkitágulási együtthatójának meghatározása Melde-féle esővel

EGYESÜLETI ÉLET

KÖNYVSZEMLE



Felelős szerkesztő: Szamosi Géza

Szerkesztőbizottság:

**Bodó Zalán, Csekő Árpád, Faragó Péter, Keszthelyi Lajos, Marx György, Szamosi Géza,
Szalkai Ferenc, Szigeti György, Tarján Imre, Turiné Frank Zsuzsa, Vermes Miklós**

Szerkesztőbizottság titkára: Turiné Frank Zsuzsa

Szerkesztőség: Budapest, V., Reáltanoda utca 13—15. Eötvös Loránd Fizikai Társulat
Távbeszélő: 187-423

Kiadóhivatal: Akadémiai Kiadó, Budapest, V., Alkotmány utca 21.
Távbeszélő: 111-010 *

Terjeszti a Posta Központi Hírlapiroda Vállalat
Budapest, V., József nádor tér 1. Telefon: 180-850
Előfizetés, személyes ügyfélszolgálat József nádor tér 1, üzlethelyiség. Telefon: 183-022
Csekk számlaszám: 61257

Előfizetés egy évre 30,—, félévre 15,— Ft; egyes szám ára 6,— Ft

Megjelenik évente hatszor

ОГЛАВЛЕНИЕ

- Д. Береньи:* Гамма-спектроскопия I.
Я. Хорват: Энрико Ферми 1901—1954
Ф. Дукати: Знаменование и обозначение физических величин
И. Дьярмати: Кальман Сили

ПРЕПОДАВАНИЕ ФИЗИКИ

- Г. Возари:* Определение теплового коэффициента расширения газов с помощью трубы Мельде

ИЗ ЖИЗНИ ОБЩЕСТВА ФИЗИКОВ

ОБЗОР КНИГ

A kiadásért felelős: az Akadémiai Kiadó igazgatója

Műszaki felelős: Szöllösy Károly

A kézirat beérkezett 1955. VIII. 15. Példányszám: 1600. Terjedelem: 4¹/₂ (A/5) ív, 5 ábra

Ez a folyóirat MNOSZ 3405 és 5602 Á szerint készült

Akadémiai Nyomda, Gerlóczy-utca 2. — 37233/55 — Felelős vezető: ifj. Puskás Ferenc

FIZIKAI SZEMLE

AZ EÖTVÖS LORÁND FIZIKAI TÁRSULAT LAPJA

V. évfolyam

5. szám

1955. október

Gamma-spektroszkópia

I. Általános megjegyzések

1. Az atommag-spektroszkópia jelentősége és tárgyköre

Az atommagfizika jelenlegi feladatai között az egyik legfontosabb az atommagok belső szerkezetének tanulmányozása. Ezen cél elérésére a legmagátólérhetőbben kínálkozó út a magból eredő sugárzások vizsgálata és ennek segítségével a mag term-rendszerének felállítása.

Az atommaggal és az atommagból származó sugárzásokkal kapcsolatos ismereteink jelenlegi helyzete sok tekintetben hasonlóságot mutat azzal az állapottal, amelyben az atomra vonatkozó ismereteink a századforduló környékén voltak. Ekkor az optikai spektroszkópiából már az atomburokra vonatkozó adatok nagy tömege állt rendelkezésre és bizonyos félempirikus összefüggések is ismeretesek voltak a spektrum-vonalak között (Balmer-formula). Viszont adós maradt még a fizika egy — a jelenségek egészét helyesen értelmező — atommodellel, és ezen feladat megoldására még további adatgyűjtésre, valamint a módszerek finomítására volt szükség (finom struktúra!).

Ezen fejlődéstörténeti analógián túl, a matematikában is fennálló sok hasonlóság ellenére is van egy néhány lényeges különbség az optikai vagy atom-spektroszkópia és az atommag-spektroszkópia között. Magukat a módszereket tekintve: míg a spektroszkópiában legtöbbször közvetlenül (pl. interferencia módszerekkel) mérjük a sugárzás frekvenciáját vagy hullámhosszát, addig ez a legritkább esetben történik így a magspektroszkópiában. A magspektroszkópia mérései általában közvetettek. További különbség, hogy a spektroszkópiában a kisebb szennyezések sok esetben nem okoznak különösebb zavart, viszont a magspektroszkópiában egy jelentéktelen mennyiségű, de nagy hatáskeresztmetszetű szennyezés okozta hatás felülmúlhatja az eredeti effektust. Még súlyosabbak a különbségek a kísérleti eredmények értelmezése terén. Az atomburok fizikájában a makroszkópius jelenségek köréből jól ismert Coulomb-erőkkel van dolgunk, míg a magerők természete még ma is ismeretlen. Ezenkívül a

magfizikában hiányzik az a legegyszerűbb eset — a hidrogén atom —, amelyen úgyszólván valamennyi atomburok sajátság tisztán, a nagyobb rendszámú atomoknál fellépő zavaró tényezők közbejötté nélkül, mintegy modellszerűen vizsgálható. A deuteronnak, amely a legegyszerűbb összetett mag és így esetleg a magspektroszkópia »hidrogénje« lehetne, eddigi ismereteink szerint nincs kötött gerjesztett állapota. Megemlítjük még, hogy az optikai és az atommagspektroszkópia között a legkézenfekvőbb módszertani analógia talán az energia-nívóséma felállításában van, amely a kísérleti spektroszkópiai vizsgálatok közvetlen célja.

Fogalmazzuk meg ezek után pontosabban az atommag-spektroszkópia tárgykörét. Az eddigiekből is látható, hogy a magspektroszkópia tárgyköre jóval szélesebb, mint az egyes sugárzások energia eloszlásának a tanulmányozása. Az itt felmerülő problémákat és feladatokat igen találóan foglalja össze M. Deutsch, akinek nevéhez egyébként is jelentős lépések fűződnek a magspektroszkópia modern fejlődésében, a következő három pontban. A magspektroszkópia feladata:

1. A rádióaktív magok bomlási sémájának a felállítása, a belőlük kiinduló sugárzások vizsgálata alapján.

2. A magok egyes állapotainak (spin, paritás, vonalvastagság stb.) pontosabb vizsgálata segítségével a mag belső struktúrájára vonatkozó behatóbb ismeretek szerzése (pl. héjmodell, magizoméria stb.).

3. Az egyes átmenetek (megengedett, tiltott stb., valamint multipólrend stb.) vizsgálata a velük kapcsolatos kölcsönhatások tanulmányozása céljából.

Vagyis szűkebb értelemben a magspektroszkópia feladatát képezi az egyes magsugárzások természetének, energia-eloszlásának és relatív intenzitásának megállapítása alapján az egyes magokra vonatkozó term-rendszer felállítása. Tágabb értelemben azonban az előbbi pontok alapján idetartozónak kell ítélnünk minden magállapotra és a magállapotok közötti átmenetre vonatkozó kísérleti és elméleti vizsgálatot.

Ugyanitt kell hangsúlyoznunk azt is, amit A. C. G. Mitchel is megemlít a rádióaktív magok spektroszkópiájára vontkozó nagy összefoglaló cikkében, hogy a magról, annak energia-nívóiról, belső struktúrájáról, nemcsak a természetes és mesterséges rádióaktív bomlások vizsgálata segítségével szerezhetünk ismereteket, hanem a különböző magreakciók és magfolyamatok alkalmával kilépő részecskék és sugárzások tanulmányozásával is.* Mivel ez utóbbi esetben nemcsak alfa-, béta-részecskék és gamma-kvantumok emittálódnak, hanem a legkülönbözőbb nukleonok, ill. nukleon-csoportosulások, így pl. protonok, neutronok, deutronok, sőt a maghasadásnál vagy a spallációnál könnyű és közepes magok léphetnek ki,** tulajdonképpen ezeknek is az előbbi szempontok szerinti vizsgálata a magspektroszkópia körébe tartozik. Ezek alapján adódik az atommagspektroszkópia két nagy ágának a megkülönböztetése: egyrészt a természetes és mesterséges rádióaktív magok által jellemző felezési idővel kibocsátott sugárzások spektroszkópiája, másrészt a magfolyamatoknál kilépő sugárzások spektroszkópiái vizsgálata.

A magspektroszkópiával foglalkozó összefoglaló könyvek és cikkek legnagyobb része a magspektroszkópiának a rádióaktív bomlásokra vonatkozó ágával foglalkozik, és nem egy esetben ilyen értelemben leszűkítve használják a magspektroszkópia kifejezést. Így pl. Philipp magspektrumokkal foglalkozó, ma már klasszikusnak számító könyve is vagy a legújabb átfogó magspektroszkópiái összefoglalás, Grosev és Szapiro szovjet szerzők munkája.

További szűkítés adódik abból a tényből, hogy a mesterséges rádióaktív magok száma ma már sokszorosan felülmúlja a természetes rádióaktív izotópokét. Mint ismeretes, a mesterséges izotópok között — kivéve a transzuránokat — egyetlenegy nincs, amelyik alfa-sugárzó lenne. Éppen ezért atommag-spektroszkópiáról beszélve, nagyon sokszor csak béta- és gamma-spektroszkópiát értenek rajta.

Milyen módszerek, milyen kísérleti eljárások állnak rendelkezésre a magspektroszkópiában minden ezen feladatok megoldására? Mindenekelőtt a sugárzás minőségét kell megállapítani és ezt követi az energia-eloszlás vizsgálata, ami a különböző típusú spektrométerek segítségével történik. További fontos szerepet töltenek be a koincidencia vizsgálatok, amelyek a sugárzások kaszkád vagy

alternatív jellegéről adnak felvilágosítást. Különösen a gamma-sugarak esetében fontosak a szögkorrelációs vizsgálatok is, amelyeket az egymás után emittált gamma-kvantumokra vonatkozólag szokás elvégezni koincidienciába kapcsolt és mozgatható G. M., szcintillációs, vagy egyéb számológépek segítségével.

Azonban ezen kísérleti adatokat elméletileg is ki kell értékelni ahhoz, hogy a Deutsch-féle három pontban felvetett kérdésekre vonatkozólag feleletet tudjunk adni. A különböző héjakhoz tartozó belső konverziós koefficiensek hányadosából számítható a sugárzás multipól-rendje, ebből pedig a spin és paritás változásra lehet következtetni. A béta-spektrum alakjából szintén a spin és paritás változás állapítható meg, valamint az átmenet tiltott vagy megengedett volta. A szögkorrelációra vonatkozó adatok megfelelő számítások segítségével a gamma-kvantumhoz tartozó impulzus momentumról adnak felvilágosítást.

Jelen összefoglalásunkban elsősorban azokkal a módszerekkel és berendezésekkel kívánunk foglalkozni, amelyekkel a gamma-sugárzás energia-spektrumának felvétele lehetséges.

2. A gamma-spektroszkópia helye a magspektroszkópiában. A béta- és gamma-spektroszkópia kapcsolata és elhatárolása

Ahhoz, hogy a gamma-spektroszkópia helyét és feladatait világosan láthassuk, szükség volt arra, hogy röviden felvázoljunk a magspektroszkópia egészére vonatkozó néhány alapvető megjegyzést. Mint már ott is láttuk, a gamma-spektroszkópiának tulajdonképpen nincsenek külön feladatai, hanem a maga sajátos módszereivel vesz részt azon magszerkezetre vonatkozó ismeretek szerzésében, melyek a magspektroszkópia tárgyát képezik.

Tehát feladatok és tárgykör tekintetében nehéz a gamma-spektroszkópiát a tágabb értelemben vett magspektroszkópiától különválasztottan tárgyalni; még inkább vonatkozik ez a béta- és gamma-spektroszkópiára, már csak azért is, mert alig van olyan rádióaktív bomlás, amelyben csak béta- vagy csak gamma-sugárzás fordulna elő. Egy bizonyos folyamat vagy rádióaktív bomlás vizsgálatánál legtöbbször mind béta-, mind gamma-spektroszkópiái vizsgálatokat kell végrehajtánunk.

Azonban ezen túlmenően a béta- és gamma-spektroszkópia módszereiben is olyan sok a közös vonás, sőt a megegyezés, hogy a kettőjük közötti egyértelmű elhatárolás sok esetben alig lehetséges. A gamma-spektroszkópiái vizsgálatok legtöbbször másodlagos, szekundér elektronokkal történnek, amelyeket viszont már a béta-spektroszkópia módszereivel vetünk alá további vizsgálatoknak. Ezekben az esetekben az a gamma-spektroszkópia sajátos problémája, hogy hogyan történjék a másodlagos elektron kiváltása, milyen

* Lásd még erre vonatkozóan dr. Szalay S. beszámolóját a könnyű atommagok gerjesztett állapotairól az I. Magy. Fiz. Kongresszuson, 1953-ban.

** Az említett sugárzásokon kívül előfordul a mesterséges rádióaktív bomlások esetében neutron emisszió is egyes hasadási termékeknel, max. 10 perc nagyságrendű felezési idővel. Bármilyen nagy is ezeknek a jelentősége a magreaktorok működése szempontjából, az ilyen izotópok száma mégis annyira elhanyagolható a béta-, gamma-, sőt még az alfa-emittáló magok mellett is, hogy általában a radioaktív bomlásokról beszélve, nem szokás ezeket figyelembe venni.

vastag és milyen anyagi minőségű legyen az erre a célra használt fólia. Ezek a kérdések valóban a gamma-spektroszkópia technikájának speciális problematikájához tartoznak, és ezek eldöntése csakis a konkrét feladat ismeretében történhet, vagyis ha tudjuk, hogy a vizsgálandó gamma-sugárzás milyen energia-intervallumba tartozik, és ismeretese a méréssel kapcsolatos igények (pontosság, relatív intenzitás stb.).

Még szorosabb a kapcsolat a béta- és gamma-spektroszkópia között az ún. belső konverziós vonalak vizsgálata terén. Mint ismeretes, ennél az effektusnál — durva szemléletes képpel élve — a magból kilépő gamma-sugarak az őket kibocsátó (maradék) mag elektron-burka valamelyik belső héjáról váltanak ki elektronokat. Ebben az esetben a béta-spektrum felvételekor mintegy automatikusan, egyidejűleg felvesszük az ún. belső konverziós vonalakat is, amelyek a bomlás kapcsán emittált gamma-sugárzásokhoz tartoznak. Ez az a »vonalas vagy diszkrét bétaspektrum«, amelyet a folytonosra szuperponálódva, már a legelső e kérdéssel foglalkozó kutatók a század második évtizedében észleltek.

Ezek után nem csodálkozhatunk azon, ha a különböző szerzők nem egyértelműen határolják el a két magspektroszkópiái ág területét. Megszokott dolog, hogy a belső konverziós vonalak vizsgálatát, amelyik tehát egy bizonyos energia-tartományban (kb. 500 keV-ig) a gammasugár-vizsgálatok igen fontos módszere, teljesen a béta-spektroszkópiához sorolják. Egyes szerzők viszont (pl. Cavanagh) a másodlagos elektronok módszerével történő gamma-spektroszkópiát teljes egészében a béta-spektroszkópiához tartozónak ítélik.

Ezen kétségtelenül egészen szoros kapcsolat mellett mégis hangsúlyozni kell a gamma-spektroszkópia külön problematikáját, amely az elméletben és a kísérleti technikában egyaránt határozottan jelentkezik. Nem téveszthetjük szem elől azt aényt sem, amit az 1953-ban Indiana-ban tartott magspektroszkópiái konferencián is kiemelték, hogy míg a gamma-sugárzás alaptörvényei — elektromágneses sugárzásokról lévén szó, és a magot töltések és áramok összességének tekintve (multipól!) — ismeretesek és csak ezek helyes alkalmazása a probléma, addig a béta-bomlásnál éppen az alapvető törvényszerűségeket nem ismerjük és az e téren fennálló hiányokat többé-kevésbé megfelelő elméleti hipotézisekkel kell pótolnunk. De a technika terén is megtaláljuk a határozott különbségeket már a belső konverziós vonalak tanulmányozásánál is. Ha a belső konverziós vonalak vizsgálatát helyezzük előtérbe, akkor nagyon fontos, hogy igen nagy feloldóképességű berendezést és nagy intenzitású forrást használjunk, viszont a különböző szórású effektusok nem jelentenek különösebb problémát. Ha ellenben ugyanazon bomlás esetében a béta-spektrumot akarjuk tanulmányozni, különös gondot kell fordítanunk az ún. hátlap-szórás távol-

tartására, ill. korrekcióba vételére és a berendezés egyéb alkatrészein jelentkező szórású effektusokra is tekintettel kell lennünk, amelyek mind eltorzíthatják a béta-spektrum alakját. Ugyancsak ezért különösen jelentős a forrás vékony és homogén volta, valamint a hátlap feltöltődés, míg a feloldóképesség ebben az esetben nem döntő fontosságú. Még inkább jelentkeznek a különbségek, ha nem a belső konverziót, hanem valamilyen más külső effektust használunk fel másodlagos elektronok keltésére, vagy éppenséggel nem is másodlagos elektronokkal, hanem pl. kristálydiffrakciós módszerrel végezzük a gamma-spektroszkópiái vizsgálatokat.

Ebben a pontban szeretnénk még a gamma-spektroszkópia egyik terminológiai kérdésére is kitérni, amely azonban az egész magspektroszkópiában érvényesnek tekinthető. Ha egyszerűen béta-, gamma-, neutron-, stb. spektroszkópiáról vagy éppen magspektroszkópiáról beszélünk, az jelenti egy adott sugárzás minőségének, energiaösszetételének, az egyes komponensek viszonylagos intenzitásának stb. vizsgálatát *általában*, tehát összefoglalóan mindazt, amiről az előbbieken szó volt. A »spektroszkópia« tehát egy általános és összefoglaló jellegű kifejezés. Ha már most a spektroszkópián belül, a regisztrálás egyszerre történik az egész energia-intervallumban, vagy legalább is egy nagyobb részében (pl. fotolemez segítségével), spektrográfiáról beszélünk. A spektrometria viszont azt jelenti, hogy a vizsgálatok olyan berendezésekkel történnek, amelyekkel egyidejűleg, illetve a berendezés egy adott beállítása mellett csak bizonyos meghatározott energiaértékek regisztrálása lehetséges és a beállítás megváltoztatásával megyünk végig az egész energia-intervallumon. Az előbbieknél megfelelő értelmük van azután a spektroszkóp, spektrográf és spektrométer kifejezéseknek is. Sajnálatos azonban, hogy az itt vázolt terminológiához nem minden esetben tartják még magukat az egyes szerzők.

3. A gamma-spektroszkópia jelenlegi feladatai

Láttuk az előbbieknél, hogy az atommag-spektroszkópia tárgykörén belül milyen problémákkal foglalkozik a gamma-spektroszkópia. A következő kérdés most az, hogy ezen problémák tisztázásában és a feladatok megoldásában milyen messzire jutott el a magspektroszkópia és ezen belül a gamma-spektroszkópia és mik azok a közvetlen feladatok és célok, amelyekre jelenleg ezeken a területeken törekedni kell. Ezeket DuMond és mások nyomán a következő pontokba foglalhatjuk össze:

1. a precizitás növelése,
2. további adatgyűjtés,
3. formulába foglalható kvantitatív összefüggések keresése a termék intenzitás- és intervallum viszonyai között (pl. az atomspektroszkópiában ismeretes Balmer-formula mintájára),

4. szorosabb kapcsolat az elmélettel a kísérleti adatok értelmezése terén, ami által több — csak közvetve mérhető — magjellemező válik pontosabban ismeretessé.

Természetesen ezen pontok közül nem egy (pl. a precizitás növelése) általános törekvés tárgyát képezi a fizikában vagy általában a tudományokban, és ha itt mégis ki kell emelnünk, az azért van, mert az egyes tudományágakban mégsem mindig egyformán vannak napirenden ezek a kérdések. Pl. a magspektroszkópia ma már abban a helyzetben van, hogy nem elégedhet meg kvalitatív információkkal a magállapotokra stb. vonatkozólag, és ezért határozott törekvés észlelhető a nagyobb pontosság elérésére.

A precizitás kérdésével, amely egyaránt jelenti az adatok pontosságát és a feloldóképesség növelését, külön pontban fogunk foglalkozni. E helyen csak Deutschnak és Rosenak azon véleményére utalunk, amely szerint a gamma- és általában a magspektroszkópia technikája igen magasfokú és a közeljövőben több dolgunk lesz az adatok feldolgozásával, mint a precizitás növelésével és az adatoknak további halmozásával. Ezen figyelemre méltó megállapítás ellenére is meg kell azonban jegyeznünk, hogy ma még inkább az adatgyűjtés állapotában vagyunk ezen a területen, és a precizitás terén sem értünk még el lehetőségeink szélső határáig.

Az az analógia, amelyre ezen összefoglalás kezdetén hivatkoztunk az optikai spektroszkópia századforduló körüli és az atommag-spektroszkópia jelenlegi helyzete között, vonatkozik ezekre a kérdésekre is. Ahhoz, hogy a kísérleti adatokat valóban megszerezzük tudjuk, az áttekintést megkönnyítő, az egyes sajátságokat összefoglaló formulákra van szükség. Ilyenek felállítására már történtek kísérletek (pl. Devons 1949-ben megjelent könyvében), de hogy ezen az úton előre haladhassunk, ahhoz sokkal több és a lehető legprecízebb adat szükséges.

Ugyancsak az előbbiekhöz kapcsolódik az elmélettel való szoros kapcsolat az adatok feldolgozásánál és kiértékelésénél. Ennek a jelentőségére különösen M. E. Rose hívja fel a figyelmet és a kísérleti adatok pontosabb elméleti kiértékelését különösen a következő területeken javasolja: 1. a belső konverziós együtthatókkal kapcsolatos számítások, 2. a béta-bomlás elméletének alkalmazása, 3. a szögkorrelációra vonatkozó elmélet felhasználása, és 4. a felezési idő elméletének figyelembevétele.

Az előbbi pontszerű felsorolás a feladatokra vonatkozóan természetesen nem kimerítő, hiszen nincsen benne szó részletesen az olyan követelményekről, amelyek csak közvetve járulnak hozzá a precizitás növeléséhez, mint pl. a forrás preparálásában elért tökéletesítések, amelyek irányában állandó a törekvés: a vékonyság, a homogenitás, a vívőmentes preparátumok és i. t. Ezek a problémák állandóan a kísérleti magspektroszkópiái munka előtérében állnak. Az egyik

legfontosabb követelményünk azonban a forrás méreteinek csökkentése mellett a forrás erősségének növelése. Ez a tulajdonképpen ellentmondó követelmény ma már sokszor optimálisan teljesíthető atomreaktorok segítségével nyert nagy specifikus intenzitású források felhasználásával. Így valósítható meg sok esetben a vívőmentes forrás követelménye is.

További feladatot jelent az a tény is, hogy igen sok táblázatban és a magok bomlási sémáira vonatkozó számos összefoglaló cikkben a 150 keV alatti energiákra közölt adatok abból az időkből valók, amikor sem a források preparálásának precíziós technikája, sem pedig az igen vékony ablakos G. M. számláló technika még nem volt kifejlődve, hiszen ezek csak néhány éve ismeretesek általánosan. Ezt indokolja egyébként a proporcionális számlálók legutóbbi években beta-gamma-spektrométerként történő alkalmazása is, amelyek különösen a legalacsonyabb energiatartományban váltak be. Ezért sok esetben a spektrumok ezen tartományának újbóli felvétele szükséges.

Itt említjük még meg, hogy sem a gamma-spektroszkópiában, sem általában a magspektroszkópiában finom struktúráról még nem tudunk. Okozhatja ezt kísérleti oldalról berendezéseink kellő precizitásának a hiánya, viszont elméleti okokból a jelenlegi álláspont szerint nem is várható finom struktúra, mivel a mag nem tárgyalható a burokhöz hasonlóan perturbáció segítségével, hanem több test problémát képez.

4. Jellemző adatok a gamma-spektroszkópiában

A következőkben — részben az előbbieket kiegészítve és összefoglalásaképpen — szeretnénk pontokba foglalva összeállítani, hogy melyek azok a fontosabb adatok, amelyek az egyes magállapotokra akár közvetlenül, akár közvetve megállapíthatók a gamma-spektroszkópia módszereivel. Ezek a következők:

1. a sugárzás energiája,
2. a sugárzások időbeli elhelyezkedése (alternatív vagy kaszkád emisszió),
3. a vonal szélessége (az állapot elmosódottsága),
4. az állapothoz tartozó spin,
5. a magállapot paritása,
6. a nívók térköze.

Ugyanígy összeállítjuk azokat a legfontosabb jellemző adatokat, amelyek a gamma-spektroszkópia egyes módszereinek, ill. az egyes spektrométereknek az értékelésére szempontként szoktak szerepelni. Itt különösen ki kell emelni, hogy még több más jellemzőt is lehetne felsorolni és hogy szinte minden speciális esetben vannak különös előnyök és az adott módszer segítségével speciálisan megoldható feladatok. Mégis a legjellemzőbbek a következő adatok:

1. Feloldóképesség (legtöbbször a pontosságot nem emelik ki külön).

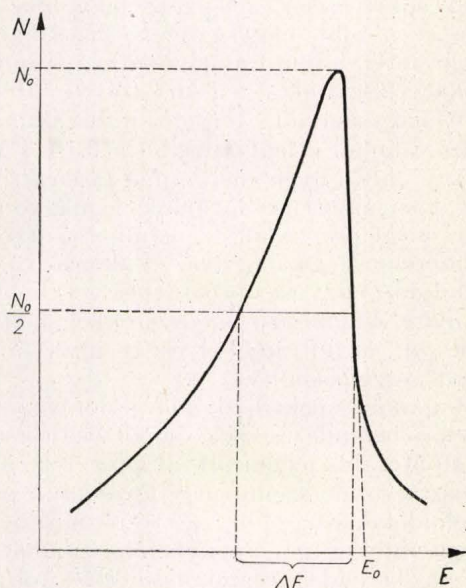
2. Luminózitás vagy transzmisszivitás (amin a 4π térszögből — amelybe a preparátum sugároz — a berendezés által kihasznált térszöget értjük). Nevezik fényerősségnek is.

3. Energia-tartomány, amelyben az eljárás vagy berendezés használható.

4. A forrásra vonatkozó adatok.

5. Pontosság és feloldóképesség a gamma-spektroszkópiában

Legtöbb esetben csak a feloldóképességekről szokás beszélni, mert ha jó a feloldóképesség, akkor azzal együtt jár a nagy pontosság is. Fordítva viszont nem mindig igaz. Pl. Compton-elektronok felhasználásánál a csúcs nagyobb energiák felé



1. ábra. A felbontóképesség szemléltetése. N az időegység alatt detektált elektronok száma, E pedig ezek energiája. N_0 jelenti a felvett gamma-vonal ún. csúcsertékét vagy magasságát. ΔE a vonal ún. félszélessége, E_0 a vonalhoz hozzárendelt energia-érték. Felbontóképességen értjük a kettő hányadosát.

első éle definiálja a kiváló gamma-sugárzás energiáját. Lehetséges, hogy ez az energia a csúcs éléből elég nagy pontossággal meghatározható, viszont az alacsonyabb energiájú oldalon annyira elmosódott és messzire kiterjeszkedő a csúcs (pl. a túl nagy szögben szórt elektronok felhasználása miatt), hogy a feloldóképesség nagyon rossz.

Feloldóképéségen (δ) a mag spektroszkópiában egy hányadost értünk, amelynek a számlálójában az az energia- (vagy momentum-) érték szerepel, amelyet a csúshoz rendeltünk, a nevezőjében pedig a vonal fél szélessége energiában, ill. momentumban kifejezve (lásd az 1. ábrát):

$$\delta = \frac{E}{\Delta E}$$

Minél nagyobb tehát ez a szám, annál nagyobb a feloldóképesség. Legtöbbször azonban nem ezt, hanem ennek a kifejezésnek a reciprokát szokták megadni százalékosan kifejezve. Tehát

$$\frac{1}{\delta} = \frac{\Delta E}{E} 100\%$$

és ezt a jellemző adatot reciprok feloldóképességnek nevezzük, de szokás erről is egyszerűen, mint feloldóképességről beszélni.

Itt említjük meg, hogy a mai standard spektroszkópokban általában kettes-hármas faktor erejéig igaz a következő összefüggés

$$\frac{\Delta E}{E} \sim \frac{\Omega}{4\pi}$$

ahol $\Omega/4\pi$ jelenti a forrásnál kihasznált térszöget (lásd előbb), viszonyítva a teljes 4π térszöghöz; ez — mint már említettük — szintén fontos adata a spektroszkópoknak. Más szóval, általában ugyanannyi a %-ban kifejezett feloldóképesség, mint a transzmisszivitás, legfeljebb egyik vagy másik kétszer vagy háromszor nagyobb.

Hogy állunk jelenleg a feloldóképesség kérdésével? Mitchel 1950-ben megjelent összefoglaló cikke szerint legtöbb működésben levő berendezéssel két olyan vonalat tudunk megkülönböztetni, amelyek energiája 5%-kal különbözik egymástól. Ez természetesen még nagyon messze van az optikai spektroszkópiában megszokott pontosságtól, ahol az egyes spektrum-vonalak 0,001–0,0001% pontossággal is meghatározhatóak. A mai standard — azaz általánosan elterjedt és használt — béta-, gamma-spektroszkópok feloldóképessége viszont 1% körül van.

Éppen ezért a második világháború utáni években több helyen törekvés indult meg kifejezetten nagyobb pontosság elérésére a mag spektroszkópiában. Ennek a főközpontjai: a stockholmi Nobel Intézet (főleg K. Siegbahn, A. Hedgran, G. Lindström vezetésével), a leningrádi Zsdanov Egyetem Fizikai Intézete (B. Sz. Dzelepev, V. M. Keljman, N. M. Antonyeva, A. A. Basilov) és a Californiai Technológiai Intézet (J. W. M. DuMond, D. E. Muller). Ezekben az intézetekben azért vált lehetővé az addigiakhoz képest igen nagy pontosság elérése, amely már megközelíti az optikai spektroszkópiában szokásos pontosságot, mivel az utóbbi években elvileg új spektrométerek építését kezdték meg az eddigi berendezések jelentős tökéletesítése mellett. Az 1940-es évek második felében fedezték fel a kettős fókuszálás elvét, majd meg is építették az első ilyen típusú berendezést. De újszerű a DuMond-féle görbült kristályos diffrakciós spektrométer is, valamint az ugyanott épülő homogén terű, sok tekercsből álló szolenoid-spektrométer. Leningrádban pedig többek között egy ketron elnevezésű speciális kettős fókuszálású berendezés épült.

Ezen berendezésekre majd még visszatérünk, itt csak magára erre a törekvésre akartunk rámu-

tatni, amely ma már igen nagy eredményeket tud felmutatni. A legjobb feloldás, amit sikerült elérni, már a 0,01-es tartományban van és az erőfeszítések tovább folynak.

A legnagyobb pontosság és feloldóképesség előnyeit Hedgran négy pontban foglalta össze, amelyet azután DuMond is átvett és mások is sokat hivatkoznak rá.

1. A pontosabb energia-nívó meghatározások új adatokat fognak adni a magról és így lehetővé válik a *nívók közötti számszerű összefüggések felállítása*, és a már megsejtett néhány numerikusan is kifejezhető törvényszerűség (Devons) érvényességének ellenőrzése.

2. A pontosabb energia-meghatározások segítségével el lehet dönteni a *Ritz-féle kombinációs elv* érvényességét a magnívók között, ill. azt, hogy egy adott esetben ténylegesen arról van-e szó, hogy két kisebb energiájú átmenetet helyettesít egy nagyobb energiájú.

3. Jobb feloldóképességnél *új vonalak felfedezésével* számolhatunk és egyszersmind tanulmányozhatóvá válik az *egyes vonalak* (állapotok) *természetes kiszélesedése* (szélessége), amely pl. a Doppler-effektustól ered.

4. Pontosabban meghatározhatóvá válik egy *néhány természeti állandó*, amelyek a gamma-sugár energia-meghatározásával vannak kapcsolatban (pl. az annihilációs sugárzás hullámhossza).

Ezek a pontok kitűzött feladatoknak is fel foghatók, és valóban, minden ponttal kapcsolatban olvashatunk már bőven eredményeket a folyó irodalomban. Sikerült pl. olyan vonalak kimérése, amelyek eddig nem emelkedtek ki a folytonos háttérből. Több konkrét példa található arra vonatkozólag, hogy a term-rendszer felállításánál mennyire lecsökkenti a lehetséges kombinációk számát az energia-adatok pontosságának a növekedése.

Végül még azt szeretnők kiemelni, amit Deutsch is hangsúlyoz a béta- és gamma-spektroszkópia technikájára vonatkozó egyik újabb rövid kritikai áttekintésében, hogy nevezetesen a precizitás növelése még nem minden és önmagában nem is elég. Különös gondot kell fordítani elsősorban forrás preparálására, mivel sok esetben egy közepes feloldóképességű berendezéssel a forrás gondos preparálása mellett és a detektor megfelelő kiképzésével igen pontos, döntő fontosságú eredményeket lehet elérni, főleg, ha a forrás kielégítő erősségű is.

6. A gamma-spektroszkópia módszereinek osztályozása

A gamma-spektroszkópia módszereinek már csak futólagos áttekintésekor is feltűnik a berendezések és eljárások változatos sokfélesége. Igaz, hogy ezen módszerek között vannak többé-kevésbé elvultak is, hiszen az új lehetőségek felfedezése, mint pl. a szcintillációs módszer vagy a proporcionalis számláló spektrométer más, régebb-

bieket háttérbe szorít, vagy legalább is kisebbiti felhasználási területüket.

Helytelen volna tehát azt gondolni, hogy a sokféle módszert két csoportba lehet osztani, az avult, régi módszerek és az újabb, tökéletesebb eljárások, ill. berendezések csoportjába. Hiszen egyrészt látni fogjuk, hogy majdnem minden módszernek, bármilyen régi is legyen egyébként, van valamilyen speciális előnye, amely alkalmazását bizonyos esetekben indokoltá teszi. Így pl. a kisebb feloldóképességű berendezések igen sokszor eredményesen használhatók, amikor az egészen nagy feloldóképességű berendezések használata fölösleges lenne és egyébként is a nagy feloldóképességű spektrométerekkel való mérések előtt kisebb igényű berendezésekkel kell tájékozódó vizsgálatokat végezni. Másrészt viszont a módszerek sokrétűségét a legkézenfekvőbbben magyarázza az a több nagyságrendet magában foglaló energia-intervallum, amelyben a gamma-sugárzásokat vizsgáljuk. 1–2 keV-től 80–100 MeV-ig (5–6 nagyságrend) terjedő intervallumról van itt szó, amiből a legfontosabb a 0,1–3 MeV tartomány, mivel ilyen energiájú a rádióaktív magok által kisugárzott kvantumok legnagyobb része. Nem meglepő tehát a gamma-spektroszkópia módszereinek gazdagsága, különösen ha arra gondolunk, hogy az optikai spektroszkópián belül mennyire különböző módszerekkel kell dolgozunk (pl. az ultraibolya és az infravörös tartományt összehasonlítva).

A gamma-spektroszkópia különböző módszereinek és berendezéseinek csoportosítása általában a legfontosabb jellemzőik alapján történhet. Így az osztályozás szempontja gyanánt szerepelhet a feloldóképesség, ill. a transzmisszivitás, az energia-intervallum, amelyben használható a módszer, a berendezés működési elve (pl. Wilson-kamra, szcintillációs spektrométer stb.), a gamma-sugarak vizsgálatára használt effektus (pl. Compton elektronok; a gamma-sugaraknak, mint elektromágneses hullámoknak a diffrakciója stb.).

Mi a továbbiakban azt a módszert választjuk, hogy miután egy rövid fejezetben letárgyaljuk a gamma-sugaraknak az anyaggal való azon kölcsönhatásait, amelyek felhasználásra kerülnek a gamma-spektroszkópiában, három további fejezetben tárgyaljuk a különböző eljárásokat, ill. berendezéseket, olyan módon osztva fel őket, hogy az elsőbe kerülnek a legegyszerűbb igényű, de egyben a legkisebb teljesítményű berendezések, a másodikba a jelenleg használatos standard módszerek, s külön fejezetet szánunk a modern precíziós eljárásoknak.

II. A gamma-sugarak anyaggal való kölcsönhatásának felhasználása a gamma-spektroszkópiában

Az itt következő rövid összefoglalásban távolról sem az a célunk, hogy rendszeres és átfogó képet nyújtsunk a gamma-sugaraknak az anyag-

ban való abszorpciójáról. Inkább arra törekszünk, hogy az anyaggal való kölcsönhatás alapjait ismeretesebben tételvezve fel, rámutassunk arra, hogy melyik effektusnak milyen előnyei és hátrányai vannak a gamma-spektroszkópia szempontjából, s hogy melyiket mikor célszerű felhasználni.

Az ismeretes kölcsönhatások a következők: külső és belső konverzió (fotoeffektus), külső és belső párképződés és a Compton-effektus.* Ezek mindegyikének fontos szerepe van a gamma-spektroszkópiában.

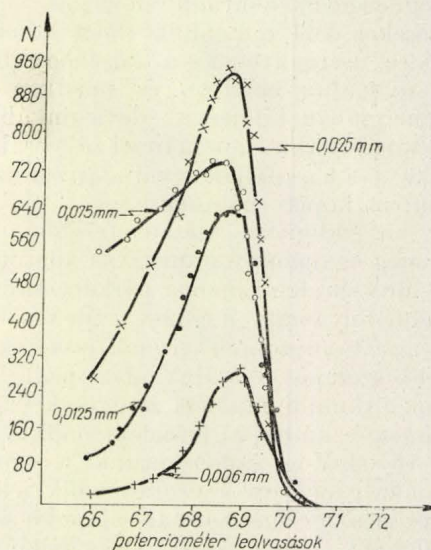
Az alapvető tények a következők:

A különböző effektusok nem egyformán erősen jelentkeznek a gamma-sugárzás különböző energia-intervallumaiban, továbbá függenek a sugárzóként (radiátor), ill. a konverterként — ez a neve annak a fóliának, amelyből a gamma-sugárzás a másodlagos elektronokat váltja ki — alkalmazott anyag rendszámától (Z), végül az egyes effektusok más-más speciális jellemző tulajdonságokkal rendelkeznek a gamma-spektroszkópia szempontjából. Sokszor megtörténik, hogy a konkrét méréssel kapcsolatos speciális igényeinket (pl. hogy az egyes vonalak relatív intenzitását akarjuk tanulmányozni) kielégítő effektus mégsem alkalmazható az adott problémánál, mivel a vizsgált energia-intervallum már kívül esik hatáskörén.

Éppen ezért a mérések tényleges végrehajtása előtt alapos megfontolásokat és előzetes méréseket kell végeznünk. Nézzük pl. a belső konverzió esetét, amelynél a magból kilépő gamma-kvantum — szemléletes képpel élve — az őt emittáló mag saját elektronburkának belső héjairól szakít le másodlagos elektronokat, és ezeknek átadja teljes energiáját. Ez az effektus rendkívül alkalmas gamma-spektroszkópiai vizsgálatokra, mivel külön konverterre sincs szükség, hanem csak közönséges betasugár-forrás készíthető. Azonban ez az effektus egyrészt csak az 50–500 KeV intervallumba eső energiáknál számottevő, másrészt a belső konverziós együttható, amely az ilyen események létrejöttének a valószínűségére jellemző, csak a legnagyobb rendszámú magok esetén kielégítően magas, úgyhogy az effektus közepes és könnyű magoknál szinte egyáltalán nem alkalmazható. Mint az előbbieken már említettük, azért is fontos módszere ez az effektus a gamma-spektroszkópiának, mert azon felül, hogy energia meghatározásokra alkalmas, a K, L stb. héjakra vonatkozó belső konverziós együtthatók viszonyából további fontos következtetések vonhatók le nemcsak a spin és paritás viszonyokra, hanem a sugárzás multipolaritására és elektromos vagy mágneses jellegére vonatkozólag is. Megemlítjük, hogy ezen effektus segítségével vették fel legelőször pontosan a természetes rádióaktív elemek gamma-sugár spektrumát is (Ellis).

* A mag-fotoeffektusra itt nem térünk ki, mert a gamma-spektroszkópia berendezései és eljárásai között külön pontban tárgyaljuk.

Áttérve a többi effektusra, mindenek előtt azt kell megállapítanunk, hogy általában a fotoeffektus felhasználásával pontosabb energiaérték meghatározásokat, Compton-elektronok esetében pedig



2. ábra. A $Be^9(d, n) B^{10}$ reakcióból eredő 717 keV-os gamma sugárzásához tartozó vonal különböző vastagágú Th-konverter esetén. Az y -tengelyen az impulzusok száma, az x -en pedig a szekunder elektronok energiája van feltüntetve a potencióméter leolvasásoknak megfelelő önkényes egységekben. A potencióméter a spektrométer tekercsén átfolyó áramerősséget szabályozta, és így az általa előállított fókuszáló mágneses teret (Hornyak, Lauritsen und Rasmussen).

pontosabb relatív intenzitás megállapításokat tudunk tenni az egyes vonalakra vonatkozólag. Ez következik abból, hogy a fotoeffektusnál diszkrét energiák szerepelnek, a Compton-effektusnál viszont a Klein–Nisina-formulából pontosan ismeretes az ezen effektusra vonatkozó hatáskeresztmetszet a különböző energiákra.*

Az is általánosan ismeretes tétel, hogy amikor fotoelektronokat akarunk nyerni, konverterként nagy atomsúlyú anyagokat kell használnunk (ólom, bizmut, tórium, uránium), míg a Compton-elektronok nyerésére éppen ellenkezőleg kis atomsúlyú anyagokat tartalmazó fóliákra van szükség (celofán, nylon, alumínium, formvar stb.). Ennek az a magyarázata, hogy a fotoelektromos effektus hatáskeresztmetszete Z -nek ötödik hatványával arányosan nő, míg a Compton-effektus hatáskeresztmetszete alig változik Z -vel. Viszont ugyanakkor az energia növekedésével a fotoeffektus valószínűsége annyira csökken, hogy legtöbbször 0,5 MeV felett már alig játszik szerepet, bár ez természetesen a konverter anyagától is függ. Tehát 1 MeV energiájú sugárzás vizsgálatánál általában hiába használunk ólom konvertert,

* A fotoelektromos effektus hatáskeresztmetszetének a változására is végeztek közelítő számításokat. Elsőnek L. H. Gray még 1931-ben.

másodlagos elektronokként főleg Compton-elektronokat fogunk kapni, mert ebben az energia-tartományban már ez a hatás van túlsúlyban.

A még magasabb energia-tartományokban viszont a párképződés veszi át a főszerepet, és ha ennek segítségével akarunk dolgozni, speciális berendezéseket kell építenünk (lásd később). A párképződés létrejöttének a küszöbe kb. 1,02 MeV (a nyugalmi elektron és pozitron tömeg összege energiában kifejezve), de leginkább csak több MeV-nál válik dominánssá és csak 2–3 MeV-től kezdve használják egyáltalán ezt az effektust spektroszkópiai mérésekre.

Hogy az eddigieket szemléletesebbé tegyük, nézzünk meg egynéhány numerikus adatot. Olom esetén 5 MeV-en felül már a párképződés a leglényegesebb folyamat, míg 2–3 MeV-től lefelé 0,5 MeV-ig a Compton-elektronok játsszák a legjelentősebb szerepet, 0,5 MeV alatt pedig a fotoelektronok. Alumíniumnál viszont csak 0,05 MeV alatt jönnek számba a fotoelektronok és ettől egészen 15 MeV-ig dolgozhatunk a Compton-elektronokkal, mert csak ezután válik jelentőssé a párképződés mechanizmusán alapuló adszorpció. Mindebből az következik, hogy minden konkrét mérés igen nagy körültekintést igényel.

Ha valóban nagy pontosságot csak a fotoeffektussal lehetne elérni, akkor az következne, hogy bizonyos tartományokban pontos méréseket nem is lehet végezni. Ez nagyjából így is van: amikor az új nagy pontosságú módszereket tárgyaljuk, látni fogjuk, hogy a precíziós mérések lehetősége elég kis tartományra terjed ki; igaz viszont, hogy ugyanakkor éppen ez a tartomány a legfontosabb a rádióaktív bomlások szempontjából. Mégis ki kell emelnünk, hogy a Compton-effektus alapján is lehet pontos méréseket végezni, ha jól kollimált gamma- és másodlagos elektron-nyalábbal, valamint igen vékony radiátorral dolgozunk, és kis Compton szórási szöveget használunk ki. Ekkor azonban igen erős forrásra van szükség.

Ugyanilyen fontos a forrás preparálása szempontjából a hátlap problémája, bár ennek inkább a béta-spektroszkópiában van jelentősége. A hátlap ugyanis szintén konverterként szerepelhet. Itt csak annyit jegyzünk meg, hogy alumínium fémfólia hátlap alkalmazása esetén kb. 50 KeV-ig, organikus fóliák esetén (nylon, formvár stb.) kb. 5–6 KeV-ig is lemehetünk anélkül, hogy a spektrumban különösebb torzulás állna be.

Ha a gamma-sugárzás szempontjából vizsgált preparátumnak van saját béta-sugárzása is, akkor a forrást körül kell venni valamilyen abszorbenssel, amely alkalmas a primér beta-sugárzás teljes abszorbeálására.

Végül megemlítjük, mint általános szabályt, hogy minél vékonyabb a forrás, annál nagyobb a feloldás, de annál kisebb az intenzitás.

A sugárzó vastagságának kiválasztásánál is a legkedvezőbb feltételek biztosítására kell törekednünk. Bizonyos határon túl vékonyítva a

fóliát, a vonalvastagság (feloldóképesség) nem fog olyan mértékben csökkenni, mint amennyit az intenzitásában veszünk. A megfelelő sugárzó kiválasztásánál figyelembe kell venni a vizsgálható sugárzás energiáját is. Erre vonatkozólag nézzük meg a 2. ábrát és az 1. táblázatot.

I. táblázat

MeV \ mg/cm ²	0,5	1,0	2,0	3,0	5,0
150	800	900	1000	1200	2000
100	800	700	800	1000	1700
50	400	400	600	700	1600

Az ábrán több ún. gamma-vonal látható. Ezek egyazon monokromatikus gammasugárzás — 717 keV energiájú a Be⁹ (d,n)B^{10*} magfolyamatból — tartoznak, de felvételük különböző konverter vastagságnál történt. Látjuk, hogy a legnagyobb intenzitást (legmagasabb vonal) nem a legnagyobb vastagságú konverternél (0,075 mm) kapjuk, hanem a 0,025 mm-esnél. Ennél kisebb vastagságú konvertert választva (0,0125, 0,006 mm) az intenzitás megint csak kisebb az előbbi optimálisnál. Megfigyelhetjük továbbá, hogy az optimális vastagságú vonal ún. félérték vastagsága, amely a feloldóképességre jellemző, nagyobb ugyan az optimális vonalnál, mint a nála vékonyabb konverterekhez tartozó vonalaknál, azonban ez a különbség távolról sem olyan lényeges, mint az optimális vonal, és a nála vastagabb konverterhez tartozó vonal között. Vagyis összefoglalva, ha a konvertert optimális vastagságúnak választjuk, akkor kis veszteség árán a feloldóképességben, maximális intenzitást kapunk a másodlagos elektronok számában. Lényegében ugyanezt mutatják a táblázat adatai is, amelyben az egyes gamma-sugár energia értékekhez tartozó vonal félszélesség értékek vannak megadva különböző konverter vastagságok esetén. A táblázatból azonban az is látható, hogy az optimális konverter vastagság értéke függ a gamma-sugárzás energiájától. Pl. 0,5 MeV-os sugárzásnál a vonalvastagság fele akkora lesz, és így a feloldóképesség kétszer akkora, aszerint, hogy 50, vagy 100 mg/cm²-es vastagságúnak választjuk a konvertert. 5 MeV-nél viszont látjuk, hogy a vonal félszélesség, tehát feloldóképesség szempontjából nincs lényeges különbség az 50 vagy a 100, sőt még a 150 mg/cm²-es konverter alkalmazása között sem. Így itt az intenzitás szempontjából legmegfelelőbbet célszerű választani.

(Folytatása következik)

Enrico Fermi 1901—1954*

1954. november 28-án, 53 éves korában, meghalt Enrico Fermi, századunk egyik legzseniálisabb fizikusa. Munkássága szinte egyedülálló a modern fizika történetében. Míg a tudomány elképesztő differenciálódása következtében szinte lehetetlenné vált akár csak a fizika területén is a minden témakört felölelő tájékozottság, addig az atomfizikának sem elméleti, sem kísérleti vonalon szinte nincsen olyan fejezete, melyben Fermi úttörő munkát ne végzett volna.

Tanulmányait Rómában és a pisai Scuola Normaleban végezte. A doktori fokozatot 1922-ben érte el a Röntgensugárzás témakörében készített disszertációjával. Majd első értekezései a relativitáselmélet, mechanika és elektrodinamika eredményeit gazdagították. Ezután érdeklődése a termodinamika és a statisztikai mechanika felé vonzotta. Alig ismerte fel 1926-ban Pauli az ún. kizárási elvet, megalkotta a róla elnevezett statisztikát, mely az atomfizika egyik leghatásosabb módszerének bizonyult. Még ugyanabban az évben megalapozta a szintén róla elnevezett statisztikus atommodell, melynek jelentőségét nálunk Gombás professzor munkássága következtében felesleges hangsúlyozni.

1927-ben 26 éves korában a római egyetem fizikai intézetének az igazgatója lett. Az intézet lenyűgöző egyéniségének a hatása alatt csodálatos fejlődésnek indult. Ő maga a harmincas évek elején talán legabsztraktabb eredményeit érte el Dirac-sugárzáselméletének újra fogalmazásával. Vizsgálata eredményeképpen a kvantumelektrodinamikában új korszak kezdődött. Elmélete alkalmazása során kidolgozta a β -sugárzás első elméletét és ezzel elindult karrierje a magfizikában.

Alig fedezte fel I. Curie és F. Joliot a mesterséges rádióaktivitást, valamint J. Chadwick a neutront, rájött arra, hogy a neutronoknak milyen fontos szerepe lehet a magfizikai kutatásokban. Ekkor kezdett el hivatásosan kísérleti munkát folytatni. Ugyanakkor azonban úttörő munkát végzett a neutron-diffúzió elmélete terén is. 1934-ben rájött a transzuránelemek előállításának a lehetőségére és minden bizonnyal csak véletlennek minősíthető, hogy nem jött rá a maghasadás jelenségére.

1938-ban a neutron-fizikában elért eredményeiért megkapta a Nobel-díjat. A Nobel-díj átvétele után azonban nem tért vissza Rómába. A fasizmus fojtogató légköre nem volt egyénisége számára megfelelő, ezért Amerikában telepedett le és előbb mint a columbiai egyetem, majd mint a chicagói egyetem tanára, itt fejtette ki további tevékenységét.

* Előadás az Eötvös Loránd Fizikus Társulat szegedi tagozatának 1955. febr. 10-én tartott ülésén.

A maghasadás felfedezése után rövidesen rájött arra, hogy ez a magfizikai folyamat alkalmas láncreakció megindítására és ezáltal lehetővé válik az atomenergia felszabadítása. Elméleti elgondolásai nyomán Chicagóban megépítette az első atommáglyát, melyet 1942. december 2-án üzembe állíthatott és ezzel megkezdődött az »atomkorszak«.

Az atombomba készítésében nem vett részt. Részint azért, mert ő a szó legnemesebb értelmében vett tudós volt, akit az új energiaforrásnak lehetőségei érdekelték, nem pedig a pusztításra való alkalmazása, részint pedig azért, mert az atombombagyártás légköre éppen úgy nem felelt meg egyéniségének, mint annak idején a fasizmus, mely elől elmenekült.

1947-ben, a π -mezonok felfedezése után, érdeklődése a mezon-fizika felé fordult. Tevékenyen közreműködött a mezonok mesterséges előállítására alkalmas szinkro-ciklotron elkészítésében és az utóbbi években kidolgozta a többszörös mezonképződés statisztikus elméletét.

Halálát belső rákmegbetegedés okozta. Mind számára, mind pedig a modern fizika számára tragikus, hogy szervezete nem bírta ki a súlyos operációt. Állítólag, ha néhány napot kibírt volna még a szervezete, akkor a saját atommáglyájában készített rádióaktív izotópokkal való kezelés biztosíthatta volna teljes felépülését.

Most, amikor megemlékezésem során röviden vázolni szeretném fontosabb tudományos eredményeit, a legnehezebb helyzetben vagyok. Ilyen széles skálájú tudományos munkásságnak akár csak a vázlatos ismertetése is lehetetlen egy rövid előadás keretében. Ehhez járul még az, hogy Fermi munkásságának a szellemével nehezen lenne összeegyeztethető, ha eredményeinek az ismertetése nem lenne mindenki számára érthető. Lenyűgöző érzés ugyanis egy-egy Fermi cikk elolvasása már csak azért is, mert azok igen mély fizikai tartalmuk ellenére a legjobb bevezető olvasmánynak tekinthetők az illető témakörbe.

Ha eleve számolnom is kell azzal, hogy a fentiek miatt nem felelhetek meg tökéletesen feladatomnak, úgy kísérlem meg annak a megoldását, hogy néhány szemelvényt ismertetek Fermi munkásságából úgy összeválogatva, hogy az önmagában is kerek egészet alkosson.

1.

Amikor Fermi statisztikai mechanikával kezdett foglalkozni, az egyik legfontosabb megoldatlan probléma a fémek specifikus hőmérsékletének a problémája volt. Az kísérleti alapon is nyilvánvalóvá vált, hogy a fémekben szabad elektronok vannak. A szabad elektronok száma

nagyságrendben megegyezik a fémekben levő atomok számával (alkáli fémeknél pontosan megegyezik). Ezek szerint minden elektronnak három szabadsági fok van. Tehát mólónként az

$$\text{elektronok összességének } 3 L \cdot \frac{1}{2} kT = \frac{3}{2} RT$$

energiával kellene a fém energiájához járulnia

és a specifikus hőt $\frac{3}{2} R$ -rel kellene növelnie. Mind-

ez azonban nem észlelhető. Nézzük meg, hogy ez a probléma hogyan oldható meg.

Legyen adva egy N elektronnól álló rendszer. Az egyes elektronok közt a kölcsönhatást első közelítésben hanyagoljuk el. Adott külső feltételek (E energia, T abszolút hőmérséklet, V térfogat) mellett határozzuk meg azoknak az elektronoknak a számát, melyek energiája ε és az $\varepsilon + \Delta\varepsilon$ energia-intervallumba esik. Az egyedek lehetséges energiaértékeit, az energiaskálán osszuk be kis intervallumokra: $\Delta\varepsilon_1, \Delta\varepsilon_2, \dots, \Delta\varepsilon_i$. Megjegyzem, hogy ezeknek az energia-intervallumoknak nem kell szükség szerint egyenlő nagyságnak lenniük. Az i -edik intervallumban az elektronok energiája legyen ε_i , az ott levő elektronok száma pedig N_i , és az egyértelműen definiált kvantumállapotok száma g_i (pl. egy atomban az n főkvantumszámhoz tartozók ε_i energia, akkor g_i az állapot degeneráltságának a foka). Ezek a kvantumállapotok *a priori* egyenlő valószínűek és a statisztikai mechanika terminológiájával élve, indokolt őket cellának nevezni. Más szóval tehát az $\Delta\varepsilon_i$ energiaintervallumban g_i *a priori* egyenlő valószínűségű cella van.

Makroállapotnak a statisztikai mechanikában az N_1, N_2, \dots, N_i számsorozattal jellemzett eloszlást értjük (pl. a $\Delta\varepsilon_1$ energia intervallumban 56 elektron, a $\Delta\varepsilon_2$ energia-intervallumban 78 elektron van stb.). A makroállapot statisztikai valószínűségének (statisztikai súlyának) nevezzük a makroállapothoz tartozó mikroállapotok számát.

A mikroállapotok összeszámolásánál részben tekintetbe kell vennünk azt, hogy az elektronok mind azonosak és ennek következtében nem tudjuk megkülönböztetni őket, részben pedig azt, hogy a Pauli-elvnek megfelelően egy energiaállapotban legfeljebb csak egy elektron tartózkodhatik. Tehát pl. ha a tekintetbe vett $\Delta\varepsilon_i$ energia-intervallumban az állapot 3-szorosan degenerált és a rendszerünk 2 elektronnól áll, akkor a lehetséges eloszlások:

$$\begin{array}{|c|c|} \hline a & a \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|c|c|} \hline a & | \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|c|c|} \hline | & a \\ \hline \end{array}$$

tehát a mikroállapotok száma 3.

Általában a mikroállapotok számát a következőképpen határozhatjuk meg. Egy pillanatra gondoljuk az elektronokat megkülönböztethetőnek. Akkor az (1) elektront g_i -féleképpen helyezhetjük el, a (2)-t ($g_i - 1$)-féleképpen stb. és a

N_i -ediket ($g_i - (N_i - 1)$)-féleképpen. Vagyis a lehetséges elrendezések száma $g_i (g_i - 1) \dots (g_i - N_i + 1)$. A valóságban az N_i elektront nem tudjuk egymástól megkülönböztetni, tehát az összes mikroállapotok száma

$$W = \prod_{i=1}^N \frac{g_i!}{N_i! (g_i - N_i)!}$$

A legvalószínűbb eloszlás az lesz, melynél a W , ill. a $\log W$ maximális a

$$\sum_{i=1}^N N_i = N \quad \text{és} \quad \sum_{i=1}^N N_i \varepsilon_i = E$$

mellékfeltételek mellett. Egyszerű számítással kapjuk, hogy a legvalószínűbb eloszlás esetén a $\Delta\varepsilon_i$ energia-intervallumban levő elektronok száma

$$N_i = \frac{g_i}{A \exp(\varepsilon_i/kT) + 1}$$

Hogy a fenti eredményünket konkrét problémára alkalmazhassuk meg kell határoznunk egyrészt a g_i -t, másrészt az A állandót.

A g_i meghatározása egyszerűen történhetik. Tekintettel arra, hogy szabad elektrongáz esetén az elektronoknak csak kinetikai energiájuk van egy p impulzusú elektron esetében

$$\varepsilon = \frac{1}{2m} p^2, \quad \text{ill.} \quad p = (2m\varepsilon)^{1/2},$$

honnan

$$dp = (2m)^{1/2} \cdot \frac{1}{2} \varepsilon^{-1/2} d\varepsilon = \left(\frac{m}{2\varepsilon}\right)^{1/2} d\varepsilon.$$

Legyen V a gáztartály térfogata és $d\omega$ az impulzus tér, térfogateleme. Akkor a Heisenberg-féle határozatlansági reláció következtében

$$V \cdot d\omega = h^3,$$

tehát az egy cellának megfelelő térfogatelem az impulzustérben:

$$d\omega = \frac{h^3}{V}.$$

Az impulzustérben az ε és $\varepsilon + d\varepsilon$ energia-intervallumhoz tartozó térfogat a p és $p + dp$ gömbökkel határolt gömbgyűrű, melynek a térfogata

$$\begin{aligned} d\omega &= 4\pi p^2 dp = 4\pi \cdot 2m\varepsilon \cdot \left(\frac{m}{2\varepsilon}\right)^{1/2} d\varepsilon = \\ &= 2\pi (2m)^{3/2} \varepsilon^{1/2} d\varepsilon. \end{aligned}$$

Ha ezt a térfogatot osztjuk az egy cellához tartozó térfogattal, akkor kapjuk, hogy az ε és $\varepsilon + d\varepsilon$ energiaintervallumba eső cellák száma

$$g(\varepsilon) d\varepsilon = \frac{2\pi V(2m)^{3/2} \varepsilon^{1/2} d\varepsilon}{h^3}.$$

Az eloszlási törvény tehát a következő alakba írható:

$$dN = \frac{2\pi V}{h^3} (2m)^{3/2} \frac{\varepsilon^{1/2} d\varepsilon}{A \exp(\varepsilon/kT) + 1},$$

ahol dN most az ε és $\varepsilon + d\varepsilon$ energia-intervallumban levő elektronok számát jelenti.

Közeliítő megfontolások esetén nem szoktunk az elektronok spinállapotára tekintettel lenni, ezért most is tegyük fel, hogy egy cellában 2 elektron lehet maximálisan (melyek spinje ellentétes), akkor fenti formulánk a következő alakba írható:

$$dN = \frac{4\pi V}{h^3} (2m)^{3/2} \frac{\varepsilon^{1/2} d\varepsilon}{A \exp(\varepsilon/kT) + 1}.$$

Az A állandó meghatározása azon feltétel alapján történik, hogy az egész elektronrendszer energiája állandó:

$$\int_0^\infty \varepsilon dN = E.$$

Ennek az integrálnak a kiszámítása igen körülmenyes, melyet most nem részletezek. Jó közelítéssel a következő eredményt kapjuk:

$$A \approx \exp \left\{ -\frac{h^2}{2m kT} \left(\frac{3N}{8\pi V} \right)^{3/2} \right\}.$$

Ismerve így módon az A állandót, a rendszer teljes energiája egyszerű integrálással meghatározható:

$$E \approx \frac{4\pi V h^2}{5m} \left(\frac{3N}{8\pi V} \right)^{5/2}.$$

Ezen eredményünkben a legfontosabb az, hogy az elektronok összenergiája első közelítésben nem függ a hőmérséklettől, következésképpen a rendszer fajhője

$$C_V = \left(\frac{\partial E}{\partial T} \right)_V = 0,$$

amint az a kísérleti eredményeknek is megfelel.

A fémek elektronelméletét ebben a formában (nem kvantummechanikai alapon) Sommerfeld dolgozta ki. Sikerült megmagyarázni a fémek

vezetéssel, a thermoelektromos effektussal, a hővezetéssel és az elektron emisszióval kapcsolatos jelenségeket kielégítő közelítésben.

Az előzőekben vázolt Fermi-statisztika másik igen fontos alkalmazása Fermitől származik és statisztikus atommodellként ismeretes. Ezzel az igen érdekes elmélettel most nem kívánok részletesebben foglalkozni részint azért, mert ez nálunk igen jól ismeretes, részint pedig azért, mert akkor nem állna elég idő rendelkezésemre, hogy Fermi más irányú kutatásait ismertessem.

2.

A neutront Chadwick fedezte fel 1932-ben. A felfedezése után Fermi rövidesen felismerte óriási jelentőségét a magfizikai kísérletek szempontjából, valamint azt, hogy a magátalakítások céljára leginkább az ún. lassú neutronok alkalmasak. A lassú neutronok előállítása nem igényel bonyolult berendezéseket, hanem előállításukhoz inkább ötletességre van szükség.

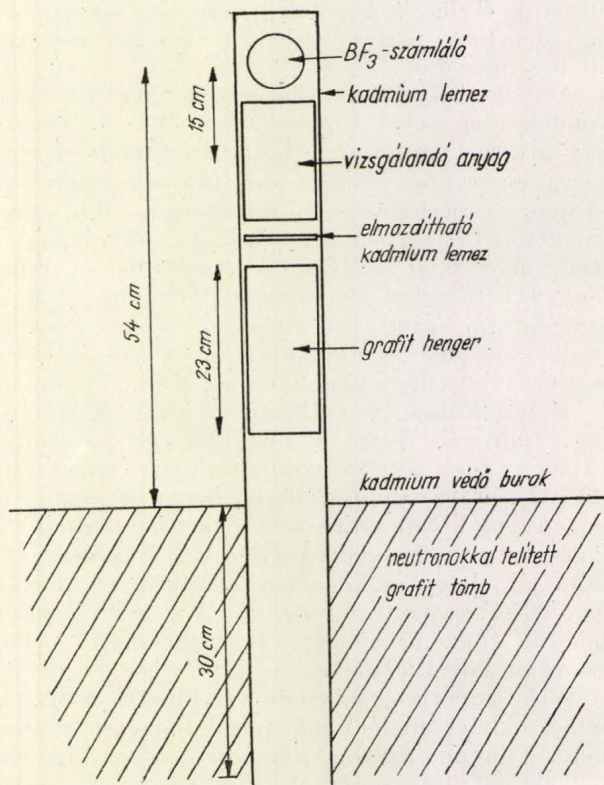
Ismeretes a rugalmas ütközések elméletéből, hogy ha két test összeütközik, akkor az ütközés után relatív mozgási energiájuk a tömegek arányában oszlik meg. Ha tehát egy nagy sebességű, de kis tömegű golyó egy kis sebességű, de óriási tömegű golyóba ütközik, akkor praktice keveset veszít a sebességéből és csupán eltérítődik az irányából. Ha azonban az ütköző partner tömege már nem nagy, hanem pl. éppen egyenlő tömegű a golyókkal, akkor mozgási energiájuk megfeleződik. Tehát a golyónk a sebességéből veszít, míg az ütköző partner nagyobb mozgási energiával fog mozogni.

A mag részecskék ütközését is tárgyalhatjuk szemléletesen, első tájékozódás céljából, rugalmas ütközés mintájára. Így, ha a neutron egy nagy rendszámú atommagba ütközik, melynek a tömege a periódusos rendszer végén több, mint a neutron tömegének a 200-szorosa, akkor rugalmas golyó módjára visszapatann róla anélkül, hogy sebességéből lényegesen veszítene. Ellenben, ha pl. protonba ütközik, akkor annak átadja mozgási energiájának jó részét. (Ha a proton eredetileg nyugalomban volt, éppen a felét.) Ennek következtében, ha neutronok nagy hidrogén tartalmú anyagba, pl. parafinba jutnak, akkor a protonokba ütközve lefékeződnek. E célra a többi könnyű elemek is megfelelőek és újabban grafit-tömböket használnak a gyors neutronok lefékezésére. A számítások azt mutatják, hogy grafitban a 110. ütközés után a 100.000 eV-os neutron energiája 1/40 eV-ra redukálódik. Hasonló redukció hidrogénben 17 ütközés után következik be.

A hő kinetikus elmélete értelmében a testek hőmérsékletét molekuláik rezgő mozgása szabja meg. Vannak azután nevezetes összefüggések, melyek az illető molekula kinetikus energiája és az abszolút hőmérsékleti fok között adnak egy-

értelmű összefüggést. Ha már most a nagy sebességű neutronok grafit-tömbbe kerülnek, melyek molekuláinak, pontosabban atomjainak mozgási energiája a szoba hőmérsékletének felel meg, akkor miközben a neutronok a folytonos ütközések következtében lefékeződnek, maga a grafit-tömb felmelegszik, míg végül is a neutronok annyira lefékeződnek, hogy a felmelegedett grafit-tömb atomjainak rezgési energiája nagyobb lesz, mint a neutronoké. Ekkor már a neutronok fognak energiát kapni a rezgő atomoktól. Ezek a folytonos ütközések végül egyensúlyi helyzetre fognak vezetni, ami akkor következik be, ha a rezgő atomoknak, illetve a neutronoknak a kinetikus energiája megfelelő a szoba hőmérséklet által megszabott mozgási energiának. Az ilyen neutronokat *termikus neutronoknak* nevezzük, melyeknek az energiája már rendszerint 100 eV alatt van. Hozzávetőlegesen 2000–3000 m/sec egy ilyen termikus neutron sebessége. Talán jó lesz még megemlékeznünk arról, hogy az elmondottak úgy értendők, hogy ez a sebesség csupán egy átlagsebesség és a Maxwell-féle sebességeloszlási tétel értelmében, bár kis számban, de lesznek olyan neutronok is, melyeknek a mozgási energiája az átlag energiánál jóval nagyobb és lesznek olyanok is, melyek energiája jóval kisebb, mint az átlagenergia.

Fermi, a termikus neutronok felfedezője és tulajdonságainak egyik legkiválóbb szakértője, munkatársaival, Andersonnal és Marshallal 1946-ban kidolgozott egy rendkívül szellemes berende-



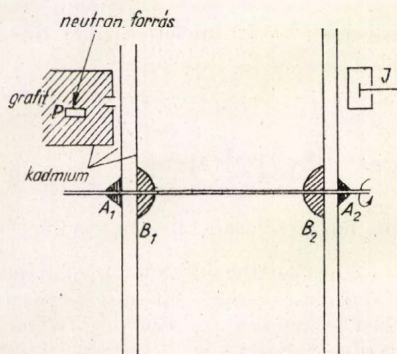
1. ábra

zést, mellyel egy fentemlített termikus neutronokkal telített grafit-tömbből ki lehet választani az átlagnál jóval kisebb sebességű neutronokat. Berendezését az ábránkon láthatjuk. A termikus neutronok kocka alakú grafit-tömbben voltak, melynek az éle kb. 120 cm. Ezt körülvették kadmium lemezekkel, melyeknek az a tulajdonságuk, hogy a termikus neutronokat elnyelik. A kadmium lemezekre azért volt szükség, hogy a szabadba ne juthassanak ki a neutronok. Az egyik oldal közepén kivágtak egy kör alakú nyílást, amelybe egy kadmium csövet helyeztek. A berendezés méreteit közlésük alapján az ábrán berajzoltuk. A mi számunkra a csőben elhelyezett grafit-henger jelenléte a fontos. Ez ugyanis a csőbe jutott neutronok közül a termikus neutronokat a cső kadmium falába terelte és csak a meghatározott sebességnél kisebb neutronokat engedte át. Azonnal megértjük e grafit-henger szelektáló hatását, ha a neutronok *hullámtermészetét* idézzük emlékezetünkbe. (Ismeretes, hogy De Broglie vizsgálatait alapján minden elemi részecskéhez hullámokat [anyag-hullámokat] rendelhetünk, melyeknek a hullámhosszát az illető részecske sebessége határozza meg. Ezen az elven működik pl. az elektronmikroszkóp, mely a vírusok csodálatos világát tárja fel a kutató emberiség előtt.) Alkalmazva ezt a termikus neutronok esetére, egy ilyen neutronnak megfelelő hullámhossz kb. 2 \AA (Ångström) $= 2 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$. A közönséges fény hullámhossza kb. 4000–7000 Å. Tudjuk, hogy a fény, ha hullámhosszának megfelelő nyíláson (résen, optikai rácson, vagy pl. a Röntgen-sugár kristályon) áthalad, akkor elhajlik. A grafit kristályon az atomok egymástól való távolsága 3.3 \AA , tehát, ha a Bragg-féle formulát alkalmazzuk, melyet a Röntgen-spektroszkópiai vizsgálatnál szokás alkalmazni, akkor azt találjuk, hogy az olyan neutronokat, melyeknek megfelelő anyag-hullámhossza 6.6 \AA -nél kisebb, azokat a kristály eltereli eredeti útjukból és a cső kadmium falával elnyeli, míg azokat, melyeknek a hullámhossza 6.6 \AA -nél nagyobb, tehát melyeknek a sebessége a 6.6 \AA hullámhosszú neutronoknak megfelelő sebességnél kisebb, minden további nélkül átengedi. Így a grafit-hengeren csak a rendkívül lassú elektronok haladnak át akadály nélkül és jönnek ki a csőből, melyeknek a sebessége a 18 Kelvin foknak, tehát -255° C hőmérsékletnek megfelelő termikus neutronok mozgás energiájának felel meg.

Kérdés már most az, hogyan lehet a neutronok sebességét meghatározni?

Fermi ötlete alapján, Segre és munkatársai dolgoztak ki egy berendezést, amellyel közvetlenül meg lehet neutronok sebességét határozni. Az ábrán vázoltuk ezt a berendezést. P jelöli a paraffinba ágyazott neutronforrást, amely az egésztest körülvéő kadmium lemez következtében csak jobbra engedi a neutronokat. A neutronok útjában négy kör alakú kadmium lemez van.

(A_1, A_2, B_1, B_2 , melyek közül B_1 és B_2 nyugvó, A_1 és A_2 közös tengelyen forog). A lemezeken kis nyílások vannak. J a neutron kimutatására szolgáló készülék. Abban a pillanatban, mikor az



2. ábra

A_1 és B_2 lemezek nyílása éppen szembe vannak egymással, a neutronok bejutnak a lemezek közti térbe és eljutnak a B_2 lemezhez. Az I készülékbe azonban csak akkor jutnak be, ha a B_2 és A_2 lemezek nyílása a neutronok odaérkezésének a pillanatában éppen szemben állnak, mert különben a korongok elnyelik a neutronokat. A rések megfelelő beállításából és a korongok forgási sebességéből meghatározható az az idő, ami alatt a neutronok a B_1 lemeztől a B_2 lemezig eljutottak. Ismerve tehát a lemezek távolságát, a neutronok sebessége és ezzel mozgási energiája közvetlenül meghatározható.

3.

Foglalkozunk végül röviden a π -mezonkeletkezés statisztikus elméletével.

Ahogy egy töltött részecske maga körül elektromágneses teret létesít, ugyanúgy egy nukleon maga körül mezonteret gerejeszt. (Természetesen, ha a nukleonnak van elektromos töltése, akkor elektromágneses teret is hoz létre, de ez utóbbi pillanatnyilag nem fog bennünket érdekelni.) A két tér között azonban lényeges különbség van. Míg az elektromágneses tér minden esetben végtelen kiterjedésű, addig a fellépő mezon tér csak a nukleont körülvevő $R = \hbar/\mu c$ sugarú gömbben (ez a magerők ható távolsága) nem tűnik el (itt μ a π -mezon tömege). Ez a térfogat, melyben a mezonter energiája koncentrálódik, abban a koordinátarendszerben van definiálva, melyben a nukleon nyugszik. Különben

$$V = V_0 \frac{M c^2}{W}, \text{ ahol } V_0 = \frac{4\pi}{3} \left(\frac{\hbar}{\mu c} \right)^3$$

Itt M a nukleon tömege W pedig a teljes energiája.

Ha már most egy mozgó töltés valamilyen okból lefékeződik, akkor a felszabaduló elektro-

mágneses energia elektromágneses sugárzássá — fotonokká — alakul át. Hasonló jelenség következik be akkor is, ha két nukleon összeütközik. Akkor ugyanis a nukleonok a mezon térben fognak fékezési sugárzást kibocsátani, ami mezon-emisszió formájában jelentkezik.

Az ütközés pillanatában a nukleonok tömegközéppontjához rögzített koordináta rendszerben, a nukleonok és az őket körülvevő mezonter energiája egy kis

$$V = V_0 \frac{2 M c^2}{W}$$

(ahol W most a két nukleon teljes energiája) nagyságú térfogatra koncentrálódik és egy átmeneti állapot keletkezik, mely hasonló ahhoz az átmeneti állapothoz, melyet a magreakciók Bohr-féle elméletében az ún. átmeneti mag képvisel. Fermi most felteszi, hogy a rendszer ezen átmeneti állapotban statisztikai egyensúlyban van a környezetével. Ez azt jelenti, hogy a térfogatban koncentrálódott energia *a priori* egyenlő valószínűséggel mehet át minden olyan állapotba, mely az energia, impulzus és impulzuszómomentum megmaradási elvével összeegyeztethető.

Feltehetjük már most azt a kérdést, hogy mi a valószínűsége annak, hogy ezen átmeneti állapotban pl. n darab π -mezon van jelen? Ha ezt sikerül kiszámítani, akkor ezen valószínűségnek, valamint annak a valószínűségnek a hányadosa, hogy egyáltalán nem keletkezik mezon az ütközés folyamán, megadja az π -mezon-emisszió hatáskeresztmetszetét.

Az idő előrehaladott ahhoz, hogy ezt a számítást most részletezzem, de biztosítok mindenkit, hogy a számítás elvégzése nem jelent különösebb nehézséget. Az alkalmazott módszer nagyon hasonló ahhoz, melyet a statisztikai megfontolások ismertetése során (mikor az impulzus térben az állapotok számát meghatároztuk) már alkalmaztunk.

Pl. egy mezon keletkezésének a hatáskeresztmetszete

$$\sigma_\pi = \pi \left(\frac{\hbar}{\mu c} \right)^2 \frac{1}{g\sqrt{2}} \left(\frac{T}{\mu c^2} \right)^2,$$

ahol T a két nukleon és a keletkezett π -mezon együttes kinetikai energiája.

Az előzőekben bizonyos önkényességgel válogattam ki néhány szemelvényt Fermi életművéből. Nem állítom azt, hogy ezek éppen a legfontosabb szemelvények voltak, hiszen nem tettem említést a statisztikus atommodellről, Fermi kvantumelektrodinamikai eredményeiről, valamint a β -sugárzás nagyszerű elméletéről. Úgyszintén nem beszéltem a transzurán elemek előállításáról és az atommáglyáról, melyek legalább olyan jelentős eredményei Ferminek, mint a részletezettek. Ezekre azonban részint azért nem tértem ki, mert részben szélesebb körökben ismeretesek,

részben pedig kevésbé illeszthetőek bele egy rövid előadás keretébe, részint pedig azért, mert igyekeztem a kevésbé ismert munkásságát ismertetni.

Az elmondottak alapján azt hiszem senki sem csodálkozik azon, hogy előadásom elején Fermi századunk egyik legzseniálisabb fizikusá-

nak neveztem. Neve nem kétséges, hogy fennmarad a fizika történetében. Munkássága és egyénisége pedig megérdemli, hogy kegyelettel adózzunk emlékének.

Horváth János

Szegedi Tudományegyetem
Elméleti Fizikai Intézet

Fizikai mennyiségek elnevezése és jelölése

A szabvány célja és nemzetközi vonatkozások

A fizika tudományának több kutató és megfigyelő intézetünkben, laboratóriumunkban, egyetemünkben, más tanintézetünkben és iskoláinkban való általánosan ismert fejlesztésén és oktatásán kívül, bizonyos mértékben a Magyar Szabványügyi Hivatal is olyan munkahelynek számít, amelynek kapcsolata van a fizikával.

Noha az ott folyó természettudományi vonatkozású munka csupán rendszerező tevékenység, téves volna azt hinni, hogy hatása egyáltalán nem jelentős, vagy hogy ez a műszaki és tudományos élettől elszakadtan folyik; hogy nem a gyakorlati élet követelményei teszik szükségessé és értékelése nem történhet a fizika fejlesztésére irányuló egyéb tevékenységek jól ismert szempontjai szerint.

Lássuk tehát, mely okok teszik szükségessé azt, hogy a Magyar Szabványügyi Hivatal fizikával foglalkozzék, mi az ilyen tárgyi szabványoknak a célja, melyek azok az ésszerű határok, amelyekben e tevékenységnek belül kell maradnia. Mindezt világítsuk meg egy konkrét példával, a nemrég megjelent MNOSZ 4900—55 »Fizikai mennyiségek elnevezése és jelölése« című szabvány alapján.

Azt, hogy a Magyar Szabványügyi Hivatal bizonyos mértékig fizikával is foglalkozik két ok magyarázza:

1. A Szabványügyi Hivatal tevékenységét meghatározó kormányrendelet e hivatal feladatkörébe sorolja többek közt a fontosabb természettudományi és műszaki szakkielvezések jelentését, fogalmak jelölését, jelképét, továbbá ábrázolásmódokat és írásmódokat meghatározó szabványok kidolgozását.

A Magyar Szabványügyi Hivatal központi jellegénél alkalmas arra, hogy a műszaki és tudományos gyakorlat, a különböző minisztériumok felügyeletébe tartozó üzemek és intézmények sokszor ellentétes szempontjait egyeztesse.

2. A különböző állomásokban működő szabványügyi szervek felépítése, munkájuk célja, szabványaik hatálya eltérő. Munkájukban azonban annyi közös van, hogy egyező témáik megvitatására és nemzetközi jelentőségű szabványaiknak az országhatárokon túlmenő egyeztetésének előmozdítására szervezetet létesítettek.

A Magyar Népköztársaságot a Nemzetközi Szabványügyi Szervezetben (az International Organisation for Standardization, rövidítve: ISO) és a Nemzetközi Elektrotechnikai Bizottságban (Internacional Electrotechnical Commission, rövidítve: IEC) a Magyar Szabványügyi Hivatal képviseli. E szervezetekbe kb. 37 állam tartozik, közöttük a Szovjetunió, a népi demokráciák és számos nyugati állam is. Mindkét egyesület szakértő-bizottságokban fejti ki tevékenységét, amelyek közül néhány kizárólag fizikai kérdésekkel foglalkozik. Így a Magyar Szabványügyi Hivatalra hárul az a feladat, hogy tájékozódást adjon az ilyen fizikai tárgyú, nemzetközi vonalon folyó vitákról; az elfogadott és szabvány ajánlások formájában létrehozott határozatokról, hogy el lehessen bírálni e »nemzetközi szabványajánlások« mely részét szükséges megvitatni, átvenni, ajánlott vagy kötelező magyar szabvány alakjában. A Magyar Szabványügyi Hivatal az a szerv, amely a magyar szakemberek,

intézmények hozzászólásait továbbítja a nemzetközi vitákhoz.

Magyar részről az MNOSZ »4900 Fizikai mennyiségek elnevezése és jelölése« című szabvány jelentette az első bekapcsolódást e nemzetközi szervek fizikai-bizottsági munkáiba, noha a többi más bizottság munkájában a magyar állam már régóta részt vett.

A szabvány tárgykörére vonatkozó munka célja a következőkben foglalható össze:

1. egységes elnevezést és felhasználást teremteni fontosabb alammennyiségekre, mind az elméleti és kísérleti fizika, mind az elméleti és gyakorlati műszaki alkalmazás területén;

(Az elnevezések és jelölések egyértelmű használata fontos mindenféle elméleti és gyakorlati tevékenységben, ideértve az oktatást is. A nem egyértelmű kifejezési mód káros félreértést, zavart okozó.)

2. a fizikai, műszaki és a rokon (kémiai, elektrokémiai stb.) tudományágak írásműveinek megértését elősegíteni;

3. a kéziratkészítés és nyomdai termékek szabatosabbá tétele;

4. a szedés egyszerűbbé tétele és a korrektori munka megkönnyítése;

5. egységes pedagógiai szempontok rögzítése;

6. egyeztetni és csatlakoztatni a fizikai mennyiségek magyar jelölési rendszerét a korszerű nemzetközi ajánlásokhoz;

7. létrehozni a mértékegységek áttekinthető, könnyen kezelhető, az egyik mértékrendszerről a másikra való áttérést megkönnyítő csoportosítását.

Ismeretes, hogy az egyes fizikai mennyiségek betűjelölésének nem volt kialakult rendszere. Ez részben onnét ered, hogy az egyes alapvető fizikai mennyiségek elnevezései latin és görög tövekből származtak, majd az egyes nemzetek lefordították azokat saját nyelvükre. Az eredeti jelölés latin nevű kezdőbetűje mellett kezdett feltűnni a nemzeti nyelv megfelelő kezdőbetűje is. Latin kis- és nagybetű kb. 50 van, ha figyelembe vesszük, hogy összetéveszthetőségük miatt nem mind alkalmazható jelölésre (pl. o) azonkívül egy változó mennyiség jelölésére sokszor két betű is szükséges, pl. egy az effektív és egy a pillanatértékre; így könnyen beláthatjuk, hogy a latin betűk száma kevés. Görög betűk segítségül vétele valamit javított ugyan, de a görög és latin nagybetűk közötti gyakori hasonlóság nem oldotta meg a kérdést.

Az egységes betűjelölés fontos a fizikai ismeretek alsó és felső fokozatában egyaránt. Alsófokon zavart okoz pl., ha valamely fizikai alapfogalmat a középiskolában és az egyetemen nem ugyanazon betűvel jelöljük. Nehézséget jelent a kezdőknek az is, ha az elméleti fizika oktatásában és a későbbi alkalmazásában a jelölés változik. Felsőfokon viszont a legtöbb fizikus a hazai irodalmon kívül külföldi irodalomban is tanulmányoz, sokszor olyan fordítás alapján, amelyet a ellenőrzés nem értő fordító készített. Ilyenkor az ellenőrzés az ábrák, képletek és nem utolsó sorban a mennyiségek jelei alapján történik, amely lényegesen egyszerűbb akkor, ha nemzetközileg azonos jeleket használnak az azonos mennyiségek jelölésére.

Ha e jeleket a nemzetközi egyezményekkel egyezően szabványosítjuk, akkor elérjük azt, hogy a magyar nyelvű dolgozatok megértése külföldön egyszerűbbé válik. Ez a kutatómunkákról szóló dolgozatok szempontjából különösen fontos, mert elsősorban azokat olvassák határainkon túl.

Fizikusaink számos tevékenységükben, mint pl. kutató munkájuk eredményének közlése, a külföldi irodalom eredményeinek megismerése, az oktatás, a tankönyv- és jegyzetírás stb., olyan területen működnek, ahol e szabványok segítséget jelentenek számukra, módjuk van tapasztalatot gyűjteni azok használatáról és észrevételeket tehetnek akár a már kiadott szabványok előnyeivel és hibáival kapcsolatban, akár pedig kifejezhetik nézeteiket a kidolgozás alatt álló szabványokról.

Való az, hogy a túlságosan rögzített jelhasználat a fizika területén megkötöheti a kutató kezét és gátolja munkáját. Ez azonban olyan lehetőség, amellyel a kutató munka csak némely esetében kell számolni és nem jelent érvet a szabvány célkitűzésével szemben, csupán annyit, hogy azt nem célszerű a kutatás területén kötelezővé tenni. További érv a szabvány ellen az, hogy a jelmegkötöttség következtében előfordulhat, hogy egy fejezetben, esetleg egy oldalon egy és ugyanazon betű két különböző mennyiséget jelöl. Ezt a jogos ellenvetést megszünteti a szabvány oly kialakítása, amely minden mennyiséghez az alapjelen kívül egy vagy két további vagylagos jelet rendel hozzá. Azokban az igen ritka esetekben, amikor két-három jel és azoknak indexekkel való variálása sem elegendő, minden szerzőnek jogában áll a szabvány értelmében is további jeleket használni, ha a kiadvány bevezető részében felsorolja.

E körülmények mérlegeléséből azt a következtetést lehet levonni, hogy néhány fizikai vonatkozású szabvány, így a fizikai mennyiségek jelölésének szabványosítása nálunk is éppúgy szükséges, mint minden egyéb oly államban, ahol a fizikát a közösség számára hozzáférhetővé és érthetővé akarják tenni, és az ellene szóló érvek a szabvány szövegének és hatályának megfelelő kialakítása által kiküszöbölhetők.

Hasonló elgondolás volt megállapítható majdnem minden államban és ezért alakult meg az ISO 12-es és az IEC 25-ös számú szakértőbizottsága, amely kizárólag e kérdéssel foglalkozik.

E célokat

- a jelölések
- az elnevezések

kötelező szabványosításával és

- a mértékrendszerek és
- a mértékegységek

tájékoztató rögzítésével kívántuk megvalósítani. Nézzük meg mily szempontok érvényesültek a magyar szabványban az előzők szerint szabványosítandó kérdések mindegyikére.

Jelölések

A szabvány kidolgozásának megkezdése előtt szükséges volt annak eldöntése, hogy egyáltalán mely mennyiségek jelei szabványosítandók. Nyilvánvaló, hogy nem lehet az összes mennyiségekről szó, mert a fizika oly sok szakterülettel rendelkező tudomány, hogy szakkifejezéseink összegezett száma több tízezerre rúg.

Szükséges volt az egyetemi oktatás színvonalának megfelelően azokat a több szakterületen közösen használt, legfontosabb szakkifejezéseket összeválogatni, amelyeknek ismerete az általános fizikai műveltséghez tartozik. Kb. 170 ilyen mennyiséget választottunk ki, amelyek felkutatásában nagy segítséget jelentett számos hasonló, külföldi (szovjet, svájci) szabvány, ahol ugyanezt a munkát már több évvel ezelőtt elvégezték.

A szabványosított jelölések lényegileg egyeznek a 13/1953. M. T. rendeletnek, továbbá a Nemzetközi Szabványügyi Szervezetnek, az ISO-nak TC 12—125 (1954. aug.) számú, az idő- és térmennyiségekre vonatkozó

ajánlásaiban közölt jelölések felhasznált részével, valamint a Nemzetközi Elektrotechnikai Bizottságnak, az IEC-nek TC 25—RM 230 (1951. febr.) ajánlásaival, éspedig nemcsak az egyes betűk mineműségét, hanem azok szedés módját illetően is.

A szedés a fizikai egyenletekben sokkal fontosabb, mint a matematikában. Itt ugyanis a betűk a fizikai mennyiségeket és nem pusztán számot jelentenek. Mivel kevés betűnk van, ezért egy és ugyanazon betűnek különböző szedéstípusát külön jelnek tekinthetjük, amelyeket különböző jelentésű fizikai mennyiséghez rendelhetünk hozzá. Ha túl sokféle betűtípust engedünk meg, könnyebb a szerző dolga, de nehezebb a nyomdának, mert nagyobb betűkészlet szükséges. Ezért célszerű e kérdés szabályozása a következők szerint:

Latin betűk alkalmazása esetén, a skaláris mennyiségeket dőlt világos, a vektor mennyiségeket álló félkövér, a mértékegységeket álló világos betűkkel ajánlott szedni.

Görög betűk alkalmazása esetén a skaláris mennyiségek jelei dőlt betűkkel szedendők, vektor mennyiségeket félkövér dőlt-, annak hiányában a világos dőltbetű fölött vagy alatt elhelyezett vonás (nyíl) jelöli Π , ω , $\bar{\omega}$, \rightarrow , ω , ω .

A vektor mennyiségek abszolút értékét vagy skaláris összetevőit ugyanazon világos szedésű betűjellel jelöljük.

A vektorok e jelölése kb. kielégíti a műszaki fizika szükségleteit, de nem kielégítő matematikai szempontból. A vektorok írásmódját a jelenleg előkészítésben levő MNOSZ 23901 »Geometriai jelölések« című szabvány fogja tartalmazni.

Az indexben levő betűk szedése dőlt legyen, ha algebrai vagy fizikai mennyiségeket jelentenek. Pl. c_p az állandó nyomásnál mért fajhő, ha azonban az index vagy kitevő számjegy, vagy nem mennyiséget jelentő nevek rövidítése álló szedésű legyen, pl. v_k kiáramlási sebesség. Az indexben vagy kitevőben levő számok szedése álló. Mennyiségek és mértékegységek jele után pontot nem szabad tenni, kivéve a mondat végét. Ugyanez érvényes az indexben megadott rövidítésekre is pl. p_{eff} effektív nyomás.

Elnevezések

Az elnevezéseket illetően hasonló a helyzet mint a jelölésnél, azzal a különbséggel, hogy ez kizárólag nemzeti kérdés, mert magyar elnevezésről van szó, amelyet külföldön nem alkothatnak meg. Az elnevezésekre a Magyar Szabványügyi Hivatalban a következő kialakult módszertani követelmények érvényesek [1]; [2]

1. egyértelműség: egy kifejezés csak egy fogalmat jelentsen;
2. egyöntetűség: egy fogalomra csak egy kifejezés legyen használatos;
3. szabatoság: a kifejezések helyesen tükrözzék a fogalmakat;
4. rendszeresség: az egyes kifejezések feleljenek meg a fogalmak rendszerében elfoglalt helyüknek. Nyelvi szempontból még a következő követelményeket kell érvényesíteni:
5. magyarosság: a kifejezések ne tartalmazzanak indokolatlanul idegen szavakat;
6. rövidség.

Ha egy elnevezés használatát kötelezővé akarjuk tenni, akkor elvben szükséges a hozzátartozó definíció is. A precíz és kimerítő definíció megalkotása azonban sokszor nem egyszerű és a szabványt rendkívül terjedelmessé és kevésbé áttekinthetővé tenné. Ezért a szakértőbizottság definíció helyett egy értelmező képlet beiktatása mellett döntött, amely nem elégíti ki a tudományos definíció követelményeit, de elegendő a fogalom egyértelmű körülhatárolására.

Az értelmezési rovat üresen maradt, ott ahol

1. alapfogalmakról van szó, pl. hosszúság, szélesség, magasság, út, hullámhossz, idő, fénysebesség,
2. ahol a meghatározás egyéb vonatkozó szabványokban megtalálható, pl. viszkozitás,

3. ahol két tételnek közös meghatározása van, pl.

$$\text{fénymennyiség és fényáram: } Q = \int_0^t \Phi dt.$$

Nem sikerült az előző terminológiai követelmények maradéktalan betartása, mert azonos mennyiségekre némelykor két, sőt három elnevezést szabványosítottunk. A bizottság véleménye szerint a magyarosított kifejezések mellett meg kell hagyni az általánosan használt nemzetközi (latin és görög eredetű) elnevezéseket, továbbá néhány rosszul képzett, vagy a lényegét fizikai értelemben helytelenül kifejező magyar elnevezés helyett az irodalomban már bevezetett, de újabbnak számító, helyesebb kifejezést is szabványosítani kell. Ilyen pl. a *villamos fluxus sűrűsége és eltolás* mellett a *villamos gerjesztettség*.

A bizottság ily módon eltért az irodalomban, pl. Wallot: Grössengleichungen, Einheiten und Dimensionen (Leipzig 1953) c. könyvében a 30. oldalon található attól a felfogástól, hogy valamely helytelen, a korábbi elképzelést visszatükröző, de nagyon elterjedt elnevezést meg kell hagyni, mert kevesebb zavart okoz, mint egy újabb, amely helyesebb ugyan, de kevésbé ismert.

A szabvány nem mondja ki, de ez az eltérés úgy értelmezhető, hogy ott, ahol két-három elnevezés szabványosítva van, egy kiadványon belül, azok közül csak egyet használjunk. Különösen kerülendő akár stílári okok miatt is ugyanannak a fizikai mennyiségnek szabványos és nem szabványos elnevezését vegyessen használni. Minden kiadvány és így a fizikai kiadványok értékét többek között az a tény határozza meg, hogy a tárgyalt anyagot mennyire érthetően adja elő. Amily jogos volt az érv, hogy a jelfedések elkerülésére vagylagos jelek is szükségesek, éppoly jogos annak elvárása, hogy egy és ugyanazon fizikai mennyiségre egy írásművön belül következetesen *egy* elnevezést használjunk. Nagyobb terjedelmű, később kézikönyvként is használt, nem folyamatos olvasásra szánt fizikai vagy azzal rokon tárgykörű írásművek szerzőinek ajánlatos a bevezetésben e szabványra utalni, esetleg a szabvány felhasználás részét kivonatolni, annál is inkább, mert a szabvány elnevezései és jelölései *kötelezőek*.

A szabvány, noha számos tételében két-három kifejezést határoz meg, terminológiai szempontból mégis előrehaladást jelent, mert megállapítható, hol felelnek meg különböző elnevezéseknek azonos mennyiségek és könnyebben mód lesz a szabványnak esetleg néhány év múlva bekövetkező módosításakor további elnevezés csökkentését alkalmazni.

Mértékrendszerek

A mértékrendszerek kérdése a magyar fizikus és műszaki társadalom vajdó kérdése. Az e tárgyban folyó irodalmi vitát illetően elegendő a Felsőoktatási Szemle 1953. decemberi és 1954. szeptemberi számaira vagy az Elektrotechnika 1953. évi 11 [3] számaira utalni, ugyanez a kérdés nemzetközi viszonylatban is állandó vita tárgya. A szabvány 3 mértékrendszert ad meg éspedig az MKSA — (méter-kilogramm-szekundum-ampere); a CGS (centiméter-gramm-szekundum) rendszereket és a kérdéses tárgykör szerint változó, *műszaki gyakorlatban* használt egységek csoportját.

A szabvány a fizikai mennyiségeket a következő 8 csoportra osztja:

1. Témennyiségek
2. Idő- és tér-időmennyiségek
3. Tömegmennyiségek
4. Erő- és energiameennyiségek
5. Hangmennyiségek
6. Hőmennyiségek
7. Villamos és mágneses mennyiségek
8. Fénymennyiségek

Az MKSA- és CGS-rendszer végigvonul a teljes területen, a műszaki egységek pedig tárgykör szerint változnak. Az ISO ajánlásnak megfelelően az MKSA (Giorgi) rendszer áll az első helyen, azzal a ki nem mondott céllal, hogy az mind az elmélet, mind a gyakorlat számára megfelelő.

A szabványban a mértékrendszer csak tájékoztató jellegű és nem jelent utasítást egyik vagy másik rendszer előnyben részesítésére, sőt használható egyéb, a szabványban fel nem tüntetett rendszer is.

Minden mennyiséggel könnyebb számolni, ha jele mellett megtaláljuk a mértékegységet, valamint az átszámítási tényezőket egyik rendszerből a másikba. Többen úgy vélték, hogy az átszámítási tényezők megadása helytelen, mert azoknak, akik a rendszer lényegét ismerik, felesleges, akik pedig nem ismerik, ahelyett hogy megtanulnák, leszoknak az önálló gondolkodásról. A tapasztalat azonban azt mutatta, hogy ezen átszámítási tényezők szükségesegek, mert ahol át kell számítani egy értéket egyik rendszerből a másikba, a szakemberek számára is jó, ha van egy áttekinthető összesítés számításuk ellenőrzésére.

Mértékegységek

A mértékegységeket a 13/1953. M. T. számú rendelet szabályozza, amelynek érvényességét a szabvány nem érinti és egységeit, ahol lehetett alkalmazta is. E rendelet összefoglalást ad a gyakorlati szempontból fontos mértékegységekről, nem kielégítő azonban a rendszerezettség szempontjából.

A szabvány táblázatai vízszintes és függőleges irányban tagoltak. A függőleges tagoltság megfelel az előző fejezetben megadott 8 csoportnak és megállapítja azt a 170 fontosabb mennyiséget, amely alapvetőnek tekinthető. A vízszintes tagoltság a három mértékrendszernek felel meg és e 170 mennyiség mértékegységét tartalmazza. A szabvány összetett egységei a rendelet egységeiből vannak felépítve, kivéve a fényerősség egységét, a *candelát*, amely mennyiségnek egysége az idézett rendeletben a *nemzetközi gyertya*. A *candela* — a fényerősségnek 1948 óta nemzetközi egyezményben elfogadott egysége — átszámító tényező által van meghatározva, amiáltal a szabvány valamennyi egysége a rendelet szerinti törvényes egységre visszavezethető.

Vita alakult ki a műszaki mechanika erőegysége felett is. Oly értelemben a vélemények egyeztek, hogy a szabvány szabatosan különböztesse meg a tömeg és erő (súly) mértékegységének jelét, és az erőegység jele minél kevésbé hasonlítson a tömeg egység jeléhez. Mint ismeretes a gyakorlati életben ezideig mind a kettőt kg-vel jelöltük, amely helytelen jelölés elterjedt volta miatt a szabvány szerint továbbra is megtűrt.

A 13/1953. M. T. számú rendeletben az erőegység neve erőkilogramm és a szabvány ezt az elnevezést használja. A rendeletben rövidítés erre az egységre nincs és ezért lehetett a kp jelet szabványosítani az irodalomban szokásos kg, kgs, Kg, kG, kgf, kg* stb. helyett. A kp ismeretesen a kilopond szó rövidítése, amely elnevezés nincs sem hazai, sem nemzetközi viszonylatban egyöntetűen elfogadva.

A kilopond elnevezést nem fogadta el sem a Szovjetunió, sem az Északamerikai Egyesült Államok, sem Franciaország, csak Ausztria iktatta törvénybe. A kp jelölését azonban a Nemzetközi Szabványügyi Szervezet 1955. június 20—25 között Koppenhágában megtartott konferenciájának megállapításai szerint Magyarországon kívül Németország, Svédország, Norvégia és Jugoszlávia használja szabványaiban.

A fentiekben körvonalaztuk a szabvány szempontjait és tartalmát, anélkül hogy e rövid ismertetés keretében a részletvitákra kitérhettünk volna. Azok, akik nem vettek részt a szakértőbizottsági tárgyaláson, a szabványról csak annak megismerése után és használata közben alkothatnak teljes véleményyt. E beszámolóknak épp az

volt a célja, hogy felsorolja azokat a szempontokat, amelyek szerint a szabványt kialakítottuk és amelyek ott nem találhatók meg.

A Szabványügyi Hivatal feladatkörébe tartozik nemcsak a szabványok létrehozása, hanem azok betartásának ellenőrzése is. Ez az MNOSZ 4900 és a vele kapcsolatos »MNOSZ 4899 Általános matematikai jelölések« című szabvány a hivatal tevékenységét új területre terjeszti ki. A tapasztalat azt mutatja, hogy valamely szabvány betartásának esetleges nehézségei az első használatbavételkor szoktak jelentkezni. A Magyar Szabványügyi Hivatal ily esetben készséggel ad felvilágosítást minden érdeklődőnek, de különösen folyóiratok, jegyzetek és tankönyvek kiadóinak.

A szabványosítás kétféle szemszögből is kollektív munkának tekintendő, egyfelől bármely szabvány kidolgozása esetén célszerű felhasználni más államok, vonatkozó szabványait és amennyiben van, a vonatkozó nemzetközi ajánlásokat, másfelől minden szabvány létrehozását nem egy személy, hanem testület végzi. Ez növeli a követelményeket a szabvány minőségével szemben, amelyeknek mint törvényszerű előírásoknak sokkal lényegesebb következményei lehetnek, mint más kiadványoknak.

E szabvány is felhasznált több külföldi forrásmunkát, azonban azoknak lényeges tovább fejlesztését jelenti. Többet és rendszeresebbet ad, mint az, ami bármely rendelkezésre álló szabványirodalomban fellelhető volt és ezért várható, hogy a hazai jelentőségén túl nemzetközi visszhangot is kelt.

Minden szabvány kidolgozásában két fázist kell megkülönböztetni: az egyik a tervezet, a másik a szabvány. A tervezetet nyilvános hozzászólásra közzéteszik és ahhoz bárki hozzászólhat. E szabvány tervezetére az Eötvös Lóránt Társaság a múlt nyáron felhívta tagjai figyelmét és a tervezet a társaság titkárságán nyilvánosan betekinthető volt. A társaság tagjaitól érkezett is néhány ilyen figyelemre méltó hozzászólás. A szabvány tárgyalása több kisebb megszakítással közel 3 évig

tartott. A szakértőbizottság elnöke Szabó Gusztáv, szakelőadói és hivatali előadói Szentmártoni Tibor, Pócsa Jenő és Lechner Egon voltak. Őrájuk hárult a fizika teljes területét felölelő, nagy szakértelmet megkövetelő szerzői tevékenység. Kb. 30 egyetemi tanszék, kutató intézet és egyéb szerv, az Oktatásügyi Minisztérium, a Mérésügyi Hivatal, a Tankönyvkiadó képviselője alkotta az igen lelkiismeretes és lelkes szakértőbizottságot, amelynek tagjai közül a legtöbb munkáért Csekő Árpádnak, Endrényi Jánosnak, Fodor Györgynek, Kálmán Gábornak, Horváth Kérolynak, Liska Józsefnek, May Oszkárnak, Reuss Endrének, Verebélyi Lászlónak, Urbanek Jánosnak és Ziegler Vilmosnak jár elsősorban elismerés.

Ez volt a Magyar Szabványügyi Hivatal munkájának közreműködése a jelölések és elnevezések fizikai rendszerezését illetően. Jelenleg a »Méréseredmények rögzítés módja« az ISO TC 69 alapján áll feldolgozás alatt, amely témáról a szabvánnyá nyilvánítás határhelyéig eljutva, kb. egy év múlva ismét tájékoztatást fogunk nyújtani.

Dukáti Ferenc

Magyar Szabványügyi Hivatal

IRODALOM

1. Kertes—Ziegler: A szabványosítás feladatai és módszerei. Tervgazdasági Könyvkiadó, Budapest, 1954.

2. A. M. Терпигорев: Руководство по разработке и упорядочению научнотехнической терминологии. Издательство Академии Наук СССР, Москва, 1952.

3. Endrényi János: A villamosságban mérték-rendszereiről. Elektrotechnika 46. évf. 1953. 11.

4. Urbanek János: Egyenletek mértékfüggetlen írásmódja, MKS-rendszer. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1955.

id. Szily Kálmán fizikai munkássága

Aki arra vállalkozik, hogy id. Szily Kálmán (1838—1924) életének teljes munkásságát ismeresse és reális értékének megfelelően — legalább közelítőleg — értékelje, az kétségtelenül igen nehéz feladat elvégzését vállalja magára. Ezen tényt igen hiven tükrözi az a munka (1), melyet Ilosvay Lajos és Tolnay Vilmos szerzők 1933-ban »id. Szily Kálmán emlékezete« címmel tettek közzé az Akadémia elhunyt tagjai fölött tartott emlékbeszédek formájában. Szily 66 évet töltött el lázas tudományos munka közben, részben mint a budai politechnikum, ill. műegyetem tanára, részben pedig mint a Magyar Tudományos Akadémia főtitkára, ill. főkönyvtárnoka. Ha árnyalati finomságokra nem nézünk, akkor nyugodtan mondhatjuk, hogy Szily egyaránt otthonos volt a fizikában, matematikában, de nem utolsósorban a nyelvtudomány berkeiben is. Mindhárom területen sok eredetű és tudományos szempontból örökbecsűt alkotott. Szilyt jellemezve Ilosvay és Tolnay említett munkájukban a következőket írják: »Mind a két intézmény szolgálatában szereshető babér: de szükséges, hogy az érte versenyző tudja és akarja egész erejét egyik vagy másik intézmény rendelkezésére bocsátani.«

Szinte hihetetlen, hogy Szily — mind műegyetem tanársága, mind akadémiai főtitkársága és főkönyvtárnoksága idejében is — még olyan munkaterületeken tudott nagy érdemekre szert tenni, amelyeknek mindegyike egy-egy egész ember erejét leköthette volna. Az a 16 matematikai és fizikai tárgyú szakdolgozat, valamint 254 nyelvészeti, technikai, ill. a természettudományok különböző ágaihoz tartozó összefoglaló vagy népszerűsítő munka, melyet Ilosvay és Tolnay munkájukban felsorolnak, rendkívül széles tárgykört merítenek ki. Nyilvánvalóan Szily sokoldalúsága miatt nem vállalta és nem is vállalhatta az említett szerzők egyike sem Szily teljes munkásságának ismertetését. Másrészt ez egy olyan rövid ismertetésben nem is lett volna lehetséges. Mindenesetre nyugodtan állíthatjuk — legalábbis ami a fizikai tárgyú értekezések ismertetését illeti —, az kimerült Ilosvay néhány megjegyzésében és a munkák címeinek felsorolásában.

Jelen értekezés célja Szily említett sokoldalúsága következtében csakis az lehet, hogy fizikai tárgyú munkásságát, nézeteit és ilyenirányú tudományos kérdésekben való állásfoglalását oly mértékben igyekezzék az olvasóval megismertetni,

amely a nagy tudósnak minden körülmények között jár. Úgy gondoljuk, hogy most, Szily halálának 30. ik évfordulója alkalmából iránta érzett szeretetünket és megbecsülésünket úgy fejezhetjük ki legjobban, ha örökbecsű munkásságát érdemeinek megfelelően törekszünk ismertetni. E cél jobb elérése érdekében Szily fizikai természetű munkáit két nagyobb részben fogjuk tárgyalni. Először a speciális témájú, ill. vegyes tárgyú értekezéseinek rövid ismertetését adjuk meg. A második részben Szily fizikai munkásságának a gerincét és fő célja elérésére irányuló munkáit ismertetjük. Ezek a munkák kivétel nélkül a termodinamika főtételeinek a mechanikai elvek segítségével való értelmezésére és megalapozására irányultak. Szily ugyanis a múlt század vezető tudósai jórésszével együtt az ún. mechanikai hőelmélet tántoríthatatlan híve volt. Azon reményének gyümölcsei az ilyenirányú munkák, hogy a termodinamikát fel lehet építeni a mechanika képére és hasonlatosságára a fizikai testek molekuláris szerkezetének a figyelembevételével. Ismeretes, hogy Szilyvel együtt számos kiváló külföldi fizikus, így Mayer, Joule, Clausius, Thomson, Rankine, Boltzmann stb. foglalkoztak a mechanikai hőelmélet kiépítésével — ennek ellenére ez a próbálkozás ezideig nem sikerült. A vizsgálatok ezen a téren még így sem voltak hiábavalók. Igen sok és nagyon fontos eredmény született a termodinamikában az ilyenirányú vizsgálatok kapcsán, és nyugodtan állíthatjuk, Szily vizsgálatai ezen a téren kétségkívül a legértékesebbek közé tartoznak. Végül összefoglalóan értékeljük Szily munkásságát részben a korabeli, de különösen a legújabb ilyen természetű vizsgálatok tükrében.

Úgy érzem, most kell köszönetet mondanom dr. Szénássy Barnának, a debreceni matematikai intézet tanárának, hogy a magyar matematika és fizika történetének fáradhatatlan kutatása közben az egyik legnagyobb értékre felhívta figyelmemet, annak ismertetését önzetlenül rámhagyta, és munkámban mindenkor készségesen támogatott.

I. Vegyes tárgyú értekezések

A még fiatal Szily Kálmán az 1865–66-os években, akkori tudományos képzettségét és tájékozottságát helyesen felmérve, nem törekedett korszakalkotó nagy eredmények elérésére és elméletek felállítására. Annál inkább azon volt, hogy a politechnikumon ezidőben betöltött helyettes tanársága idején oktató munkáját minél jobban, és mégis minél egyszerűbben lássa el. Így születek első munkái, melyek inkább módszerben és fizikai gondolkodásmódban nyújtanak újat, mint eredeti tudományos eredményben. Ezen dolgozatok közül az első »A Laplace-féle hangsebességi képlet lehozatala« (2) c. munkájának tartalma a választott címben teljesen tükröződik. A dolgozat kizárólag didaktikai szempontból jelentős, amennyiben a hangsebességnek Laplace által a

deformálható testek általános elméletéből levezetett kifejezését Szily elemi módszerekkel szintén megkapta. Hasonlókat mondhatunk »A melegség mechanikai értékének pontos kiszámítása« c. (3) munkájáról is. Ez utóbbi lényegében egy Schröder-től eredő energetikai fejtegetés ismertetése a hőmechanikai ekvivalens pontos meghatározására. Szilynek már ezen munkáit is, melyek kétségkívül nem tartanak igényt a maradandóságra, nagymértékben jellemzi a korabeli irodalom alapos ismerete és az elmondottak világos, magyaros nyelvezete.

Mind fizikai, mind matematikai szempontból jelentős és figyelemreméltó Szilynek az a kinematikai tárgyú értekezése, amely: »Adalék a pontmozgástárgyalásához« c. (4) jelent meg 1889-ben. Ez a dolgozat is elsősorban didaktikai jelentőségű, de újszerű eredményeiben és módszerében már eredeti tudományos közlemény értékével is rendelkezik.

Szily felfogása a térgörbék görbületi és csavarodási viszonyaival kapcsolatban az, hogy ezek a viszonyok, bár kétségtelenül geometriai fogalmakkal fejezhető ki, mégis a tárgyalásuk beletartozik a kinematikába is. Szily szerint: mivel a térben és időben mozgó anyagi pont általában egy térgörbét ír le, így a geometria görbéje szinte realizálódik a kinematika térgörbéjében, vagyis a mozgó pont pályájában. Nézet szerint a térgörbék kinematikai tárgyalása egyszerűbb, mint a geometriai. Szily ugyanis az idő fogalmában a geometriai paraméter tárgyias megtestesítőjét látta. »Innen van, hogy ma már a geometriai tárgyalás is egészen hozzásimul a kinematikához, mert az a független paraméter, amit a geometria az egyenletekbe névtelenül bevisz, voltaképpen ugyanaz, mint amit a kinematika időnek nevez.« Szily kortársai közül Saint Venant és tanítványa, Résal, valamint a kiváló és Szily által nagyrabecsült Somov orosz matematikus voltak ebben a kérdésben azonos véleményen. Szily munkájában Saint Venant bonyodalmas számításait egyszerűbbekkel helyettesíti, ill. — és ebben van a két munka között elvi eltérés — a pontmozgás tárgyalását nem egy nyugvó, hanem egy a pont mozgását követő, és vele forgó derékszögű rendszerre vonatkoztatja. Eljárásának vázlatos menete a következő: Felvesz egy X, Y, Z derékszögű nyugalmi koordinátarendszert, és egy vele kongruens R_1, R_2, R_3 szintén derékszögű, de a ponttal együtt mozgó vonatkoztatási rendszert. Megállapítja, hogy a felvett R_1, R_2, R_3 rendszer olyan, hogy egyrészt a közönséges síkbeli polárkoordináta rendszer térbeli általánosításának felel meg, továbbá hogy a T, N, B -vel jelölt kíséző triéder rendszere az R_1, R_2, R_3 forgó rendszerrel hasonló tulajdonságú, pontosabban a T, N, B rendszer az R_1, R_2, R_3 rendszerrel hodográfai viszonyban van. Ezután Szily meghatározza a pont szögsebességét az R_1, R_2, R_3 rendszer R_3 tengelye körül, majd megadja az R_1, R_2, R_3 irányoknak megfelelő v_1, v_2, v_3 sebességkomponensek

kifejezéseit. Végül a nyert eredményeket transzformálja a kísérő triéder T, N, B rendszerére. Hasonló módon jár el a gyorsulások és a másodrendű gyorsulások tárgyalásánál is. A nyert egyenletek alkalmazását rögtön bemutatja a gömbi inga mozgásproblémájának megoldásával kapcsolatosan. Második példaként a kísérő triéder rendszerére vonatkozóan vizsgálja a pont pályájának görbületeit és csavarodási viszonyait. Ezzel kapcsolatban megállapítja, hogy egy tetszőleges origóból kiinduló R_1, R_2, R_3 rendszerben lehet az R_3 és R_1 tengelyek körüli ω_{12} és ω_{23} szögsebességekből, valamint a v_1 irányú haladási sebességéből a merev testek mechanikájából jól ismert csavarmozgást levezetni.

Szily ezen dolgozatának eredményei ma már igen jól ismertek, sőt jórésze, ha nem is ilyen részletességgel (pl.: másodrendű gyorsulások nélkül, ill. az idők folyamán csiszolódott és így egyszerűbb tárgyalási formában), de lényegükben már egyetemi tankönyvekben is szerepelnek. Bizonyos fokig a térgörbék kinematikai interpretációja is elterjedt, bár nem abban a tudatos formában, ahogy Szilynél súlypontozott volna miatt előfordul. Ezen kérdések jórésze ma kizárólag didaktikai kérdés, de feltétlen indokolt volna Szily Kálmán nevének az említése a kinematika egyetemi előadásakor a kísérő triéder vektorok szerinti sebesség és gyorsuláskomponensek tárgyalásának alkalmával. A gömbi ingára adott tárgyalásmódja pedig egyetemi hallgatóink tudásának komoly gyarapítására szolgálhat.

A XIX. század fizikusainak kedvenc témája volt a telített gőz nyomása és hőmérséklete közötti összefüggés pontos megállapítása. A kérdés annál inkább fontosnak mondható, mert a gőzgép felállításával kapcsolatban ilyen exakt összefüggés ismerete feltétlen kívánatos lett volna az alkalmazott technika szempontjából is. Egyrészt a legkiválóbb experimentátorok végeztek egyre több és több kísérletet az említett összefüggés legpontosabb megállapítása érdekében, másrészt az elméleti fizikusok egész serege igyekezett azt a termodinamika I. és II. főtételéből hipotézismentesen és exakte levezetni. 1880 körül már közel 100 féle empirikus formula volt ismeretes, amikor Raoult Pictet a Compt. Rend. májusi számában a következő formulát közölte a telített gőzök nyomás-hőmérséklet összefüggése számára.

$$\log p = \log p_0 + C \frac{(t-t_0)}{273 + t}$$

ahol p_0 ill. t_0 a 0°C -nál való nyomás és hőmérséklet értékét jelentik. Igen fontos, hogy Raoult látszólag minden hipotézis nélkül, pusztán az első és második főtétel alkalmazásával jutott erre az eredményre és azt állította, hogy formulája a kísérleti adatokkal nagyon jól egyezik számos anyag, pl.: víz, éter, szénkénes stb. esetében. Szily (5) megvizsgálta a formula levezetését, és azt találta — igen helyesen —, hogy az elméletileg

nem megnyugtató kiindulópontot tartalmaz. Szily először megpróbálta Pictet formuláját elvi hibáktól mentesen is levezetni, és így jutott a következő összefüggéshez, melyet teljesen exakt-nak tekinthetünk:

$$\log \left(\frac{p_1}{p} \right) = \frac{E}{R} \int_T^{T_1} r^\delta \frac{dT}{T^2}$$

Ahol E a hő mechanikai egyenértéke, r a telített gőz rejtett melege és δ annak sűrűsége. Ha ismertek lennének a $r = r(T)$ és $\delta = \delta(T)$ függvények, és az integrálást el tudnánk végezni, akkor meglenne a régen keresett formula. Sajnos, mivel az $r(T)$ és $\delta(T)$ függvények ismeretlenek, így egy hipotézissel kell élni. Szily azt tette fel, hogy $r^\delta = \text{állandó}$. Így az integrálást azonnal végrehajtva Pictet formulájához jutott. Csalódás azonban csak most érte, ugyanis összehasonlította a vizsgőzre számított értékeket a tapasztalati adatokkal és néhol 12%-os hibát is talált. Ebből megállapította, hogy a formulának sajnos csak empirikus értéke van és semmi esetre sem az igazi. Csalódása teljessé vált, amikor Roche már régen ismert formuláját is sikerült az alábbi alakban felírni:

$$\log p = \log p_0 + C \frac{(t-t_0)}{267 + t}$$

Ez ugyanis teljesen azonos Raoult formulájával. A nevezőbeli állandó eltérése kizárólag amiatt van, hogy Gay Lussac korában — amely korból Roche formulája ered — a víz fagyáspontja abszolút skálán 267°C -nak volt véve.

Szily dolgozatának eredményét és főleg Raoult munkásságát igen negatívan értékelve a következőket írja: »Pictet formulája elméleti szigorúságra nem tarthat számot, s az empirikus formulák körében sem jelent haladást. Ugyanott vagyunk ma is, a hol előbb, a gőz nyomásának törvénye még mindig ismeretlen.«

Szily ezen munkájának értékelésével kapcsolatban meg kell jegyeznünk, hogy kritikai éleslátásával és alaposágával nemcsak a meglevőt tudta bírálni, hanem minden kétséget kizáróan előre látta a tudomány ezen területén a fejlődés további útját. Ugyanis manapság sem ismeretes a telített gőzök nyomásának a hőmérséklettől való függését exakte kifejező függvény formája. Bár számos közelítő formula birtokában vagyunk, mégis a megfelelő összefüggéseket célszerűbb táblázatok formájában megadni. Különösen fontosak a vízgőzre vonatkozó nagy pontosságú ún. vízgőz-táblázatok, amelyek naperikusan tüntetik fel a telített gőzök nyomása, hőmérséklete és térfogata közötti összefüggéseket.

A múlt század hetvenes éveiben igen nagy érdeklődést mutattak fizikusok és technikai szakemberek egyaránt a hajózás műszaki kérdései iránt. A fő probléma a legjobb hajócsavar kidolgozásának a kérdése volt, melynek aktualitását

fokozta a hazánkban levő bővíző folyók egyre nagyobb számban való hajózhatóvá tételét. Lényegében teljesen hasonló úton járt a legjobb szélkerék megoldásának kérdése az öntözéses gazdálkodás kezdetleges és első alkalmazásával kapcsolatban. Hazánkban tudományos alapokon először Martin Lajos, a kolozsvári egyetem professzora foglalkozott a legjobb hajócsavar és szélkerék megoldásának a kérdésével. Az ilyenirányú vizsgálatok első és egyben elvi kiindulási pontja ebben az időben már ismeretes volt, ugyanis Mac-Laurin és Euler hasonló természetű vizsgálataik kapcsán az alábbi egyenletre jutottak:

$$\operatorname{tg} a = \frac{3c}{4\omega r} \pm \sqrt{\left(\frac{3c}{2\omega r}\right)^2 + 2};$$

itt a az a szög, melyet a keresett propellerfelület egy elemének normálisa a haladás irányával bezár, ω a propeller forgásának a szögsebessége, r a forgó felületemnek a forgástengelytől való távolsága, c pedig az előre haladás translációs sebessége. A feladat ezen kifejezés ismeretében csupán a legjobb hatásfokú propeller felület mértani helyeinek a meghatározásából áll. Nyilvánvaló azonban, hogy Euler és Mac-Laurin fenti formulája nem hagyható figyelmen kívül, és bár Martin azt jól ismerte, elméletében nem használta fel. Elméletét az egyenlet következetes figyelembe vétele helyett légbőlkapott és helytelen hipotézisekre építette. Martin így nyert eredményeit hosszú időn át nem publikálta, mikor azonban 1870-ben a kereskedelemügyi minisztérium egy Szolnokon tartott kiállítására alkalmával pályázatot hirdetett gyakorlatban jól használható gőz, víz és szél által hajtott olyan szerkezetek tervezésére és kivitelezésére, melyek alkalmasak a mezőgazdaság egyszerűbb gépesítésére — malmok hajtására, öntözésre stb. —, akkor Martin elmélete alapján több szélkerék stb. született meg. Bár ezek a konstrukciók a gyakorlatban nem váltak be, Martin mégis vette magának azt a bátorságot, hogy elméletét az Akadémiához közlés végett benyújtsa. Az akadémiai kiadó a dolgotat bírálatra Szily Kálmánnak és Kruspér Istvánnak küldte meg. Így kapcsolódott bele Szily ebbe az igen szép és mind elméleti, mind pedig gyakorlati szempontból igen fontos kérdésnek a vizsgálatába. Mindenekelőtt kíméletlenül rámutatott az elmélet hibáira. Így elsősorban bírálta Martin azon hipotézisét, hogy a legjobb propellerfelületnek ún. konoid felületnek kell lennie. Szily kimutatta, hogy a konoid felület nem tesz eleget a Mac-Laurin és Euler által megadott fenti összefüggésnek. Másodszor bebizonyította, hogy minden tetszőleges felületen van egy egész sora — de csakis egy bizonyos sora — az olyan görbe vonalnak, a melyek eleget tesznek az Euler-féle egyenletnek. Végül kimutatta, hogy egy propellerfelület, mely konoid és amellet szimmetrikus a forgástengelyre, csak egy van, az Archimedes-féle csavarfelület. Szily ugyanakkor elismerte a kérdés igen nehéz voltát,

és éppen ezért azt Martinnál egyszerűbben tette fel. Szily a legjobb propeller kérdését az alábbi egyszerűbb alakban fogalmazta meg: »Kérdés, hogy egy Archimedes-féle csavar nagyobb erővel fog-e egy hajót hajtani, mint bármilyen más ugyanilyen méretű felület természetesen azon mellékfeltétel figyelembevételével, hogy a különböző felületek forgatási sebességei egymással egyenlők.« Szily megmutatta, hogy a propellernek a haladás irányába kifejtett nyomáskomponense egy kettős integrállal számítható ki. Meghatározta az integrál maximumát bizonyos konoid felületek, ill. az Archimedes-féle csavar esetében és azt találta, hogy bizonyos esetekben igennel kell a feltett kérdésre válaszolni, vagyis az Archimedes-féle csavar egyes konoid felületeknél jobbnak bizonyul. Számításaiban a variáció kalkulust használta fel, és a kérdéskör természetének megfelelően maximumokat keresett. Tekintettel azonban arra, hogy a kifejezés második variációjának beható vizsgálata hosszas és fáradságos munkát igényelt, Szily csak egyes esetekben vitte azt maradéktalanul keresztül és így eredményei kétségtől kifogásolhatók. Az csak természetesnek mondható, hogy Martin nem hagyta megjegyzés nélkül Szily munkájának ezen hiányosságát. Válaszában ironikus hangon bírálta Szily eredményeit, és az általa alkalmazott variációs módszert felesleges és haszontalan nagyvonalúságnak tartotta. Bár ez utóbbiban kétségtelenül Szilynek volt igaza, mégis helyénvalónak kell tartanunk Martin ellenvetéseit annál is inkább, mert ezzel megteremtette egy igen termékeny tudományos vita megindulásának a lehetőségét. Így kapcsolódott bele a vitába Réthy Mór professzor, aki a Szily által megadott nyomásformulát egyszerűbbel helyettesítve exakt vizsgálat alá vette a második variációkat is. Nem feladatunk ezzel a rendkívül érdekes kérdéssel részletesebben foglalkozni, de még megemlítjük, hogy a későbbiek folyamán több magyar matematikus és fizikus foglalkozott vele és nyugodtan mondhatjuk, nem eredménytelenül.

Elsősorban a mechanika szempontjából jelentősek Szily Kálmán azon dolgozatai (6), (7), (8), (9), melyek az általa szerkesztett Műegyetemi Lapokban jelentek meg az 1876—77-es években. Ezek a munkák azt bizonyítják, hogy Szily nemcsak ismerte az analitikus mechanika teljes apparátusát, hanem alkotó módon tovább is fejlesztette azt. Említett értekezései nyilvánvalóan a fő cél, a mechanikai hőelmélet megalapozása érdekében születtek meg. Nem lehet feladatunk ezen dolgozatok külön-külön való részletes elemzése, ezért csak a dolgozatokban közös és a későbbiekben általa is felhasznált eredményeket ill. gondolatmenetet említjük.

Első két dolgozatában egy dinamikai tételt bizonyított be, amely arra az esetre vonatkozik, amikor egy tetszőleges mechanikai pontrendszerrel egy τ időtartam alatt dQ energia mennyiséget közölve annak mozgásjellemzői folytonosan növekednek. Ha a dt idő alatt közölt energia

$$\frac{dQ}{\tau} dt,$$

akkor ez a pontrendszer állapothatározóinak az alábbi perturbációját hozza létre,

$$\sum_i m_i (x_i \delta x_i - \ddot{x}_i \delta x_i + \dot{y}_i \delta y_i - \ddot{y}_i \delta y_i + \dot{z}_i \delta z_i - \ddot{z}_i \delta z_i) \frac{dt}{\tau},$$

hol x_i, y_i, z_i a pontrendszer i -edik tömegpontjának helyzetét, $\dot{x}_i, \dot{y}_i, \dots, \dot{z}_i$ pedig a pontrendszer i -edik tömegpontjának sebesség és gyorsulás komponenseit jelölik. Ha a τ idő alatt a pontrendszerrel közölt energiát dQ -val jelöljük, akkor a Szily által bebizonyított tétel szerint

$$dQ = \tau d\bar{Q} = \delta(2\tau\bar{T}) - \left[\sum_i m_i (x_i \delta x_i + y_i \delta y_i + z_i \delta z_i) \right],$$

ahol \bar{T} a perturbálatlan rendszer τ időtartamra vonatkozó közepes kinetikus energiáját jelenti. A substitúció jele fölé és alá írt jelzők az utána következő mennyiségek $t=0$ időbeli és $t=\tau$ időbeli értékeit ábrázolják. Réthy Mór megmutatta, hogy ha a ható erők potenciálja nem csupán a koordináták függvénye, hanem pl. másodrendű homogén függvénye a sebességeknek is, akkor Szily fenti tétele az alábbi általánosabb alakba írható:

$$\tau d\bar{Q} = \delta[2\tau(\bar{T} - \bar{D})] - \left[\sum_i \frac{\partial(T-D)}{\partial x_i} \delta x_i \right],$$

ahol D az általánosított potenciálnak az a része, mely a sebességi komponenseket másodrendű homogén alakban tartalmazza. Szily felhasználja Réthy ezen általános eredményét és megállapítja a D'Alembert-féle elv egy új alakját. Szily vizsgálatai szerint minden spontán mozgásra érvényes az alábbi egyenlet, melyet ő először a D'Alembert elv új alakjának, majd később a dinamika energia elvének nevez,

$$dK + \Sigma(X dx + Y dy + Z dz) + Idt = 0.$$

Itt dK a háborítatlan ún. spontán mozgást végző pontrendszer mozgási energiájának infinitézimális változása, a szumma alatti kifejezés ezen változás közben végzett munka összege, I pedig egy ismeretlen függvény, melynek dimenziója megegyezik az erő és sebesség szorzatának méretével. Tehát lényegében ami az egyenlet baloldalán dK után áll, az a pontrendszer dt idő alatt végzett munkáját jelenti. Végül Szily meghatározza az új D'Alembert elvnek megfelelő mozgásegyenletek alakját és ezt a következő alakban kapja meg:

$$m \frac{d^2 x_i}{dt^2} = \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial D}{\partial \dot{x}_i} \right) - \frac{\partial D}{\partial x_i} - \frac{\partial V}{\partial x_i},$$

ahol V a sztatikai potenciál. Mivel ezeket az egyenleteket az elektrodinamikában Gauss, Weber és Riemann (17) abból a föltevésből vezetik le, hogy az elektromos erők potenciálja nemcsak a koordinátáktól, hanem a sebességektől is függ, így ők elejtették a newtoni potenciál fogalmát és kibővítették azt a dinamikai potenciállal. Ilyen föltevés mellett Newton törvénye természetesen érvényét veszti, azaz nem alkalmazható az elektrodinamikában. Szily megmutatja, hogy Gaussék hipotézise egyenértékű azzal, hogy az általános potenciálból származtatható erők munkája a sebességkomponensek variációitól is függ. Szily munkájának lényege mármost az, hogy Gauss és Weber tárgyalásmódjától eltérően ő nem a newtoni potenciált bővíti ki a dinamikai potenciállal, hanem a K kinetikus energia fogalmát általánosítja. Leszögezi, hogy a két tárgyalási mód egyaránt a fenti mozgásegyenletekhez vezet, de az ő eljárása a Newton-féle erőtvény régi alakját nem bontja meg.

Szily ezen vizsgálataiból kiderül, hogy a mechanikus természetfelfogás feltétlen híve volt és mindent elkövetett annak az érdekében, hogy a különböző természeti jelenségeket a newtoni mechanika törvényeivel magyarázza meg. Az természetes, hogy elvben — legalábbis a speciális relativitás elméletének felismerése előtt — Szily eljárása Gauss és Weber felfogásával szemben teljesen egyenértékű volt. Egy igen lényeges kérdés azonban már Szily Kálmánt is gondolkodóba ejtette nyert eredményeivel kapcsolatban. Ugyanis a kinetikus energia fogalmának Szily által adott általánosítása nem oldja meg azt a fontos kérdést, hogy annak melyik alakja az, amely az elektrodinamikai jelenségeknek megfelel.

II. Termodinamikai tárgyú értekezések

Az energia fogalmának kialakításában a természet mechanisztikus felfogásának jelentékeny szerep jutott. Az első lépést ebben az irányban Davy-nek az egymáshoz dörzsölt jégdarabokkal végzett híres kísérlete jelentette, amely a hó fluidum elméletének végleges megdöntéséhez vezetett. Másrészt Joulenak a hó és munka ekvivalenciájára vonatkozó mérései után egyre nyilvánvalóbbá vált, hogy a hó semmi egyéb, mint a molekulák ill. atomok rendszertelen mozgásának egyik makroszkopikus megnyilvánulási formája. A munkának hővé való átalakulását a XIX. század fizikusai úgy fogták fel, hogy a látható makroszkopikus mozgás az átalakulás folyamán a testeket alkotó korpuszkulák mikroszkopikus mozgásába megy át. Euler szerint nem történik más, mint amikor a nagy pénz felváltódik aprópénzre. Továbbá az a tény, hogy az energia megmaradásának az elve a mechanisztikus felfogásból

az ismert módon könnyen dedukálható, csak megerősítette azt a nézetet, hogy a legáltalánosabb absztrakciót nem az energia fogalmában, hanem a természet mechanisztikus felfogásában kell látni. Ezen felfogás szolgált alapul a »modell fizika« kialakításához és a természet mechanisztikus felfogásához. A legnagyobb fizikusok egész sora, így Faraday, Maxwell, W. Thomson az elektromosságtant, Helmholtz és Clausius pedig a hőelméletet igyekeztek mechanisztikus modellekre építeni. Ma már tudjuk, hogy ezek a próbálkozások nem vezettek eredményre sem az elektromosságtan sem pedig a hőelmélet területén. A különböző típusú és minőségileg is különböző mozgásformákkal kapcsolatos fizikai jelenségek leírása nyilvánvalóan nem történhet meg egyetlen séma szerint. Az azonban kétségtelen, hogy mindkét elmélet igen sokat köszönhet a mechanisztikus természetfelfogásnak mind fogalmai kialakulását, mind pedig alaptörvényeinek mélyebb megértését illetően. Sőt a kinetikus elméletek és a statisztikus fizika kiépítése és megalapozása legnagyobb részben az említett mechanisztikus felfogás egészséges hajtásaként fejlődött ki.

Az 1850–60-as években tűnt ki először, hogy a mechanisztikus felfogás sebezhető, mégpedig — ahogyan az általában lenni szokott — éppen ott, ahol legerősebbnek vélte magát, ti. a hőelméletben. A hőmérséklet fogalmának kielégítő értelmezését sikerült ugyan megadni, de áthidalhatatlan nehézséget okozott a termodinamika II. főtételének mechanisztikus értelmezése. A tisztán mechanikai folyamatok szembevethető reverzibilis karaktere alapján az irreverzibilis termodinamikai processzusok értelmezése lehetetlennek bizonyult. A felmerült kérdések pozitív megoldása igen nagy horderejű lett volna elméleti és gyakorlati szempontból egyaránt. Lehetővé tette volna a termodinamika alapfogalmainak és tételeinek világos kifejtését és magyarázatát. Megoldotta volna az időben változó, tehát szó szerinti értelemben vett termodinamika kidolgozása előtt álló nehézségeket, és így egy gyakorlatilag fontos diszciplinával — amellyel teljes egészében még ma sem rendelkezünk — gazdagította volna a fizika tudományát.

Az elmondottak alapján érthető, hogy sokan — és közöttük valóban a legkiválóbbak — foglalkoztak azzal, hogy a termodinamika II. főtételét a mechanika általános elveiből levezessék. A mechanika általános és az anyagi test speciális vonásaitól mentes elveinek ismeretében a fizikusok birtokában voltak egy olyan formarendszernek, melynek segítségével reményeik lehettek az említett kérdés sikeres megoldására. A feladatot először úgy fogalmazták meg, hogy lehetséges-e olyan mechanikai rendszereket konstruálni, melyek irreverzibilitást mutatnak. Így születtek meg Helmholtz monociklusos rendszerei, Rankine köráram modelljei, majd Boltzmann és Clausius periodikus, ill. kvázi-periodikus mozgást végző konstrukciói. Ezek a modelles próbálkozások azonban teljesen

eredménytelenek és a valósággal össze nem egyeztethetők voltak. Manapság nyugodtan mondhatjuk, hogy ezek voltak a mechanisztikus felfogás legterméketlenebb próbálkozásai. Mástermészetű vizsgálatok a II. főtétel közvetlen mechanikai interpretációját igyekeztek megadni, a mechanika általános elveinek segítségével. Így Boltzmann (19) (1866) a legkisebb hatás elvéből igyekezett a II. főtételt levezetni. Clausius (20) (1871) és Helmholtz (21) (1882) szintén hasonló utakon járt. Bár ezek a próbálkozások sem értek el végleges eredményt, azaz nem sikerült a termodinamika felépítése a mechanika képére és hasonlatosságára, mégis e vizsgálatok igen sok részlet-eredménye ma is általánosan elfogadott.

Kétségtelen, hogy az említett kérdés megoldásával csak azok foglalkozhattak a cél sikeres elérésének a reményében, akik a korabeli fizika főbb diszciplináit, elsősorban a mechanikát és a hőtant alaposan ismerték. Ezek alapján nem véletlen, hogy hazánkban Szily Kálmánnak jutott az a szerep osztályrészül, hogy a mechanikai hőelmélet megalapozásával foglalkozzék a kor tudományos színvonalának megfelelő szinten. Így 1867-ben a M. T. Akadémia levelező tagjává való választásakor székfoglaló értekezésében (10) a hőelmélet első és második törvényének általános matematikai alakban való megfogalmazására vállalkozott Szily és a matematikai forma általánosításától a fizikai lényegbe való mélyebb bepillantást várja és keresi. A fizikai fogalmak lényegét és tartalmát illetően a matematikai forma fontos szerepét és a tartalommal való — lényegében dialektikus — egységét említett munkájában a következőképpen fejezi ki: »Minél szabatosabb a mérték, mely a physikai fogalmat matematikailag kifejezi, minél jobban fűzi az emezt könnyen érthető és kezelhető fogalmakkal egybe, annál jelentékenyebbek lesznek az eredmények, melyek a mathésis beavatkozásától várhatók.« Nem részletezzük Szily közel húsz oldalas munkájának gondolatmenetét — ugyanis annak eredményei Clausius és Kirchoff munkái nyomán általánosan ismertek —, de megemlítjük, hogy Szily tanulmányában a termodinamikai összefüggések olyan általános formáival ismerkedtünk meg, melyek nagy segítségére lehetnek a bonyolultabb hőtani kérdésekkel foglalkozó fizikusoknak és energetikusoknak még napjainkban is. Különösen komoly értéket képviselt Szily munkája a múlt századbeli magyar tudományos irodalom számára azért, mert a második főtétel általános alakjának levezetése során a szerző Clausius fogalmazását tisztán, sőt nagynevű elődjénél kristályosabb formában adja vissza, végül az abszolút hőmérséklet fogalmát és annak bevezetését példás precizséggel oldja meg.

Miután Szily a hőelmélet formai vonatkozásait tisztázta, azok számítási technikáját tökéletesen elsajátította, valamint tartalmilag a kérdéskört mélyen megértette, hozzáfogott fő célja megvalósításához, a mechanikai hőelmélet megalapozásá-

hoz. Annak igazolására, hogy Szily kétséget kizáróan és tudatosan a mechanikai hőelmélet lelkes híve volt, álljon itt bizonyágként egy 1872-ben megjelent dolgozatának (11) néhány bevezető sora: »A physikai tudomány újabbkori fejlődésének története határozottan amellet bizonyít, hogy csak oly elméletek képesek a tünemények megnyugtató magyarázatára vezetni, melyek mechanikai elvekre vannak alapítva.« Valamivel később pedig a hőelmélet II. főtételének a mechanika valamely principiumára való visszavezetésével kapcsolatban a következőket írja: »Mert ha a melegség csak egy különös neme a mozgásnak, úgy a legáltalánosabb mozgásra vonatkozó egyenletekben benne kell foglalva lennie a hőtán minden egyenletének is.«

A fizika klasszikusainak — L. Boltzmann-nak és Clausiusnak kérdésfeltevései alapján — Szily a megoldandó feladatot a következőképpen fogalmazta meg: »melyik mozgási egyenlet vezet, bizonyos speciális esetben, a hőelmélet második főtételére, vagy viszont a második főtétel melyik dinamikai egyenletre vezethető vissza«. Boltzmann és Clausius munkáikban (19), (20) a legkisebb hatás elvét hasonlítják össze a termodinamika II. főtételével. Szily a Hamilton-elvnek mint a legáltalánosabb dinamikai elvnek a II. főtétellel való kapcsolatát vizsgálja (11). E célból az anyagi pontoknak olyan konzervatív rendszerét tekinti, amely rendszer egy mozgáspályájára

nézve a Maupertius-féle elv $\delta A = \delta \int_0^{\tau} 2 T dt = 0$ alakban érvényes, vagyis egy pálya mentén az

$$A = \int_0^{\tau} 2 T dt$$

hatás állandó. Itt T jelenti a rendszer kinetikus energiáját és τ a rendszer mozgásának időtartamát a pálya két pontja között. Továbbá feltételezi, hogy egy pályán való mozgáskor a rendszer összenergiája állandó, azaz

$$E = T + U = \text{áll.},$$

ahol U a rendszer potenciális energiája. Szily azt az esetet vizsgálja, amikor az A hatás variációja független a kezdet és a végállástól, mert ekkor Hamilton elve két különböző pályára nézve az alábbi egyszerű alakban fejezhető ki

$$\delta A = \tau \delta E,$$

vagyis a hatás variációja egyik pályából a másikba való átmenetnél egyenlő az átmenet időtartamának és az összes energia variációjának a szorzatával. Ha \bar{T} jelöli a rendszer kinetikus energiájának τ időtartamra vonatkozó átlagát, akkor

$$\bar{T} = \frac{1}{\tau} \int_0^{\tau} T dt$$

azaz a fentiek szerint

$$A = 2 \tau \bar{T},$$

tehát

$$\tau \delta E = \delta (2 \tau \bar{T}),$$

amiből következik

$$\delta E = \bar{T} \delta \log (\tau \bar{T})^2.$$

Ha most elvégezzük a $\delta \rightarrow d$ operátor szubsztitúciót és \bar{T} helyett egyszerűen T -t írunk, nyerjük

$$\frac{dE}{T} = d \log (\tau T)^2.$$

Alkalmazzuk most az egyenletet egy körfolyamatra, ekkor T -nek a körfolyamat végén ugyanazon értéke van, mint az elején és így írhatjuk

$$\oint \frac{dE}{T} = 0.$$

Ez az egyenlet pedig kétségtelenül azonos a Clausius által 1854-ben konzervatív körfolyamatokra megadott és a hőelmélet II. főtételét kifejező egyenlettel. Könnyen belátható, hogy disszipatív rendszerben, tehát ahol energia disszipáció lép fel, az exisztáló irreverzibilis feszültségek miatt a Hamilton-elvet az alábbi alakban kell felvenni

$$\delta A = \tau (\delta E + \delta R),$$

ahol δR az irreverzibilis feszültségek legyőzésére felhasznált energiát jelenti. Mivel $\delta R > 0$ ha irreverzibilis feszültségek is jelen vannak a rendszerben, így a fenti egyenlőség a következő egyenlőtlenséggé fajul

$$\oint \frac{dE}{T} < 0.$$

Ez az egyenlet pedig nem más mint a Clausius által disszipatív körfolyamatokra felállított és a termodinamika II. főtételét ilyen esetekben kifejező egyenlőtlenség. Szily levonhatta tehát azt a tanulságot, hogy »amit a termodinamikában második főtételnek nevezünk, nem egyéb mint a dinamikaiban a Hamilton elv«.

Szily ezen eredménye külföldön is igen nagy elismerésre talált a kor vezető tudósai között. Így pl. G. H. Bryan (18) is elismeréssel emlékezik meg Szily németül is megjelent eredményéről. Megjegyezzük, hogy ez időben külföldön járt magyar fizikusok a második főtétel ezen ismert formáit nem ritkán hallották Clausius—Szily néven említeni.

Jelen dolgozathoz teljesen hasonlóan mechanikai feltevésekből indul ki Szily az Akadémia rendes tagjai közé való választásának székfoglaló értekezésében (12) is. Nem a fizikusra, hanem a

nagy tudós emberi vonásaira emlékezünk akkor, amikor e dolgozat szerény és gyönyörű magyar nyelvzettel megírt bevezető sorait olvassuk; Emlékezzünk!»: »A magy. tud. Akadémia már két ízben tüntette ki csekély személyemet, mind a kétszer érdemeimen felül... Sem először, sem utóbb nem voltak még érdemeim, legalább kellő érdemeim nem, hogy annyi kitűnőség között méltóan foglalhassak helyet. Kitüntetés, melyre nem szereztünk érdemet, igen nehéz megköszönni. A köszönetnél talán inkább helyén van az ígéret, hogy a meg nem érdemelt jutalmat legalább utólagosan törekszünk kiérdemelni.« Néhány sorral később az axiómáknak a fizikai elméletekben való szerepét hangsúlyozza a következő szavakkal: »Nincs olyan elmélet s nem is lesz soha, mely a be nem bizonyítható, meg nem magyarázható alapfeltevéseket, axiómákat egészen nélkülözhetné.« Szily világosan látja, hogy a termodinamikát, mely kétségtelenül az egyik legbonyolultabb és a legszerteágazóbb területe a fizikának, az egységes és precíz tárgyalásmód, de nem kevésbé az elmélet további kiépítése érdekében is feltétlenül axiómákra kell építeni. Az első és különösen a második főtételek kapcsolatban megállapítja, hogy azok olyan komplikáltak, hogy axiómáknak semmi esetre sem fogadhatók el. Valóban ma már jól tudjuk, hogy a Caratheodory és Ehrenfest Afanassjeva által kidolgozott axiomatikus termodinamika a főtételeket nem tekinti axiómáknak. Szily ezután felsorolja azon kiegészítő elveket, melyeket abban az időben főleg Clausius, Thomson, Belpaire, Rankine és Boltzmann munkái nyomán általánosan ismertek és amelyekből a II. főtétele levezethető. Végül felteszi a kérdést »De vajon nem lehetne-e a második fő elvet egyenesen az első fő elvből, minden további föltevés statuuálása nélkül levezetni?«

Ezzel a kérdéssel Szily előtt csak Rankine és Clausius foglalkozott, de eredményeik gyökeres ellentmondásra vezettek. Rankine szerint a II. főtétele feltétlen következménye az elsőnek, míg Clausius a két alaptételt különálló független principiumoknak tekinti. Rankine (22) és Clausius (23) vizsgálataival kapcsolatban két dolgot kell megjegyezünk. Először sem Rankine sem pedig Clausius nem tette komoly vizsgálat tárgyává a szóbanforgó kérdést. Másodsor Rankine az úgynevezett molekuláris vortexek hipotézisére építve adott pozitív választ, míg Clausius negatív válasza inkább a fenomenológikus termodinamika ismeretéből fakadt. Bár nyilvánvaló, hogy módszerekbeni különbözőségek nem vezethetnek ellentétes eredményekre — legalábbis ha önmagukban helyesek —, mégis érdemes ezt a kérdést, elsősorban Szily vizsgálatainak értékelése miatt, mai ismereteink alapján részletesen megvizsgálni.

A fenomenológikus termodinamika szerint az első főtétele kizárólag energetikai jellegű megállapításokat tartalmaz és lényegében nem más, mint az energia tétel egy igen általános alakja. Az első főtétele csak a hőnek a mechanikai munká-

val való egyenértékűségét állítja, de azok egymásba való átalakíthatóságuk természetéről nem mond semmit. Ezzel ellentétben a második főtétele az energiaátalakulások Pfaff-féle formáinak integrálhatóságán keresztül a hőnek mechanikai munkává való átalakíthatóságának a mennyiségi viszonyait határozza meg. Mivel mindkét tétel makroszkopikus mennyiségek közötti relációk segítségével van megadva a fenomenológikus elméletben, így nem csodálatos, hogy a második főtételek az elsőnél lényegesen többet mondó volta egy fenomenológikus elméletben az elsőből nem dedukálható. Lényegesen más lehet azonban a helyzet egy mechanikai modellekre épülő és a molekuláris felépítettséget figyelembe vevő elméletben. Az ugyanis senki előtt sem kétséges, hogy ismerve az egyes molekulák mozgását és a rájuk ható erőket, mikroszkopikusan mind az első, mind pedig a második főtétele — legalábbis elvben — értelmezhető. Valószínűleg ebből eredt az a két ellentétes álláspont, amely Rankine ill. Clausius nézeteiben tükröződik. Szily Rankine-hoz hasonlóan, de nála jóval általánosabban, az említett kérdésre a testek molekuláinak mechanikai viselkedését vizsgálva szintén pozitív választ adott.

Az elmondottak alapján a kérdés manapság már kevésbé időszerű, mégis a Szily által adott bizonyítás rendkívül figyelemre méltó. Különösen fontosak lehetnek — a mai időkben ismét felbukkanó hasonló természetű de más célú vizsgálatoknál — Szily azon feltételei, melyeket rögtön a dolgozat elején tesz. Jelölje ξ ill. η egy fizikai test két makroszkopikus és egymástól független állapothatározóját, valamint T és U a test molekuláinak összes kinetikus és potenciális energiáját, akkor Szily szerint mindaddig, míg a test állapota változatlan,

$$\delta\xi = 0; \quad \delta\eta = 0;$$

és ugyanaddig

$$\delta T = 0 \text{ és } \delta U = 0.$$

Most ha x_i, y_i, z_i -vel jelöljük a test részecskéinek koordinátáit a $t = 0$ időpillanatban, akkor a $\delta T = 0$ egyenlet az alábbi alakban írható fel,

$$1. \quad \sum_i m_i (\dot{x}_i \delta x_i + \dot{y}_i \delta y_i + \dot{z}_i \delta z_i) = 0.$$

Továbbá az olyan test, melynek állapota változatlan, külső munkát nem végez, ebből pedig következik, hogy

$$2. \quad \delta U - \sum_i m_i (\dot{x}_i \delta x_i + \dot{y}_i \delta y_i + \dot{z}_i \delta z_i) = 0,$$

vagyis a $\delta x_i, \delta y_i, \delta z_i$ elmozdulások közben végzett munkák összege egyenlő a potenciális energia megváltozásával. Ezen két egyenlet segítségével, mint azt Szily megmutatja, gyorsan nyerjük az alábbi harmadikat is.

$$3. \sum_i m_i (\dot{x}_i dx_i + \dot{y}_i dy_i + \dot{z}_i dz_i) = 2 T. dt.$$

Az 1. 2. és 3. alatti egyenletek nyilvánvalóan addig és csak addig lesznek érvényesek, amíg a test makroállapota változatlan. Szily ezután a test állapotváltozásait leíró egyenleteket adja meg. Legyen a test kezdeti állapota a ξ_0, η_0, T_0, U_0 és $x_i^0, y_i^0, z_i^0, \dot{x}_i^0, \dot{y}_i^0, \dot{z}_i^0, \ddot{x}_i^0, \ddot{y}_i^0, \ddot{z}_i^0$ stb. mennyiségekkel megadva $t = 0$ -kor, vagyis az időszámítás kezdetén. Ekkor ezek a mennyiségek eleget tesznek az 1. 2. 3. alatti egyenleteknek. Majd a $t = 0$ időpillanattól fogva közöljünk energiát a testtel. Ekkor az változó állapotba jut. Menjen így a test τ idő alatt Q energiaközlés hatására ξ_1, η_1 ill. T_1, U_1 állapotba egy tetszőleges $\eta = f(\xi)$ állapotpályán. Szily munkájában megadja ugyanazon (ξ_0, η_0) kezdőállapottól ugyanazon végállapotba (ξ_1, η_1) való állapotváltozásoknak egy olyan sorát, amely az előző pályától infinitézimálisan különböző pályán megy végbe, de ugyanazon τ idő alatt. Továbbá meghatározza azon dQ energiamentiséget, amivel a második pályán többet kellett a testtel közölni mint az elsőn. Végül a következő eredményre jut

$$4. \frac{dQ}{\Theta} = 2 d \log (\tau \Theta)$$

ahol

$$\Theta = \bar{T} - T_1 + T_0;$$

most \bar{T} a kinetikus energia egy bizonyos τ időtartamra vonatkozó középértéke, mégpedig éppen arra vonatkozó, amely alatt az átmenet egyik pályáról a másikra történt. A T_0 és T_1 mennyiségek pedig állandók. Integrálva a 4. alatti kifejezést egy kezdeti és egy végállapot között, nyerjük

$$\int_0^\tau \frac{dQ}{\Theta} = 2 \log \frac{(\tau\Theta)_\tau}{(\tau\Theta)_0}$$

ill. egy körfolyamat esetében

$$\oint \frac{dQ}{\Theta} = 0.$$

Szilynek ezen eredménye kétségtelenül azonosítható Clausius eredményével, ha a test összes kinetikus energiáját jelentő Θ mennyiséget azonosítjuk a T abszolút hőmérséklettel. Szily szerint: »Nálunk tehát a test összes mozgási erélyét; Clausiusnál pedig az abszolút mérsékletet jelenti; e két mennyiség azonban kétségtelen arányos egymással. Kellően választva a mértékegységeket, az abszolút mérsékletet ekként definiálhatjuk tehát: a test tömegességének mozgási erélye.«

Összehasonlítva Szily ezen eredményét a kinetikus gázelmélet alapján értelmezett T abszolút

hőmérsékleti felfogással, azt mondhatjuk, hogy Szily eredménye jóval általánosabb alapokon nyugszik, hiszen nincs kötve az ideális gáz speciális modelljéhez. Az azonban kétségtelen, hogy az utóbbi tárgyiasabb és így jobban szembeütő értelmezést ad. Mivel Szily ezen eredményét egyedül az energia megmaradás elvére alapította, így nyilvánvaló, hogyha elfogadjuk a test részecskéi összes kinetikus energiájának az abszolút hőmérsékletként való interpretációját — amit nyugodtan megtehetünk a kinetikus gázelmélet hasonló eredményére való tekintettel —, akkor egyetérthetünk Szily Kálmán következő záró soraival: »Mindezeknél fogva azt hisszük, sikerült megmutatnunk, hogy a hőelmélet második főtétele az elsőből, minden további hipotézis nélkül is levezethető.«

III. Szily Kálmán munkái a jelenkori irodalom tükrében

Bár Szily Kálmán munkáinak értékelését mind a korabeli mind pedig a jelenlegi ismereteink alapján igyekeztünk már eddig is megadni, mégis szükségesnek tartjuk — legalábbis ami a mechanikai hőelmélet megalapozásával kapcsolatos eredményeit illeti — néhány szóban a legújabb vizsgálatok tükrében munkáinak célját és eredményeit megvilágítani.

Manapság nem kétséges, hogy a természet mechanisztikus felfogása, sok hiányossága, sematikus és nem utolsósorban metafizikus jellege mellett is számtalan pozitív eredménnyel gazdagította a fizika tudományát, és sok esetben jó irányban befolyásolta fizikai világképünk helyes kialakulását. Ezen nézetünk igazolására megemlítjük, hogy ebben az időben a legtöbb nagy és elsősorban haladó fizikus a mechanisztikus természetfelfogást vallotta magáénak. Aki nem volt ezen a véleményen, mint pl. Mach (24), az az idealizmus legmélyebb mocsarába süllyedt. Mach előítéletnek tartja azon nézetet, hogy a mechanika a fizika valamennyi ágának az alapja és hogy valamennyi természeti jelenség mechanisztikusan magyarázandó. Másrészt Boltzmann az entropia statisztikus értelmezésével kapcsolatban kimutatta, hogy a meg nem fordítható, irreverzibilis folyamatok megfordítása ha elvben nem is lehetetlen, de mindenestre rendkívül kevéssé valószínű. Az természetes, hogy ezek a vizsgálatok a mechanikus természetfelfogással összeegyeztethetetlenek és így nem csodálatos, hogy közvetlenül Boltzmann munkáinak megjelenése után a mechanisztikus természetfelfogás hívei erősen megfogytak. Ennek ellenére többen igyekeztek a mechanika képére és hasonlatosságára egy szó szerinti értelemben vett termodinamikát kiépíteni. A mechanikai mozgásegyenletekhez hasonló alakú termodinamikai egyenletek felállítása azonban meglehetősen hosszas fáradozások után sem sikerült. Az eredménytelen próbálkozások kap-

csán manapság általánosan elterjedt felfogás, hogy a mechanika és a termodinamika törvényei lényegesen különböző alkatúak, és így nem is vezethetők vissza közös alapra. Ha részletesen átnézzük az ilyen irányú irodalmat, akkor még kell azonban állapítanunk, hogy az említett próbálkozások nagy része speciális mechanikai modellekre és a priori hipotézisekre van építve. Kivételt szinte kizárólag Boltzmann és Szily már említett munkái képviselnek. Ezek a munkák, bár nem hozták meg a várt eredményt, azaz nem sikerült a szerzőknek kidolgozni a mechanikai egyenletekhez hasonló termodinamikai mozgásegyenleteket, de eredményeikben igen általánosak és kétségtelenül helytállóak. Boltzmann és talán még inkább Szily megtalálták azt az általános érvényű kapcsolatot, amely egy mechanikai hőelmélet kidolgozásának az alapjául szolgálhat. Az ő vizsgálataik nem épülnek semmiféle speciális mechanikai modellre, és levezetésekben nem használnak semmiféle hipotézist. Manapság nyugodtan állíthatjuk tehát, hogy annak dacára, hogy a mechanisztikus hőelmélet megalapozása speciális és sematikus mechanikai modellek segítségével nem sikerült, nem bizonyíték a felfogás lényegének helytelensége mellett. A természeti jelenségek sokfélesége nem is engedheti meg egy ilyen sablonos eljárás helyességét. Ha ez így van, akkor az említett kérdés még manapság sem tekinthető lezártnak — és a legutóbbi évtizedek próbálkozásait tekintve nincs is lezárva —, akkor nyugodtan állíthatjuk, hogy Szily Kálmán ilyenirányú vizsgálatainak még fontos szerep fog jutni.

A legutóbbi időkben L. Onsager (25), H. B. G. Casimir (26) és S. R. de Groot (27) az irreverzibilis termodinamika kiépítése terén számos olyan eredményre jutottak, amelyek nagy hasonlóságot mutatnak a klasszikus mechanika egyes törvényeivel. Így pl. Onsager az irreverzibilis folyamatok alapvető összefüggéseiben nagy szerepet játszó ún. reciprocitási relációkat a mikroszkopikus reverzibilitás hipotézisének segítségével, azaz egy tisztán mechanikai karakterű feltételnek a segítségével kapta meg. Még fontosabb, hogy 1953-ban K. Popov (28) ugyanezeket az összefüggéseket a newtoni mozgásegyenlet logikus következményeként közvetlen módon is megkapta. Nem kívánjuk felsorolni a neves szerzők egész sorát, akik számtalan formai hasonlóságra hívták fel a figyelmet és amelyeket nem tartanak véletlennek. Feltétlen megemlítendő azonban S. Machlup (29) eredménye, aki a termodinamikai általános erőnek a múlt évben, egy a mechanikai D'Alembert-féle erőhöz teljesen hasonló alakját állapította meg. Továbbá az irreverzibilis, azaz nem-sztatikus termodinamika integrál elvei, mint pl. az energia legkisebb disszipációjának az elve szintén nagy hasonlóságot mutat a mechanikai integrál elvekkel.

Az elmondottak alapján még egyszer hangsúlyozzuk, hogy az eredménytelen kísérletek elle-

nére a mechanikai hőelmélet kidolgozásának a lehetősége még ma is nyitott kérdés. Természetesen ma nem a hagyományos termodinamika — azaz lényegében termostatika — speciális mechanikai modelleken nyugvó kiépítésére gondolunk, hanem annak a szerencsés körülménynek a lehetőségére, hogy a mechanika általános — a fizikai testek speciális tartalmi jegyeitől mentes — mozgásegyenleteinek az alkalmazása sajátos termodinamikai paraméterekre, eredményre vezethet az időben változó termodinamikai folyamatok leírását illetően. Szily Kálmán ilyenirányú vizsgálatait tehát nem tekinthetők még ebben az általános vonatkozásban sem lezártnak és hiábavalónak. A kérdés említett értelmű végleges eldöntése még hosszú kutatómunkába, fáradságba fog kerülni és eredményét illetően ma minden találgatás kilátástalan és így tudományellenes.

Befejezésül úgy érzem elmondhatjuk, hogy id. Szily Kálmán egész életével és munkásságával kiérdemelte azt, hogy 30 évvel ezelőtt azzal a tudattal hajthatta le megfáradt fejét — amelyet Poggendorff halálának emlékezte alkalmából a neves tudósról ő mondott —, hogy »ki kora legjobbjainak eleget tett, minden kornak élt.«

Gyarmati István

IRODALOM

1. *Hosvay Lajos és Tolnay Vilmos*: »id. Szily Kálmán emlékezete«. A Magy. Tud. Akadémia elhunyt tagjai fölött tartott emlékbeszédek. XXI. kötet 21. sz. 1933.
2. *id. Szily Kálmán*: »A Laplace-féle hangsebességi képlet lehozatala«. A Term. Tud. Társulat Közlönye. K. 5. K. 69. 1865.
3. *id. Szily Kálmán*: »A melegség mechanikai értékének pontos kiszámítása«. Uo. K. 24. 1886.
4. *id. Szily Kálmán*: »Adalék a pontmozgás tárgyalásához«. Mat. és Term. Tud. Értesítő. VII. K. 1889.
5. *id. Szily Kálmán*: »A telített gőz nyomásának törvényeiről«. Ért. a mat. tud. köréből. VII. K. 17. sz. 1880.
6. *id. Szily Kálmán*: »A hőelméletben előforduló mennyiségek dinamikai jelentéséről«. Műgyetemi Lapok II. K. 6. és 8. füzet. 1876.
7. *id. Szily Kálmán*: »A D'Alembert elvének egy új alakja és annak alkalmazása az elektrodinamikában«. Műgyetemi Lapok II. K. 1877.
8. *id. Szily Kálmán*: »Az energia elve a dinamikában«. Műgyetemi Lapok II. K. 1877.
9. *id. Szily Kálmán*: »Az energia elvének levezetése a Lagrange-féle mozgási egyenletekből«. Műgyetemi Lapok II. K. 1877.
10. *id. Szily Kálmán*: »A mechanikai hőelmélet egyenleteinek általános alakjáról«. Ért. a mat. oszt. köréből. I. K. 1. sz. 1867.
11. *id. Szily Kálmán*: »A Hamilton-féle elv és a mechanikai hőelmélet második főtétele«. Uo. 1872.
12. *id. Szily Kálmán*: »A hőelmélet második főtétele levezetve az elsőből«. Uo. 1875.
13. *id. Szily Kálmán*: Poggendorff Ann. K. 145. 295. l.
14. *id. Szily Kálmán*: Poggendorff Ann. K. 149. 74. l. 1873.
15. *id. Szily Kálmán*: Ergänzungsband VII. K. 154. l. 1875.
16. *id. Szily Kálmán*: Poggendorff Ann. K. 160. 437. l. 1877.

17. *Riemann—Hattendorf*: Schwere Elektr. und Magnetismus. 327. l.
 18. *G. H. Bryan*: Encyklopädie der Mathematischen Wissenschaften. V. 1. K. 148.
 19. *L. Boltzmann*: Sitzungsberichte 53. K.
 20. *R. Clausius*: Poggendorff Ann. 3. Heft. 1871.
 21. *H. Helmholtz*: J. f. Math. 97. 1884.
 22. *W. J. M. Rankine*: Phil. Mag. Ser. IV; Vol. 30.
 23. *R. Clausius*: Pogg. Ann. 1864.
 24. *E. Mach*: Mechanik 529. l. és Phys. Zeitschrift. 1910. 603. l.

25. *L. Onsager*: Phys. Rev. 37. 405. l. és 38. 2265. 1931.
 26. *H. B. G. Casimir*: Rev. of Mod. Phys. Vol. 17. Num. 2 and 3. 1945.
 27. *S. R. de Groot*: »Thermodynamics of irreversible processes«. North-Holland Publishing Company Amsterdam.
 28. *K. Popoff*: Izveztija na Matematiceszkija Insztitut. Tom. I. 1953. Szófia.
 29. *S. Machlup—L. Onsager*: Phys. Rev. Vol. 91. N. 6. 1953.

A FIZIKA TANÍTÁSA

Gázok hőkitágulási együtthatójának meghatározása a Melde-féle csővel

Gay—Lussac I. törvénye szerint $V_t = V_0 (1 + \beta t)$, ahol β a hőkitágulási együttható. Az összefüggés csak akkor érvényes, ha a gáz nyomása a hőmérséklet változtatása közben nem változik. A térfogatok és a hőmérséklet ismeretében β értéke kiszámítható.

β értékének kiszámításához szükséges térfogati adatok igen egyszerűen határozhatók meg a középiskolai szertárakban jól ismert Melde-féle csővel. A Melde-féle cső mintegy 60 cm hosszú, 0,2 cm belső átmérőjű, egyik végén beforrasztott üvegső. Ha a cső nyitott végét higanyba merítve gázlánggal melegítjük a bezárt levegőt, az kitágul és egy része a higanyon keresztül eltávozik. A melegítés megszüntetése után a külső légnyomás a helyére higanyszálat nyom bele a csőbe. Ilyen módon — kevés próbálkozással — elérhető, hogy az 5–6 cm hosszúságú higanydugó mintegy 15–20 cm hosszú levegőoszlopot zárjon el a csőben (1. ábra). Ha a csőre két, elmozdítható jelet szerelünk (például néhány menetben rátekereselt drótot), kész az eszközünk.

A Melde-féle csövet zárt végével lefelé fordítva olvadó jégbe tesszük és megvárjuk, míg felveszi az olvadó jég hőmérsékletét. Az egyik jelzőgyűrűt a bezárt levegő és a higanydugó határáig toljuk. Ezután a csövet kb. 40°-ra felmelegített vízfürdőbe állítjuk és a közös hőmérséklet kialakulása után a második jelzőgyűrűvel ismét megjelöljük a bezárt levegőoszlop magasságát. A hőmérsékletet a vízfürdőben mérjük.

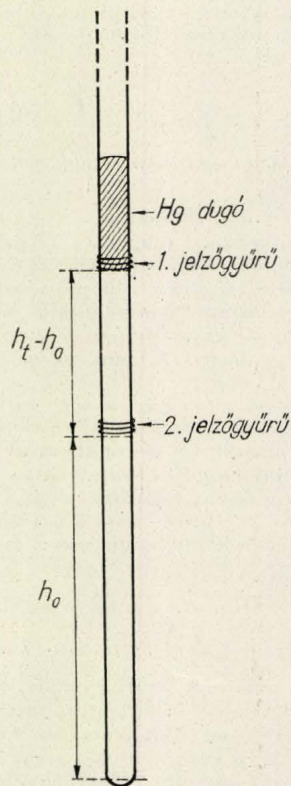
Ha a cső belső keresztmetszetének a területe q , akkor a kérdéses térfogatok $V_0 = h_0 q$ és $V_t = h_t q$, tehát

$$\beta = (h_t - h_0) : h_0 t$$

Méréseink szerint $h_t = 21,1$ cm, $h_0 = 18,3$ cm, $t = 41$ C°

$$\beta = 2,8 : 750,3 = 1/267,9$$

Ha a kísérletet többször megismételjük különböző hőfokú vízfürdővel és az így nyert β -értékek középértékét vesszük, 2–3%-on belüli értéket kapunk.



Vozáry Pálné
 Szeged, Radnóti Miklós
 gyakorló gimnázium

EGYESÜLETI ÉLET

BUDAPESTI ELŐADÁSOK

1955. tavaszi félév

Január 10. Jánossy Lajos (Bp. KFKI)

A relativitáselmélet óraparadoxonáról

A speciális relativitáselmélet három fontos és kísérletileg is megerősített következménye a távolságok Lorentz-kontrakciója (Michelson-kísérlet), a mozgó órák lelassulása (relativisztikus Doppler-effektus, μ -mezón bomlása) és a tömegnövekedés (nagysebességű elektronoknál). Általában a három jelenséget egymástól függetlennek tekintik, az elmélet egymástól független kísérleti bizonyítékeként tartják számon őket. Az előadó rámutat arra, hogy a mozgó órák lelassulása kapcsolatba hozható a tömegnövekedéssel. Az óra modelljéül a Bohr-féle hidrogénatomot fogadjuk el, az atom mozgásirányára merőleges keringési síkkal. Az, hogy az elektron a keringésen kívül az atom haladó mozgásában is részt vesz, járulékos tömegnövekedést eredményez. A megnagyobbodott tehetetlenség a keringés lelassulását, a kisugárzott fény frekvenciájának csökkenését idézi elő. Ha a tömegnövekedés relativisztikus képletét fogadjuk el, éppen a Lorentz-transzformációnak megfelelő idődilatáció áll elő.

Január 24. Pál Lénárd (Bp. KFKI)

Ferromágneses anyagokban fellépő veszteségek fizikai okairól

A korszerű híradástechnikában széleskörűen alkalmazott mágneses anyagokkal kapcsolatban különösen fontos kérdés a váltakozó elektromágneses terekben fellépő veszteségek kérdése. Az előadásban a reverzibilis mágneszési folyamatokkal kapcsolatos veszteségek kerültek meg tárgyalásra. A makro- és mikro-örvényáramok által okozott veszteségek, a magneto-mechanikai rezonanciával és a térfogati rezonanciával kapcsolatos veszteségek részletes elemzése után a giromágneses rezonanciával és a domenfal tehetetlenségével kapcsolatos veszteségek mechanizmusát vizsgáltuk meg. Ismertettük a különböző veszteség-típusok hatását a kezdeti permeabilitás frekvenciafüggésére.

Január 31. Horváth János (Szeged)

Ankét a magyar fizikai könyvkiadás helyzetéről

Társulatunk a magyar fizikusokat nagyon foglalkoztató és sok kritika tárgyát képező tevékenységről, az Akadémia, az Oktatásügyi Minisztérium és más kiadók fizikai könyvkiadásáról rendezett ankétot. Horváth János bevezető referátumát élénk vita követte. Az ankét jegyzőkönyvét a Fizikai Szemle ez évi 3. számának 80–83. oldalain részletesen ismertette.

Február 14. Szamosi Géza (Bp. KFKI)

Újabb eredmények az atommagreakciók elmélete területén

Az előadó ismertette a magreakciók jellegzetes adataira vonatkozó újabb kísérleti eredményeket. E kísérletek eredményei kvalitatív eltérést mutatnak a közbenső mag elméletéből következő

eredményektől. Ezután ismertette Weizkopf és munkatársainak új elméletét, mely igen kiváló egyezést ad a tapasztalattal.

Február 21. Berényi Dénes (Debrecen)

A gamma-spektroszkópia mai helyzete és precíziós módszerei

Az előadó bevezetesképpen ismertette általában az atommag-spektroszkópia és ezen belül a gamma-spektroszkópia jelentőségét és fejlődési irányát, majd a gamma-sugarak anyagon való kölcsönhatásáról volt szó, különös tekintettel a preparátum készítésére. Ezt követte a gamma-spektroszkópia legegyszerűbb standard (jelenleg legáltalánosabban használatos) és precíziós módszereinek ismertetése. Az előadás különböző módszerek teljesítőképességeinek és előnyeinek összehasonlításával zárult, utalva a hazai lehetőségekre és egy, a megvalósulás állapotában levő berendezésre.

Február 28. Jánossy Lajos (Bp. KFKI)

A valószínűségszámítás egyszerű bevezetése

Az előadó kritika tárgyává tette a valószínűségszámítás szokásos bevezetését, mely a független valószínűségek szorzásának, ill. az egymást kizáró valószínűségek összeadásának tételét axiómaként fogadja el. Rámutatott arra, hogy gyakorlati jelentése csak az igen kicsiny és igen nagy valószínűségeknek van. A közepes valószínűségeket is (a gyakoriságon keresztül) ezekre vezetjük vissza. Ezután rátért a független események egyszerre való bekövetkezése valószínűségének, ill. a kizáró eredmények vagylagos bekövetkezése valószínűségének tárgyalására. Kévésszámú kézenfekvő kvalitatív feltevés téve sikerült dedukálni az összeadási és szorzási tételt. Ennek kapcsán kiadódott az az eredmény is, hogy a valószínűségi skála értelmezése bizonyos mértékig önkényes, az elfogadott skála azonban a legcélszerűbbnek mondható. Az előadáshoz többen szóltak hozzá, Aczél János a fellépő függvényegyenletek megoldásával, Rényi Alfréd a valószínűségszámítás axiomatikájával kapcsolatban tett megjegyzéseket.

Március 7. Tarján Imre (Bp. Orvostudományi Egyetem)

Beszámoló a Szovjetunióban tett tanulmányútról

A Magyar Szovjet Barátsági Hónap megnyitójaként tartott előadás szövegét a Fizikai Szemle ez évi 2. számának 38–40. oldalain közölte.

Március 14. Szimán Oszkár—Evva Ferenc (FORTE-Kutató, Vác)

Szovjet eredmények az elméleti fotográfiában

Az előadás összefoglalóan ismertette azokat az eredményeket, melyekkel orosz és szovjet kutatók a nemzetközi fotográfiai kutatás különböző területeihez hozzájárultak. Az előadás első része ismertette a fotográfiai kutatás helyzetét a cári Oroszországban. Rámutatott arra, hogy egyes kiváló orosz fotofizikusok, mint Warnercke és Kosztinszky nemzetközileg is elismert eredményeik ellenére intenzívebb fotofizikai munka

csak a szocialista forradalom után jöhetett létre. Az előadás beszámolt azokról a szovjet tudományos intézményekről, ahol jelenleg elméleti fotográfiai kutatómunka folyik és ismertette a főbb kutatási tématerületeket és a legutóbbi években elért eredményeket. Az előadás második részében a Csibiszov-iskola munkásságáról volt szó. Csibiszov és munkatársai a fotográfiai emulziók érzékenységét megszabó tényezőket vizsgálják. Vizsgálataik kiterjednek az emulziós mikrokristályok érzékenységi göcainak és a zselatin kéntartalmú vegyületeinek vizsgálatára, valamint az emulzió gyártási folyamatainak tudományos felderítésére. Csibiszov és munkatársai véleménye szerint a zselatin kéntartalmú vegyületei az érzékenység emelésében nem vesznek részt, hanem csak a fémezüstből álló érzékenységi csírák létrejöttét katalizálják. (A Magyar Szovjet Barátsági Hónap előadása.)

Március 21. Gáspár Rezső (Debrecen)

Spolszkij »Atomfizika« c. könyvének ismertetése

Az Akadémiai Kiadó által megjelentetett szovjet könyvek közül egyik legnépszerűbb kiadványának Spolszkij könyve bizonyult. Az előadó részletesen ismertette a könyvet, kritikailag megvizsgálta azokat a szempontokat, melyek a modern fizikába bevezető könyvnel felmerülhetnek, majd a könyv kiadását követendő példának állította kiadóink elé. (A Magyar Szovjet Barátsági Hónap előadása.)

Március 28. Detre László (Szabadsághegyi Csillagvizsgáló)

Beszámoló a IV. Szovjet Kozmogoniai Kongresszusról

Előadó résztvett az ez évben megrendezett IV. Kozmogoniai Kongresszuson. A kongresszus előadásai megmutatták, hogy a szovjet kutatók kozmogoniai eredményei továbbra is vezető helyet foglalnak el a csillagászatban. Különösen kiemelkedők Ambarcuminnak, a megfigyelésen alapuló kozmogoniai kutatás megindítójának új eredményei. Az előadó végül ismertette saját kongresszusi beszámolójának anyagát. Rámutatott arra, hogy a csillagok időbeli változásának tanulmányozására különösen alkalmas a rövid periódusú változócsillagok periódusának vizsgálata. Ez ui. igen pontosan mérhető és instabil állapotban levő csillagokról lévén szó, várható módon viszonylag gyors szekuláris változást mutat. Az eddigi kutatások eredményei megfelelnek a várakozásnak. (A Magyar Szovjet Barátsági Hónap előadása.)

Április 16. Pócza Jenő (Bp. Tudományegyetem)

Kísérletek méteres és centiméteres rádióhullámokkal

Szikragerjesztéssel nagyenergiájú elektromos rezgések kelthetők, 10–15 cm hullámhosszon. Ezek terjedési viszonyait főleg vezetők mentén lehet jól megmutatni. A gyorsan változó nagyfrekvenciás térben ritkított gázokban kislülés jön létre. — Két párhuzamos drót mentén könnyen hozhatunk létre állóhullámokat elektroncsöves rezgékeltetővel is. Kimutatható, hogy az áram és feszültség csomópontjai $\lambda/4$ -gyel vannak eltolódva. — Klisztroncsövel előállított 10 és 3 cm hullámhosszú elektromágneses hullámokkal végzett kísérleteknél az elektromágneses tér geometriai és optikai és hullámoptikai tulajdonságai

is jól demonstrálhatók. Állóhullámok állíthatók elő, interferencia segítségével hullámhossz-mérések hajthatók végre, parabola-tükrökkel és lencseszerkezetű lencsékkel jól fókuszálhatók.

Április 18. Jánossy Lajos (Bp. KFKI)

Kongresszus a kvantumelektrodinamikáról és az elemi részecskéről Moszkvában

Előadó a magyar delegáció tagjaként résztvett a Szovjet Tudományos Akadémia által f. év áprilisában tartott nemzetközi kongresszuson. Az előadás beszámolt a kongresszus rendezésének körülményeiről, a kongresszus résztvevőivel folytatott szakmai megbeszélésekről. Kiegészítő referátumában Marx György a kongresszus előadásait ismertette. A kongresszusról a Fizikai Szemle ez évi 4. számában bővebben beszámoltunk. (Magyar Szovjet Barátsági Hónap előadása.)

Április 25. Gergely György (TÁKI)

Diffúz, porszerű anyagok abszorpciós tényezőjének meghatározása

Mikrokristályos, diffúz anyagok abszorpciós tényezőjét nem lehet meghatározni a közvetlen átvilágításnál fellépő intenzitás-csökkenésből. Az abszorpciós tényező meghatározható Brumberg és Pekerman mikroszkópos módszerével, továbbá Bodó, Antonov-Romanovszkij, Girin és Sztjepanov diffúz reflexiós eljárásával. A diffúz reflexiós színek az abszorpciós tényező mellett a törésmutatótól és a szemesenagyságtól is függ. Az előadó foglalkozott a probléma jelenlegi helyzetével, a különböző módszerek diszkussziójával és a jelenlegi eljárások fejlesztési lehetőségeivel. (A Magyar Szovjet Barátsági Hónap előadása.)

Május 9. Váradi F. Péter (TÁKI)

Ion-szivattyúk

Az utóbbi évek irodalma foglalkozik egy új vákuum-előállítási módszerrel. A módszer alapelve rége óta ismert: a gázokat ionizáljuk és elektromos térrel az ionokat elvonjuk. Ennek a módszernek gyakorlati felhasználása azonban csak az utóbbi években kezd kifejlődni. Az előadó az irodalomban megjelent különböző módszereket ismertette és rendszerezte. A fenti elven működő szivattyúzási módszereket két csoportba oszthatjuk. Az egyik csoportba tartozó szivattyúk az ionizált gáz eltávolítását kizárólag elektromos terekkel végzik, míg a másik csoport az eltávolításhoz elnyelő anyagokat is alkalmaz. A két típus modellje alapján történő számításokkal méretezési kérdéseket lehet tisztázni. Az előadást követő hozzászólások kiemelték az előadó érdemeit a használható szivattyú-típus alapelveinek külföldi kutatókkal egy időben önállóan való felállítására terén.

Május 16. Sándor Endre (Bp. Tudományegyetem)

Nagymolekulájú szerves anyagok vizsgálata röntgen-diffrakciós módszerrel

A molekulák térbeli elrendeződése közvetlenül tanulmányozható a röntgen-diffrakciós képből,

Fourier-szintézis segítségével. Ilyen módon a molekulák töltéeloszlásáról »fénykép« készíthető. A külföldi kutatások eredményeinek összefoglalása után az előadó rámutatott azokra a lehetőségekre, amelyek e területen a hazai kutatások előtt állnak.

Május 30. Faragó Péter — Fenyves Ervin (Bp. KFKI)

Beszámoló a Csehszlovákiában és NDK-ban tett tanulmányútról

Faragó Péter csehszlovákiai tanulmányútja során szerzett élményeit ismertette. A cseh fizikának nemes hagyományai vannak, de a II. világháború és a megszállás elpusztította az egyetemek fizikai intézeteit és professzorait. A felszabadulás után fiatal fizikusok nagy lendülettel kezdtek munkához. Segítette őket a külföldi támogatás és a fejlett hazai ipar is, így kutatások indultak az atommagfizika, kozmikus sugárzás, elméleti fizika és technikai fizika területén is. Mindazonáltal mondhatjuk, hogy sem a kutatás, sem a felsőoktatás területén a magyar fizikusoknak nem kell szégyenkezniük a kedvezőbb technikai lehetőségekkel indult cseh fizikusok előtt. — Fenyves Ervin Jénában egy kozmikus sugárzási konferencián vett részt. Német és szovjet fizikusok mellett a népi demokratikus országok kutatói képviseltették itt magukat. Értékes munkabeszámolók hangzottak el, de még fontosabbak voltak azok a megbeszélések, melyek a kutatási kapcsolatok kiszélesítésére, a munka egybehangolására irányultak. Megállapodás született a kozmikus sugárzás területén folytonos kapcsolat fenntartására és állandó tapasztalatcserére. Az e területen elért eredmények példamutatóak a többi tudományág művelői számára is.

Május 31. Leopold Infeld (Varsó)

Mozgásegyenletek a lineáris térelméletekben

Az erők hatása a bennük levő részecskék mozgásában nyilvánul meg. Különösen szépen jut ez kifejezésre a nemlineáris térelméletekben, ahol a téregyenletek meghatározzák a tér szinguláris helyeiként jelentkező részecskék mozgását: téregyenletekből a mozgásegyenletek levezethetők. Példa erre a gravitációs tér. A lineáris térelméletekben (mint pl. a Maxwell-féle elektrodinamika vagy a Yukawa-féle mezonelmélet) erre nincs lehetőség. A téregyenletek mellett külön feltevésként kell felírni a részecskék mozgásegyenleteit. Miként az előadó megmutatta, a lineáris elméleteknek ez a hiányossága megszüntethető, ha figyelembe vesszük, hogy a részecskék pl. mezonter mellett mindig kellenek gravitációs teret is. A mezonter és gravitációs tér egyenletei már nemlineáris egyenletrendszerre képeznek. A gravitációs egyenletekből következik, hogy a gravitáció forrásául tekinthető tenzor divergenciájának térfogati integrálja csak a szingularitások koordinációitól függ és zérussal egyenlő. Az így kapott egyenlet éppen a mozgásegyenleteket szolgáltatja. Gravitációs állandó $\rightarrow 0$ határátmenettel sikerült levezetni a lineáris mezonter mozgásegyenleteit. A lengyel és magyar fizikusok éppen ezen egyenletek megoldásával magfizikai szempontból is fontos eredményeket értek el.

A VIDÉKI CSOPORTOK MUNKÁJA

A Társulat *debreceni* csoportja a következő előadásokat tartotta 1954—55-ben.

1954.

Január 23.

Gombay Lajos: »Félvezetők struktúrája«.

A félvezetők kutatásának és fogalmának igen rövid ismertetése után az anyagszerkezet vázlatos áttekintésével a szilárd testeket elektromos vezetés szempontjából három csoportba osztva (szigetelők, fémek, belső félvezetők) a normál vagy külső félvezetők létrejöttének módjait és elektromos vezetési törvényeit tárgyalta, utalva a töltéshordozók számának és mozgékonyságának jelentőségére és mérési módjaira.

Február 23.

Pócza Jenő: »Mikrohullámú kísérletek bemutatása.«

Kísérletek elektromágneses hullámok tovaterjedésére. Dipolsugárzás szabad térben. Lencsehatás. Elektromágneses hullámok tovaterjedése zárt csövekben. Mikrohullámok felhasználása a radar technikában.

Február 27.

Makranczi Béla: »Fotocellák« (bemutatással).

Az előadás a külső fényelektromos hatás alapján működő fotocellákkal foglalkozott. A működési elvi alapok tárgyalása után a katódfelületen adszorbeált gázok és alkáli fémeknek a fotocella érzékenységére gyakorolt hatását ismertette. Részletesen tárgyalta az (Ag)-Cs₂O, Cs, Ag-Cs és Sb-Cs katódú fotocellák felépítését, s kísérletekkel bemutatta spektrális érzékenységi viszonyait.

Március 13.

Gémesi József: »A piezoelektromos jelenség és néhány gyakorlati alkalmazása.«

Az előadó a Társulat rendezésében Budapesten február 3-án tartott előadását ismételte meg.

Március 27.

Kassai Ernő: »Újszerű középiskolai kísérletek« (bemutatással).

Az előadó a fizikai szemléltetés teréni pedagógus újtómozgalomra hívta fel a figyelmet. A forgómozgás köré csoportosította kísérleteit, melyek leírása részben az újabb magyar irodalomban található meg, részben az előadótól származik, és leírásban még nem jelent meg. A bemutatott kísérleti eszközöket a debreceni 15. sz. Gépipari Technikum technikai szakköre készítette.

Április 10.

Szalay Sándor: »Az atomenergia békés alkalmazási lehetőségei.«

Az urán atommaghasadás és a láncreakció jelenségének vázolója után az atommáglya működésének

elvé, típusait ismertette az előadó. Így részletesebben kitért a természetes és bedúsított uránizotópokkal működő reaktorok ismertetésére és azok technológiai problémáira. A máglyában termelt hő felhasználásának módja és technikai nehézségeinek tárgyalása után foglalkozott az energiatermelés költségeinek kérdésével, az atomenergia hasznosításának szempontjából. Végül a Föld atomenergia készleteinek és Magyarország e téren mutatkozó jövőbeli reményeinek problémájára tért ki még az előadó.

Április 30.

A Pedagógus Továbbképzőnap keretében a Hajdú-Bihar megyei Tanács Oktatási Osztályának felkérésére a pedagógus továbbképzés anyagából tartott előadást a középiskolai tanárok részére a debreceni csoport. A bemutatás keretében Nagy János adjunktus a Kísérleti Fizikai Intézetben katódsugár oszcilloszkóppal elektromos rezgőkörök tulajdonságait, elektroncsövek karakterisztikáját, egyenirányítást és a rádiótechnika köréből választott egyéb kísérleteket demonstrált.

Május 22.

Szalkay Ferenc: »A tömegspektrométer alkalmazási lehetőségei«.

Az előadó a Társulat rendezésében Budapesten tartott előadását ismételte meg.

November 20.

Faragó Péter: »Atomszerkezet vizsgálata rádiófrekvenciás módszerekkel«.

Az előadó vázolta a rádiófrekvenciás spektroszkópia feladatait és rámutatott jelentőségére: rádiófrekvenciás módszerekkel olyan problémák vizsgálhatók, amelyek optikai úton alig, vagy egyáltalán nem tanulmányozhatók. A rádiófrekvenciás módszerek általános jellegzetességének ismertetése után közelebbről ismertette az atommagok mágneses nyomtékának mérésére szolgáló módszereket és vázolta ezek alkalmazási területeit. Példaképpen vázolta a vezetásával folyó vizsgálatok legutóbbi eredményeit.

December 7.

Horváth János: »Elemi részecskék tömegspektruma«.

December 18.

Kulin György: »A Mars fizikája«.

Az előadás főként a legújabb kutatások eredményeivel foglalkozott. Kuiper infravörösben érzékeny cellájával megállapította, hogy a Mars széndioxid-tartalma kétszerese a földi légköri széndioxidnak. Bebizonyította, hogy a sarki hósapkák anyaga nem szén-sav, hanem víz. Lyot és munkatársai néhány Mars-csatornát fényképeztek. Tyihov földi kísérletek alapján bebizonyította, hogy még magasabbrendű növényzet is lehet a Mars felületén.

1955.

Január 22.

Szimán Oszkár: »Polarizációs szűrők«.

Az előadó ismertette a különféle típusú polarizációs szűrők technikai megoldásait és optikai tulajdon-

ságait. Kitért előnyeikre és hátrányaikra egyéb polárizáló berendezésekhez képest. Részletesen foglalkozott a dichroizmus jelenségével és a dichroitikus festésű rétegek felépítésével és optikai tulajdonságával. A világirodalom adatainak és saját kísérleteinek segítségével egységes szempont szerint tudta tárgyalni a különböző dichroitikus polarizáló berendezéseket.

Február 26.

Koltai Ede: »Modell-kísérletek elektrosztatikus tér meghatározására«.

Fizikai jelenségek hasonlóságán alapuló modell-kísérletek lehetőséget nyújtanak közvetlenül nehezen mérhető jelenségek vizsgálatára. Az elektrosztatikus tér ilyen meghatározására a gumimembrán és az elektrolit-tank módszer, valamint a jóval általánosabb problémáknál is alkalmazható ellenállásrács szolgál. Az előadó ismertette egy BCl_3 töltésű neutronszámláló kamra módosításánál és egy újabb GM cső konstrukció tervezésénél felhasznált elektrolit-tank méréseit.

Március 12.

Tarján Imre: »Beszámoló a Szovjetunióban tett tanulmányútról«.

Az előadó 1954 őszén Moszkvában és Leningrádban tett közel háromhónapos tanulmányi útján nyert élményeiből közölt részleteket.

Március 26.

Tóth Lajos: »Újszerű kísérletek bemutatása«.

A fizika több területéről ingákkal a következő kísérleteket mutatta be: Lengésgörbék rugalmas fonalú ingákkal, a fizikai ingák köréből a minimális lengésidejű és hosszú lengésidejű ingák, az inga lengésidejének függése a g -tól (vasinga. mágneses térben, ingamozgás közegben, majd új kísérletek: elektrosztatikus töltéssel ellátott ingák), elektrodinamikai kísérletek olyan ingákkal, amelyek lencséje sokmenetes tekerés. Néhány optikai demonstrációs kísérlet bemutatása fejezte be az előadást.

Március 30.

Kossuth Lajos Tudományegyetem Elméleti Fizikai Intézetének nyilvános intézeti napja, amelynek keretében Gáspár Rezső tanszékvezető adott tájékoztatást az intézetben folyó tudományos munkáról.

Április 16.

Bujdosó Ernő: »A középiskolai tanulmányi versenyek fizika feladatai«.

Régebbi középiskolai tanulmányi versenyek fizikai feladataiból választott ki az előadó néhány feladatot, és kitérve azok megoldási lehetőségeire, bírálta a feladatok megválasztásának helyes vagy helytelen voltát.

Május 14.

Jeges Károly: »Néhány középiskolai előadási kísérleti eszköz és kísérlet«.

Az előadó szép, részben középiskolában is megvalósítható kísérleteket mutatott be a fényinterferencia és polarizáció tárgyköréből, valamint a Brown-mozgásra vonatkozóan. Az előadás során demonstrálásra került még szakköri foglalkozásra is igen alkalmas készülék a centrifugális erővel kap-

csolatos, illetve az ionvándorlással kapcsolatos kérdésekre vonatkozóan, valamint a szerző által konstruált ködkamra jól bevált, üzembiztos változata.

Május 21.

Gyulai Zoltán: »Kristálynövekedés és anyagrombolás«.

A kristályok belső szerkezete a röntgensugár-analízis szerint szabályos elrendezést mutat. Ezzel szemben a külső forma igen sokféle lehet. E sokféleségnek az oka a kristályok kialakulásának külső fizikai feltételeiben van. A NaCl tú- és gyapjú-szerű kristályok szolgálnak erre jó példával, amelyek porózus anyagokon nőnek. Mint gyakorlatilag érdekes eset adódik abban, hogy a porózus anyagokban a kristályok romboló hatást gyakorolnak. Ez az eset a természetben igen gyakori lehet.

Június 25.

Jakucs István: A fizika tanításának kezdetéről ismertetett érdekes hazai vonatkozású részleteket. Kutatása eredményeként közölte többek között, hogy a magyar nyelvű oktatás egy 1795. évi rendelet alapján 1797. május 1-én kezdődött meg. Néhány év múlva — szaknyelv hiányában — visszatértek a latin nyelvű oktatásra és csak 1833-ban kezdték meg véglegesen a magyar nyelvű tanítást. Előadása után bemutatta a Debreceni Református Kollégium fizika szertárának történeti szempontból nevezetes eszközeit, melyek közül 1702-ből való a legrégebb. A Hatvani professzor eszközein kívül egy 1745. évből származó légszivattyú a leghíresebb és 45 eszköz a Népművelési Minisztérium által védetté nyilvánított műszaki emlék.

(Folytatása következik)

KÖNYVSZEMLE

Simonyi Károly:

VILAMOSSÁGTAN

(Műszaki Fizika Sorozat I.) (Akadémiai Kiadó, Bp. 1954.)

Gazdagnak nem mondható magyar szakkönyvirodalmunk a fizika egy területén rendelkezik több jó, köztük nem egy kiváló munkával: az elméleti elektrodinamika területén. Zemplén, Pogány, Ortway, Novobátzky—Neugebauer, Urbanek, Simonyi könyvei alkalmasak voltak és ma is alkalmasak különböző igények kielégítésére. Mikor kézbe fogjuk *Simonyi Károlynak*, a Műszaki Egyetem elméleti villamosság-tan professzorának többszázoldalas, szépkiállítású új könyvét, felmerül a kérdés: miként viszonylik ez a régebbi tankönyvekhez, elsősorban a Tankönyvkiadó utóbbi években megjelentetett egyetemi tankönyveihez? Ennek megválaszolása kis kitérőt tesz szükségessé.

Ismeretes, hogy az elektrodinamikában napjainkban két irányzat uralkodik. Az egyiknek követői jórészt fizikusok, a másíknak műszaki emberek. Az irányzatokat legkönnyebben a használt mértékegység-rendszerrel jellemezhetjük: az egyik esetben alapul a Gauss-féle abszolút cgs-rendszer, a másik esetben pedig a Giorgi-féle gyakorlati MKSA-rendszer szolgál. Ha azonban a különbséget csupán mértékegységekben látnánk, felületesen járnánk el. Becker szavait idézzük: »A Maxwell-féle elmélet «elektrotechnikai» és «fizikai» felfogása nemcsak jelölésben, hanem lényegében különböző. A technikai felfogásokkal szorosabban csatlakozik a Maxwell—Faraday-féle elmélet eredeti értelmezéséhez, mint a mai fizika. Az elektrotechnika az \mathcal{E} és \mathcal{D} vektorokat lényegesen különböző mennyiségeknek tekinti vákuumban is, ezért természetesen meg kell gondolandó, hogy arányossági tényezőjüket, ϵ -t üres térben 1-nek válasszuk, ezáltal őket mesterségesen azonos dimenziójúkká tesszük. Ezzel szemben a mai fizika \mathcal{E} -nek és \mathcal{D} -nek a rugalmas éterelmélettel összefüggő megkülönböztetését elejtette. A vákuum valamely pontjában a tér elektromos állapotát egyetlen vektor teljesen leírja, a fizikus a vákuumbeli \mathcal{E} -nek és \mathcal{D} -nek a Gauss-féle mértékrendszerben felleléő egyezését nem önkényes megállapodás eredményének, hanem a két mennyiség valódi azonosságát kifejezőjének tekinti. Számára egytől különböző vákuumbeli dielektromos állandó bevezetése csupán az elektrotechnikus számolási fogása, mellyel képleteit gyakorlati céljainak megfelelőbb alakra kívánja hozni.« Nem célunk e helyütt tovább folytatni a vitát a két felfogás között, csak azt kell leszögeznünk, hogy ma egyik rendszer teljes kiküszöbölése sem látszik lehetségesnek, márcsak a külföldi irodalomra való tekintettel sem. Amíg az elektrodinamika Gauss-rendszeren

épülő megalapozását több könyvben, legújabbban a Novobátzky-féle tankönyvben megtaláljuk, a Giorgi-rendszert követő megalapozás eddig egy könyvben sem szerepelt kielégítően szabatos formában. *Simonyi Károly* »Villamosság-tan«-ának jelentőségét abban látjuk, hogy ezt a hiányt pótolja. Kiindulva az abszolút amper hivatalosan elfogadott értelmezéséből (párhuzamos áram-elemek egymásra kifejtett mágneses erőhatása) szinte axiomatikus következetességgel építi fel az elektrodinamikát, eközben mérési definícióval vezeti be a térerősségvektorokat, tapasztalatra hivatkozva írja fel az alapegyenleteket. (Talán nem járt volna az érthetőség csökkentésével, ha a lényegében megvalósított logikus felépítést teljes következetességgel alkalmazza a szerző. Így a töltésre való hivatkozás — noha közismert fogalomról van szó — kikerülhető lett volna a töltés fogalmának és mérésének egzaktt értelmezéséig.)

A könyv rövid, de nagyon hatásos és ügyes bevezetővel kezdődik: rámutat arra, hogy napjaink fejlett elektrotechnikai civilizációja szükségessé teszi az elektromosság ugyanolyan széles körökben való megismerését, mint az az erő, energia, hőmérséklet és más fogalmak esetében megvalósult. Ezután következik a vektorszámítás elég részletes ismertetése. (Itt a könyvsorozat jellegének megfelelően több tétel bizonyítását nem adja meg a szerző, csak a tétel szabatos megfogalmazását ismerteti.) Az elektromágneses tér tanának kiépítése az áram fogalmának, mint hosszúság, idő, tömeg után negyedik fizikai alapmennyiségnek a bevezetésével kezdődik. Megismerjük az egyenáramok mágneses terének törvényeit. A töltés mint az áramból leszármaztatott mennyiség jelenik meg (coulomb = amper. sec). A töltés után természetes módon adódik az elektromos tér fogalma. A mágneses és elektromos tér közt teremt közvetlen kapcsolatot az indukció és az eltolási áram mágneses tere. A vákuumban lefolyó jelenségek ismertetése után kerül sor a szigetelők elektrodinamikájának tárgyalására. Itt nyer mélyebb értelmet a vákuumban kevésbé érthető különbségtevés elektromos térerősség és megosztás, ill. mágneses térerősség és indukcióvektor között. Végül a tér energia- és impulzusviszonyainak ismertetése zárja le a könyvet. Sajnáljuk, hogy az elektromágneses tér ismeretét megalapozó könyv szinte teljesen eltekint az elektromágneses hullámok tárgyalásától. Erre még akkor is érdemes lett volna kitérni, ha azok részletes elmélete később megjelenő könyv tárgya lesz, mert a vezetőkről leváló elektromágneses hullámok bemutatása az erőter fogalmának megértését a legnagyobb mértékben elősegíti.

A könyv egy-két részének fizikusok által vitatható tárgyalásmódot tartalmazó volta lényegesen összefügg

a mű célkitűzéseivel. A szerző először vákuumban ismerteti a jelenségeket. A közeg polározhatóságának kezdettől fogva való feltételezése megértésbeli és matematikai bonyodalmakra vezetett volna, ami ellentétben állna a munka bevezető jellegével. A használt MKSA-rendszer lényeges különbséget tesz a térerősség- és indukció-vektorok közt, de vákuumban ez a különbség éppen a kérdéses mennyiség bevezetésénél nem látszik. Az indukcióvektor után a mágneses térerősség bevezetésének indoklására pusztán egy nemkívánatos állandó faktor eltávolítása hozható fel. Később, szigetelő anyagok jelenlétében a különbségtéves lényegessé válik. A könyv legszebb részei éppen ezeket a kérdéseket tisztázzák. Rámutat a szerző arra, hogy az elektromos megosztásnak a töltések által meghatározott és közegetől független volta csak a \mathcal{D} -vonalak számára, de nem azok térbeli eloszlására vonatkozik, hiszen \mathcal{D} -nek sztatikus térben is lehet rotációja, szemben a térerősségvektorral, márpedig a vektortér örvényei éppoly fontos adatok a tér meghatározásánál, mint annak forrásai.

A szerző nem riad vissza a szükséges matematikai fogalmak bevezetésétől és használatától (vektoranalízis, vonalmenti integrálok), a fáradságosabb számításokat mégis kerülni igyekszik, azokat egyszerű példákra való bemutatással vagy az eredmény közlésével pótolja. Csak elvétve támad az az érzés az olvasóban, hogy az általános levezetés esetleg kevésbé volna kimerítő, mint a hosszanyúló ad hoc jellegű megfontolások. (Gondolunk itt a Poynting-vektor bevezetésére, vagy az egyenáram mágneses térének meghatározására. Utóbbinál a szerző nem vezeti be a vektorpotenciált, helyette végig a Biot-Savart törvénnyel dolgozik, de nagyon szabatosan kiemeli, hogy utóbbinál csak számítási módszerről van szó, nem pedig differenciális alakban is egzaktul igaz természettörvényről.) Különös gonddal történik az elektromágneses tér gyakorlati életben fellépő megjelenési formáinak bemutatása. Aprólékos számítások helyett szemléletes ábrákon mutatja be a könyv az erőter szerepét a mindennaposan használt berendezéseknél, ad felvilágosítást a térinzenzításokra nézve. Az elsőrendű képanyag nemzetközi viszonylatban is párját ritkítja. Hasonló célt szolgálnak a példák is. Az elméleti jellegű szövegrészek sem szakadnak el sehol az eleven gyakorlattól. Egy példa: a megosztási vektor elvi mérése a vezetőkön megnyilvánuló töltés-szétválasztó hatáson alapul. Az olvasó hajlandó volna ebben csak elvi lehetőséget látni, de a szerző rögtön rámutat arra, hogy a Van de Graaff-generátorok terének meghatározására használt laboratóriumi voltmérő éppen \mathcal{D} -nek ezen mérésén alapul.

Az igen érdekesen, jó pedagógiai érzékkel megírt könyv a szó nemes, magasabbrendű értelmében vett népszerűsítő szerepet tölt be: alkalmas arra, hogy a műszaki vagy matematikai jártassággal rendelkező olvasót olyan behatóan megismertesse az elektromágneses tér fogalmával, mint általában a fizika vagy matematika kevésbé elvontnak hitt részeit ismerik. Noha az atomfizikai, elektronelméleti szemléleten nevelkedett fizikusok számára idegenül hathat az elektrodinamikának konduktív egyenáram fogalmára alapozott tárgyalása (ilyenek számítják magát a referáló is), a műszaki és villamosságtani irodalomban lépten-nyomon találkozunk a Giorgi-rendszerrel, és ennek alapos megismeréséhez kívánni sem lehet jobb könyvet ennél a munkánál.

A »Villamosságtan« a dolgozó mérnököket hivatott megismertetni az elektromágneses tér törvényeivel, alapvető tulajdonságaival, de a tanár- és fizikusszakos egyetemi hallgatók számára is hasznos olvasmányt, sőt értékes segédkönyvet jelent, éppen azért, mert rendkívüli mértékben alkalmas tanulmányaik elmélyítésére. De odaváló a könyv a középiskolai fizikaszeretők könyvespolcára, sok részlete, észrevétele, példája tartalmasabbá teheti a fizika tanítását. Végül azt hisszük, hogy a kutató fizikusok, azok is, akiknek a Maxwell-egyenletek mindennapos munkájukban szerepel, érdekes olvasmányt találhatnak *Simonyi Károly* könyvében.

M. Gy.

D. Ivanenko és A. Szokolov:

KLASSZIKUS TÉRELMELET

(Akadémiai Kiadó, Budapest, 1955.)

Faraday azon felismerése, hogy az elektromos töltések és mágnesek a környező teret fizikai sajátosságokkal ruházzák fel, a fizika egyik legszebb területének, az *erőterek elméletének* kialakulásához vezetett. Az első döntő lépést nyomon követték a többiek. Maxwell rájött arra, hogy az elektromos tér időbeli változása ugyanolyan mágneses teret kelt, mint a vezetében folyó áram. Ugyancsak az ő nevéhez fűződik az a nagy jelentőségű felismerés, hogy az elektrodinamika alapegyenletei az elektromos és mágneses jelenségeken kívül a fizikai optikát is magukban foglalják. Ezáltal a Maxwell-egyenletek matematikai alapot nyújtottak az elektromágneses fényelméletnek. Az időben változó terek törvényszerűségeinek tanulmányozása megmutatta, hogy az elektromágneses térnek dinamikai sajátosságai vannak: Az energia- és impulzusmegmaradás tételének fenntartása a térenergia és tér-impulzus fogalmának bevezetését tette szükségessé. E vizsgálatok eredményeként a természetről alkotott fogalmaink között lassan-lassan meghonosodott az *erőter*nek, mint fizikai realitásnak a fogalma is.

Az elektron és elektromágneses tér kölcsönhatásának tanulmányozása szebbnél szebb problémákat hozott felszínre. Ezek javarésze a klasszikus térelmélet keretein belül megoldható. Ivanenko és Szokolov könyvének negyedik fejezete az idevágó kérdések szép összefoglalását adja.

A kvantumelmélet kialakulása a térelmélet kereteit is tágitotta. A pont-quantummechanika módszereit az erőterekre is sikerrel alkalmazták és ilymódon kidolgozták az erőterek kvantumelméletét. Ennek eredményeként olyan elmélet birtokába jutottunk, mely az elemi részecskék emissziójának és abszorpciójának magyarázatára is képes. A modern elméleti fizika legégetőbb kérdéseinek (magerők elmélete, elemi részek kölcsönhatása stb.) megoldása ezen a területen várható. Emellett, miként azt Marx György a könyv előszavában említi, számos probléma kielégítő magyarázatát, vagy a kvantumelméletben fellépő egyes nehézségek okainak felderítését a klasszikus térelmélet keretei között kell keresnünk. Ivanenko és Szokolov *Klasszikus térelmélet* c. könyve éppen ezért magyaryelvű szakirodalomunk nagy nyereségének tekintendő, mert a klasszikus elmélet módszereiről, egyes problémakörökhöz tartozó klasszikus vizsgálatokról jó összefoglaló ismertetést ad. Az érdeklődő felsőbbéves egyetemi hallgatóknak, valamint elméleti és kísérleti kutatóknak egyaránt segítségül szolgálhat.

A könyv öt fejezetre oszlik és egy, a fizikai vákuummal kapcsolatos kérdések ismertetését magában foglaló Függelékkel zárul. Az első száz oldalt kitevő rész inkább matematikai természetű kérdéseket tartalmaz. Főként egyes fizikai problémák alapegyenleteinek megoldási módszerével foglalkozik.

Sok elektrodinamikai probléma elméleti tárgyalásánál pontszerűnek gondolt elektromos töltéssel számolunk. Ezekben a ponttöltésekkel és pontszerű dipólusokkal kapcsolatos számításokban is kényelmes a töltés- illetve a dipólmomentumsűrűséggel dolgozni. Ezeket a sűrűségeket a Dirac által bevezetett δ -függvénnyel fejezzük ki. A könyv első fejezete a δ -függvénnyel kapcsolatos matematikai tételekkel, majd a Green-függvénnyel foglalkozik. Ezt követően a Laplace-Poisson-féle egyenlettel megoldható elektrosztatikai feladatok megoldásait találjuk. Ezeket a feladatokat az előző fejezetben ismertetett eljárással oldják meg a szerzők: Először meghatározzák a problémához tartozó Green-függvényt és a feladat megoldását ennek segítségével írják fel. Ugyancsak ebben a második fejezetben található az általánosított Poisson-egyenletre alkalmazás (erős elektrolitek elmélete, szupravezetés elmélete, kevés utalás a magerők mezonelméletére).

A következő fejezet időtől függő fizikai problémák egyenleteinek (a hővezetés egyenlete, d'Alembert-féle hullámegyenlet) megoldásaival foglalkozik ugyancsak a Green-függvény alapján.

A negyedik fejezet *A klasszikus elektrodinamika alapjai* címet viseli. Ez a fejezet a könyv legjobban sikerült és egyben legszebb része. A szokásos klasszikus sugárzáselméleti kérdések mellett egészen új jelenségek elméletével is találkozunk ebben a fejezetben. Így például részletesen foglalkozik a könyv a betatron elméletével, a körpályán mozgó elektron sugárzásával. Teljes részletességgel megtalálható a könyvben a Cserenkov-sugárzás klasszikus elmélete. Ezt követően az elektromágneses tér energia-impulzus-tenzorával, a térimpulzussal foglalkozó részek következnek. A teljesség kedvéért megemlítjük, hogy a szerzők Tamm munkáira hivatkozva, a dielektrikum-beli elektromágneses tér energi-impulzus-tenzorának a Minkowski-féle tenzort fogadják el. Azóta megjelent könyvében Tamm megváltoztatta eredeti álláspontját e kérdésben és ma már ő is az Abraham-féle tenzort tekinti helyesnek. A fejezet fő része az elektron-tömeg eredetével foglalkozik. A sugárzó elektron tere visszahat magára az elektronra és ezáltal annak gyorsulását megszüntetni igyekszik. Az elektronnak ily módon az elektromágneses térből származó tehetlensége van. Abraham, Poincaré és más kutatók szerint az elektron tömege tisztán elektromágneses természetű. Ezzel a kérdéssel szoros összefüggésben állnak a Maxwell-Lorentz féle elektrodinamika általánosítását célzó vizsgálatok. A kérdés még ma sincs véglegesen tisztázva.

A könyv ötödik fejezete a klasszikus mezonelmélet kérdéseit foglalja magába. Minthogy ez az elmélet most van kialakulóban, több olyan eredmény született a könyv írása óta, ami az akkori álláspontot túlhaladta.

A Függelékben a fizikai vákuum elméletének történeti ismertetése után a vákuum-polarizációval kapcsolatos kérdések találhatók.

Néhány szót kell szólnunk a könyv magyar nyelvű kiadásával kapcsolatban is. Sajnálatos tény, hogy a fordítás nagyon rossz. Több ízben felhívtuk az illetékes szervek figyelmét arra, hogy fizika könyvek fordításával fizikust bízzanak meg. Ivanenko és Szokolov könyvének fordítása véleményünket igen erősen támogatja. A könyv tele van értelmetlen mondatokkal. Befejezésül legyen szabad a sok közül az alábbi egy mondatot idézni. »Ilyenformán még abban az esetben is, ha nem hívjukozunk egyéb, kevésbé valószínű vagy pedig lehetséges, de csupán mellékszerepet játszó mechanizmusokra, mint pl. az égi ciklotron modelljére, melyet Alfvén szerint mágneses kettős csillagok realizálnak, vagy magas frekvenciájú sugárzás kibocsátására nukleonoknak még nem felfedezett hipotetikus antinukleonokkal való ütközései és megsemmisülései alkalmával, vagy a részecskék gyorsulására szupernovák kitörései alkalmával, vagy a részecskéknek hipotetikus kozmikus terek által előidézett gyorsulására, vagy pedig bizonyos, egyelőre még kevésbé tisztázott gyorsulásra, melyet az anyag csillag

előtti állapotában a kémiai elemek képződésének mellékfolyamatai idézhettek elő, jelenleg mindenesetre abban a helyzetben vagyunk, hogy valamilyen módon megkezdhesük általános vonásaiban megkonstruálni az elsődleges kozmikus sugarak keletkezésének elméletét.»

N. K.

Valkó Iván Péter:

ÉRZÉKSZERVEINK ÉS A TECHNIKA

(Művelt Nép Könyvkiadó, 1954.)

A természettudományi kérdések iránt népünk széles, nem szakképzett rétegeiben megnövekedett érdeklődést kívánja szolgálni a Művelt Nép Könyvkiadó vállalat Ember és Világ sorozata.

Valkó Iván Péter munkája valószínűleg nagyon magára vonja a figyelmet, mert az emberek általában érdeklődnek a szervezetükkel kapcsolatos kérdések iránt.

A könyvecske hat fejezetben tárgyalja a hallással, látással, hőérzéssel, tapintással, ízleléssel és szaglással kapcsolatos fizikai és biológiai alapfogalmakat és egy hetedik fejezetben érzékszerveink kölcsönhatását. A szemet és a látást tárgyaló fejezetet, az egész munkának több, mint egyharmadát Szalkay Ferenc írta.

Nem könnyű dolog az ilyen népszerű tudományos munkák megírása. Mindig vitatható a feldolgozott anyag pontossága, feldolgozási módja, megfelelő megválasztása. Véleményem szerint az ilyen írásműnek nem lehet célja precíz, minden szempontból megtámadhatatlan, kimerítő fogalmi meghatározásokat nyújtani. A teljességet élénk előadásmódnak, könnyed felépítésnek, jól átgondolt, önmagában-egész feldolgozási módnak kell felváltania. A szerzőknek egyéni szabadsága, hogy a saját elgondolásvukat kövessék. Jó példa erre ez az egy könyv is önmagában. A könyvnek két, különböző szerzőtől írt része a feldolgozás módjában eltér egymástól. Valkó bizonyos mértékig úgy igyekszik felépíteni mondanivalóját, hogy a legegyszerűbb elemi ismeretekből kiindulva olvasója eljusson a logaritmikuss koordinátákban felírt grafikonok megértéséig. Szalkay viszonylag magasabb műveltségű olvasóra épít, olyanra, akinek fizikai ismeretei talán hiányosak, vagy már elhomályosodtak, de az algebrai alapismeretek és megfelelő, csiszolt gondolkodásmód birtokában van.

Nem minden meghatározásukat, feldolgozási módjuk nem minden lépését tartom szerencsésnek, de ezekkel az előbb mondottak szellemében nem kívánok vitába szállni. Tudtommal magyar nyelven nem jelent még meg hasonló tárgyú munka és így ezt az érdekes, hozzánk közelálló tartalmú könyvecskét nemcsak a széles olvasórétegek, de a fizika és biológia tanárok és egyéb szakemberek is örömmel üdvözlnek. Kár, hogy egyes technikai fogyatékségei (ábrák néhol nem vágnak a szöveghez) rontják a könyv használhatóságát.

T. Gy.

FIZIKAI SZEMLE

Az
Eötvös Loránd
Fizikai Társulat
Lapja

TARTALOMJEGYZÉK

Berényi Dénes : Gamma-spektroszkópia II.

Deézi Irén : Schmid Rezső

A IV. Magyar Fizikus Vándorgyűlés

A FIZIKA TANÍTÁSA

Madas László : Kísérletek az univerzális fázisjelzővel

EGYESÜLETI ÉLET

KÖNYVSZEMLE

A FIZIKAI TUDOMÁNY HALADÁSÁBÓL

A FIZIKAI SZEMLE V. ÉVFOLYAMÁNAK TARTALOMJEGYZÉKE



Felelős szerkesztő: Szamosi Géza

Szerkesztőbizottság:

Bodó Zalán, Csekő Árpád, Faragó Péter, Keszthelyi Lajos, Marx György, Szamosi Géza,
Szalkai Ferenc, Szigeti György, Tarján Imre, Turiné Frank Zsuzsa, Vermes Miklós

Szerkesztőbizottság tükára: Turiné Frank Zsuzsa

Szerkesztőség: Budapest, V., Reáltanoda utca 13—15. Eötvös Loránd Fizikai Társulat
Távbeszélő: 187-423

Kiadóhivatal: Akadémiai Kiadó, Budapest, V., Alkotmány utca 21.
Távbeszélő: 111-010 *

Terjeszti a Posta Központi Hírlapiroda Vállalat
Budapest, V., József nádor tér 1. Telefon: 180-850
Előfizetés, személyes ügyfélszolgálat József nádor tér 1, üzlethelyiség. Telefon: 183-022
Csekkszám: 61257

Előfizetés egy évre 30,—, félévre 15,— Ft; egyes szám ára 6,— Ft

Megjelenik évente hatszor

ОГЛАВЛЕНИЕ

Д. Береньи: Гамма-спектроскопия II.

И. Дежэ: Режэ Шмид

IV-е собрание венгерских физиков. Краткие выдержки докладов

ПРЕПОДАВАНИЕ ФИЗИКИ

Л. Мадаш: Демонстрационные опыты с универсальным показателем фазы

ИЗ ЖИЗНИ ОБЩЕСТВА ФИЗИКОВ

ОБЗОР КНИГ

ИЗ УСПЕХОВ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

СОДЕРЖАНИЕ V-ГО ТОМА ЖУРНАЛА „ФИЗИКАИ СЕМЛЕ“

A kiadásért felelős: az Akadémiai Kiadó igazgatója

Műszaki felelős: Szöllösy Károly

A kézirat beérkezett 1955. X. 14. Pédányszám: 1600. Terjedelem: 2¹/₂ (A/5) ív, 29 ábra

Ez a folyóirat MNOSZ 3405 és 5602 Á szerint készült

Akadémiai Nyomda, Gerlőczy-utca 2. — 37662/55 — Felelős vezető: ifj. Puskás Ferenc

FIZIKAI SZEMLE

AZ EÖTVÖS LORÁND FIZIKAI TÁRSULAT LAPJA

V. évfolyam

6. szám

1955. december

Gamma-spektroszkópia (folytatás)*

III. A gamma-spektroszkópia egyszerű, kvalitatív jellegű módszerei

1. Abszorpciós módszer

Az előzőekben foglalkoztunk azokkal az effektusokkal, amelyek a gamma-sugarak anyagban való abszorpciójánál szerepet játszanak. Ha ezeket az effektusokat nem egyenként, hanem együttesen tekintjük, vagyis megvizsgáljuk azt a jelenséget, amikor egy abszorbens felületére I_0 intenzitású nyaláb esik, és a rajta való áthaladás után az intenzitás I -re csökken, egyszerű módszert kapunk a gamma-sugárzás energiájának legalább közelítő tanulmányozására, amely csaknem a legrégebb és egyben a leggyorsabb, legegyszerűbb, viszont a legkevésbé pontos módszer.

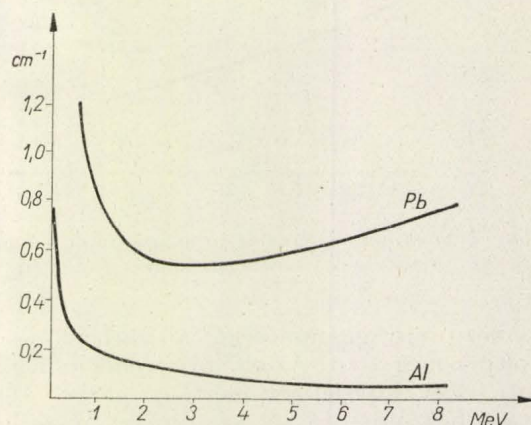
Ismeretes, hogy I_0 és I között a következő összefüggés áll fenn, ha a nyaláb x vastagságú abszorbensen halad keresztül.

$$I = I_0 e^{-\tau x}$$

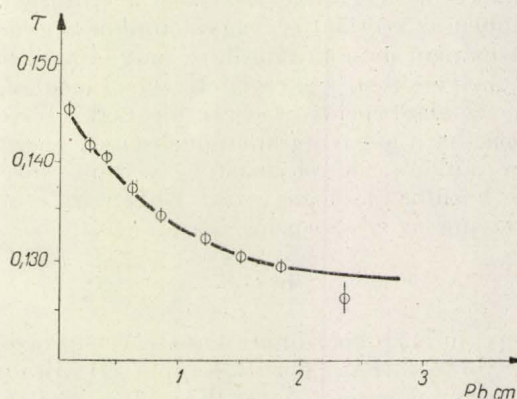
Itt τ az ún. totális lineáris abszorpciós együttható, amely párhuzamos, monokromatikus gamma-sugár nyaláb esetén állandó, viszont függvénye az energiának. Éppen ez az, amit a gamma-sugár energiájának meghatározására használhatunk fel: meghatározzuk kísérletileg a τ -t, amihez csak valamilyen abszorbens és megfelelő regisztráló berendezés szükséges, és a hozzá tartozó energia-értéket leolvassuk egy, a 3. ábrán láthatóhoz hasonló görbéből. Mint az ábra is mutatja, a totális lineáris abszorpciós együttható a gamma-kvantumok energiáján kívül függ az abszorbens anyagi minőségétől is.

Ugyancsak a 3. ábrából látható azonban az is, hogy (pl. ólom abszorbent használva) egy meghatározott τ értékhez a gamma-sugárzás két energia-értéke is tartozhat. Ez abból ered, hogy a kvantumenergia függvényében ábrázolt totális lineáris abszorpciós együtthatók görbéin minimumok mutatkoznak. A jelenség érthető abból, hogy a totális együttható komponenseit képező Compton- és foto-effektus hatáskeresztmetszeteitől függő parciális abszorpciós együtthatók az energia növekedtével csökkennek, míg a párképzési effektuson

alapuló abszorpciós együttható nő. Egy bizonyos energia-értéktől kezdve a párképzési keresztmetszet növekedése már felülmúlja a másik kettő



3. ábra. A totális lineáris abszorpciós együttható változása monokromatikus gamma-sugárzás energiájának függvényében. Az y -tengelyen a totális abszorpciós együttható van feltüntetve cm^{-1} -ben, az x -tengelyen pedig a sugárzás kvantum-energiája MeV-ben.



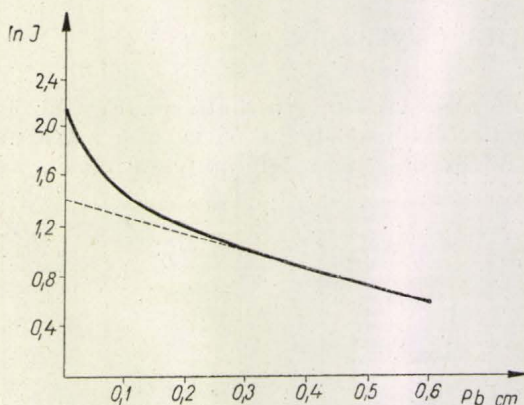
4. ábra. A totális, lineáris abszorpciós együttható változása az abszorbens vastagság függvényében Sb^{124} izotóp több komponensű, nem monokromatikus gamma-sugárzása esetén. τ jelenti a totális abszorpciós együtthatót, Pb pedig az ólom abszorbens vastagságát.

csökkenését, és ennél az értéknél jelentkezik az előbbi minimum. Ennek helye azonban nagyon különböző az egyes abszorbens anyagoknál, pl.

* A Fizikai Szemle V/5. számában megjelent az I. rész

ólomra 3–4 MeV-nél, vasra 10 MeV körül és alumíniumra 20–30 MeV között észlelhető.

Viszont éppen ez az, amit a többértelműség kiküszöbölésére fel tudunk használni. Sok esetben egyébként sem zavar a kétértelműség, mivel a reakcióra vagy a bomlásra vonatkozó előzetes számítások alapján eldönthető, hogy pl. a 2 vagy a 7 MeV körüli tartományban várható-e gamma-sugárzás létrejötte. Ha azonban ez előzetesen nem volna eldönthető, akkor úgy járunk el, hogy két



5. ábra. UX gamma-sugárzása intenzitásának a logaritmususa az abszorbens vastagságának függvényében.

különböző anyagi minőségű abszorbens esetére állapítjuk meg a τ -t. Az előbbi — elméletileg számított vagy kísérletileg mért — görbéből leolvastva a hozzátartozó két-két értéket, azok közül kettő meg fog egyezni, és ez jelenti a vizsgált sugárzás tényleges energiáját.

Ha a gamma-sugárnyaláb nem monokromatikus, akkor a τ nemcsak az energiának és az anyagi minőségnek, hanem az abszorbens vastagságának is a függvénye lesz (lásd a 4. ábrát).

Ebben az esetben is, vagyis amikor a gamma-sugárzás nem monokromatikus, használható energia, helyesebben energia-eloszlás meghatározásra az abszorpciós módszer, de csak abban az esetben, ha a sugárzás komponenseinek energiája élesen különbözik egymástól, viszont intenzitásuk körülbelül megegyezik. Ebben az esetben átalakítjuk az abszorpciós összefüggést:

$$\ln I = \ln I_0 - \tau x.$$

Ezt egy $(\ln I, x)$ -koordinátarendszerben ábrázolva, az 5. ábrán látható görbét kapjuk (H. Bradt és P. Scherrer mérései UX-re). Egy ilyen görbéből a következő megfontolások alapján kaphatjuk meg a komponensek energiáját. Mikor az abszorbens már elég vastag, a görbe menetét, helyesebben az egyenes iránytangensét a legkeményebb komponens határozza meg. Ebből a legnagyobb energiájú komponenshez tartozó abszorpciós együttműködés meghatározható. Ezután a görbe, ezen végső szakaszát visszafelé meghosszabbítjuk a $\ln I$ -tengelyig és levonjuk az eredeti görbéből, ami által

új görbét kapunk a többi komponensre. A kiértékelést az előbbi módon folytatjuk tovább. Ezzel az eljárással még a relatív intenzitásra is végezhetünk bizonyos becsléseket.

A fent leírt abszorpciós módszer meglehetősen pontatlan, és az eredmények sem reprodukálhatók mindig kielégítően, különböző szerzőknél nem teljesen azonos eredményekre vezetnek a mérések. Növelhető a pontosság, ha igen erős forrás használatával lehetővé tesszük jó geometria kialakítását, ami annyit jelent, hogy keskeny, jól kollimált nyalábot használva fel, az adszorbenstől messze helyezük el a regisztráló berendezést. Ez utóbbi azt eredményezi, hogy a szórt elektronok nem juthatnak be a detektorba. Ebben az esetben kivételesen 1%-os pontosságot is elérhetünk, azonban ilyen pontosság más, standard berendezésekkel sokkal gyengébb forrással is elérhető.

Hátrányai ellenére is nagy elterjedtségnek örvend ez a módszer, ami elsősorban egyszerűségének és gyorsaságának köszönhető, és ez teszi különösen alkalmassá előzetes vizsgálatok elvégzésére is.

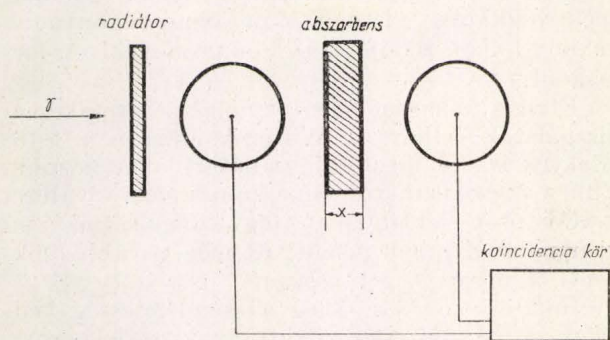
2. Koincidencia-abszorpciós módszer (Bothe módszere)

Az egyszerű abszorpciós módszernek egy valamivel igényesebb változata az alább tárgyalt eljárás. Mint az ábrán is látható, az abszorbenst — legtöbbször alumíniumot — két koincidenciába kapcsolt számlálóeső közé helyezzük.

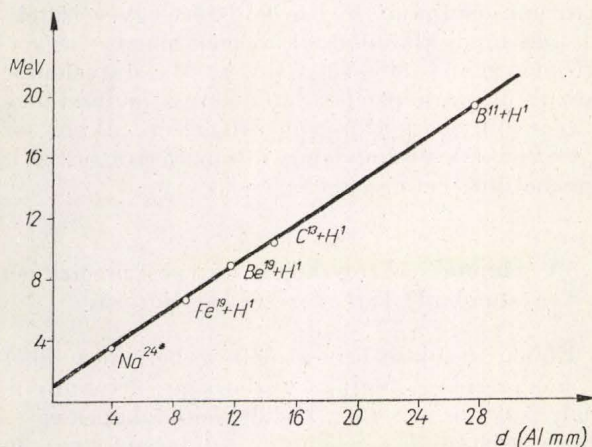
A forrásból származó kollimált gamma-sugárnyaláb az első cső előtt elhelyezett radiátorból, vagy magából az első cső elülső falából Compton-elektronokat vált ki. Ezek egy része abszorbeálódik a két számláló közötti fóliában, vagy a csőfalakban, a többiek viszont a második számlálóba jutnak, de ez csak azokat az elektronokat számolja, amelyek a vele koincidenciába kapcsolt első számlálón is áthaladtak. Így egész sor zavaró effektust szűrünk ki. Ha növeljük a két számláló közötti abszorbens vastagságát (x), elérünk egy olyan értékhez, — jelöljük ezt d -vel — amelynél x -et tovább növelve, nem csökken már a koincidenciák száma, azaz elértük a véletlen koincidenciák háttér szintjét. Ez már nem a mérendő sugárzástól származik. A fenti d érték jellemző az illető gamma-sugárzás energiájára, és pedig minél nagyobb a sugárzás energiája, annál nagyobb a d számértéke. Ismert energiájú sugárzásokkal felvehető a d -re vonatkozó hitelesítési görbe. Mint a 7. ábrán is látjuk, ezzel a módszerrel igen magas energiákig is felmehetünk (20–30 MeV).

Mivel a d értéke elég bizonytalanul határozható meg, szokásos a $d_{1/2}$ értéket meghatározni, amely éppen olyan lineáris összefüggésben van a gamma-sugarak energiájával, mint az előbb tárgyalt d érték. A $d_{1/2}$ definíciója 8. ábrából leolvasható.

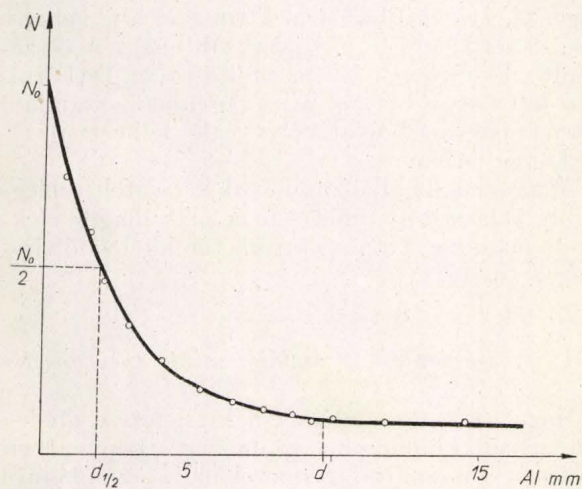
Az itt ismertetett módszernek szintén az a hibája, hogy csak monokromatikus sugárzás esetén megbízható. Viszont lehet a módszert finomítani.



6. ábra. Bothe-féle koincidencia-abszorpciós berendezés elrendezési sémája. A körök két koincidenciába kapcsolt G. M. számláló csövet jelentenek.

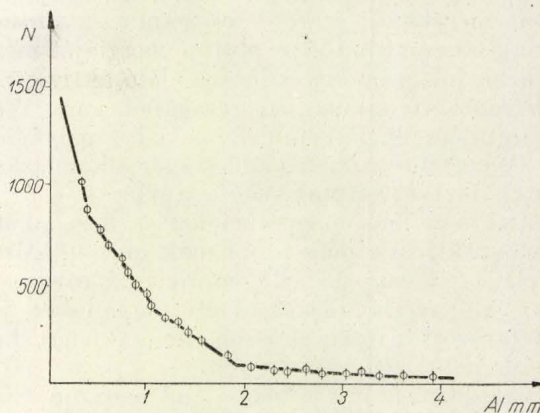


7. ábra. A gamma-sugárzás energiájára jellemző d abszorbers vastagság érték és a sugárzás energiája közti összefüggés.



8. ábra. A $d_{1/2}$ és d érték grafikus értelmezése, ahol az ordináta-tengely adott idő alatt számolt részek száma, az abszcissa pedig az abszorbers vastagsága. N_0 az abszorbers közbelyezése nélkül számolt impulzusok száma.

Konverterként igen vékony fóliát alkalmazunk, kis Compton szórás szögű elektronokat használunk csak fel, és végül a forrás primer béta-sugárzását egy külön harmadik (a másik két csővel antikoincidenziába kötött) számlálócső beiktatásával küszöböljük ki. Ezen elrendezés a következőképpen működik. A forrásból a sugárzás kollimáló csatornán keresztül jut az első (antikoincidenzi-) cső ablakához. Innen tovább megy



9. ábra. A módosított Bothe-féle módszerrel a rádium gamma-sugárzására felvett görbe. A koordináta-tengelyek jelentése mint az előző ábrán.

és az első cső hátsó vagy a második cső első ablakából, mint radiátorból váltja ki a másodlagos elektronokat. Az első cső elülső ablakából kiváltott másodlagos, vagy az első csőbe bejutó elsődleges béta-sugárzást a berendezés nem fogja számolni, mert az antikoincidenzi kapcsolás éppen azt eredményezi, hogy csak azokat a részecskéket számolja, amelyek a második és harmadik számlálón keresztül mentek, de az elsón nem.

Hogy ezzel a tökéletesített Bothe-féle koincidencia módszerrel milyen eredményeket lehet elérni, jól mutatja a 9. ábra (a görbe törési pontjai). Ezt a módszert még tovább tökéletesítették G. Backenstoss és W. Gentner 1954-ben, akiknek ezzel a viszonylag egyszerű abszorpciós módszerrel is sikerült pl. a Co^{60} két vonalát elválasztaniok.

3. Mag-fotoeffektus

Ismeretes, hogy bizonyos magfolyamatok létrejöttéhez jól definiált, minimális energiájú gamma-sugárzásnak a magba jutása szükséges. Ezen folyamatok között az egyik legfontosabb az ún. mag-fotoeffektus, amelynél egy gamma-kvantum belépését a magba egy részecske — legtöbbször neutron — kibocsátása követi. Gamma-spektroszkópiai vizsgálatokra legtöbbször a következő reakciót szokták felhasználni:



Ez a folyamat csak akkor jön létre, ha a gamma-kvantum energiája a deutérium kötési

energiájának megfelelő 2,23 MeV értéket, mint küszöbértéket meghaladja. A kvantum 2,23 MeV feletti energiája egyenlő arányban oszlik meg a proton és neutron között. Érvényes tehát a következő összefüggés:

$$E_p = \frac{h\nu - E_{\text{köt}}}{2},$$

ahol E_p a proton energiája. Ebből, ha mérjük a proton energiáját, a kérdéses gamma-quantum energiája kiszámítható. A proton energiáját meghatározhatjuk proporcionális számláló aktív terében létrehozott impulzus nagyságából, vagy Wilson-kamrában, ill. fotoemulzióban mért pályagörbület (ismert intenzitású mágnese tér alkalmazása mellett), illetve hatótávolság alapján.

Ritkábban más magreakciókat is használnak gamma-spektroszkópiai problémák megoldására. Így pl. a C^{12} vagy az O^{16} izotópok alfa-részecskékre való szétbontását, amely ugyancsak jól meghatározott gamma küszöb-energia felett következik be.

Mindezeket az eljárásokat — a deuteron szétbontását is beleértve — elég ritkán alkalmazzák a gamma-spektroszkópiában és akkor is inkább nagy energiáknál kvalitatív vizsgálatokra. Megfelelő számú adatot felvéve, több komponensből álló nyaláb relatív intenzitás viszonyaira vonatkozólag is vonhatunk le következtetéseket.

4. A Wilson-kamra a gamma-spektroszkópiában

Az előbbi módszer segédberendezéseként, a mag fotoeffektusból származó protonok energia-eloszlásának a megvizsgálásánál, említettük a Wilson-kamrát. Ha ma már nem is játszik ez az eszköz lényeges szerepet a gamma-spektroszkópiában, mégis indokolt, hogy néhány szót szövjünk róla részben történeti, részben demonstratív jelentősége miatt.

Először Szkobelcin szovjet kutató alkalmazta energiamezésekre a Wilson-kamrát, még 1927-ben. Keskeny gamma-sugárnyalábot bocsátva a kamrába, az Compton-elektronokat váltott ki a kamra gázában. Merve a Compton-szórás szögét, és a Compton-elektronok energiáját, az eredeti gamma-quantum energiája meghatározható. Az eljárás meglehetősen hosszadalmas és fáradságos, különösen, mivel a statisztikai ingadozás csökkentésére igen nagyszámú mérést kell végrehajtani. Ha még azt is figyelembe vesszük, hogy a kamra gázában a Compton-elektronok kiváltása meglehetősen rossz határfokkal történik, és a szekundér elektronok sokszoros szórása miatt rossz a feloldóképesség, érthetővé válik, hogy miért használják ma már csak kivételes esetekben ezt a módszert.

Meg kell azonban még említenünk, hogy a huszas évek végén egy alkalommal igen fontos szerepet töltött be a Wilson-kamra, mint spektro-

méter: ezen módszer segítségével sikerült először a Compton-effektus hatáskeresztmetszetére vonatkozó Klein—Nisina-formulát kísérletileg igazolni.

Később Wilson-kamrában történő gamma-spektroszkópiai vizsgálatokra könnyű anyagok vékony fóliáit alkalmazták Compton-elektron forrásként.

Elvileg felhasználható gamma-spektroszkópiai vizsgálatok céljaira a Wilson-kamrában a fotoeffektus is, ha megfelelő radiátort alkalmazunk. Ebben az esetben azonban a kamra gáza továbbra is Compton-elektronokat fog szolgáltatni, ami igen nagy zajnívót jelent, és még tovább csökkenti a mérések pontosságát.

Inkább szokásos, főleg a szemléletesség kedvéért, a párképződés effektusának a felhasználása. A nagy energiájú nyaláb útjába megfelelő radiátort téve, meghatározzuk a keltett pozitron-negatron pár (kinetikus) energiáját; ehhez $2m_0c^2$ -et hozzáadva, megkapjuk az eredeti gamma-quantum energiáját. Ezt a módszert egyes esetekben még ma is alkalmazzák az igen magas energiatarományban (80—100 MeV). Ha figyelembe vesszük a párképződés hatáskeresztmetszetének a kvantum-energiától való függését, akkor az egyes vonalak viszonylagos intenzitására nézve is végezhetünk becsléseket.

IV. A gamma-spektroszkópia közepes precizitású (standard) berendezései és eljárásai

Ebben a fejezetben azokat a berendezéseket és módszereket fogjuk vázlatosan áttekinteni, amelyeket közepes (1% körüli) feloldóképesség és térszög-kihasználás jellemez. A magnívókra vonatkozó legtöbb ma is használatos adat ilyen teljesítőképességű berendezésekkel lett megállapítva. Nem azt jelenti ez, mintha minden itt tárgyalt módszer nagy múltra tekinthetne vissza, mert hiszen pl. a szcintillációs spektrométer alig néhány éves, — az 1950-ben megjelent Mitchel-féle összefoglaló cikk még nem is tesz említést róla. De körülbelül ugyanez a helyzet a proporcionális számláló gamma-spektroszkópiai célra való felhasználásával kapcsolatban is.

A gamma-spektroszkópiának kétségtelenül legrégibb, »klasszikus« módszere a másodlagos elektronok mágneses beta-spektrométerekkel való vizsgálata.

1. A proporcionális számláló mint spektrométer

Magának a számlálónak a kivitelezése elvileg nem jelent különösebb problémát. Lényegében gondosan elkészített proporcionális számlálóról van szó, amelybe valamilyen módon bevisszük a mérendő forrást; a számlálóban a gamma-sugárzás által keltett másodlagos (a proporcionális számláló esetén Compton) elektronok által okozott impulzusokat osztályozzuk és megszámláljuk.

A spektrométerként alkalmazott proporcionális számláló egyik jellemző sajátága, hogy a vizsgálandó forrást magának a számlálónak a belsejében helyezzzük el. Ennek a technikai megoldása többféleképpen történhet. A legegyszerűbb, de egyben a legkevésbé tökéletes módszer az, hogy a rádióaktív anyagot vékony, egyenletes rétegben elkenjük a számláló belső felületén, és e fölé rétegezzük a konvertert. E technikánál az is problémát okoz, hogy elég nagy mennyiségű rádióaktív anyag szükséges hozzá.

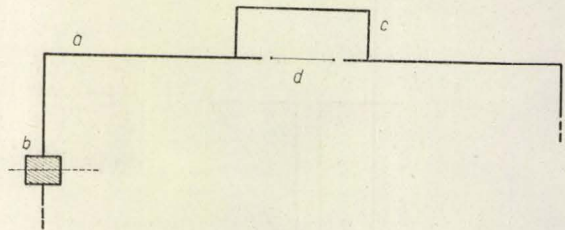
A forrás elkészítésének előnyösebb módja, amely egyben a hátlapszórást is kiküszöböli, a 10. ábrán látható. A számláló falán nyílást vágunk és abba beérősítünk egy drótkeretet, amely nylon, vagy formvár fóliát tart; erre visszük rá a néhány mikrogramm/cm² vastagságú aktív anyagot. További lehetőség, hogy a számláló tengelyével megegyező irányú drót rúd végét huroknak képezzük ki, amelynek a síkja lehet merőleges a cső tengelyére, vagy azzal megegyező irányú, és ezen dróthurokra visszük rá a nylon, zapon vagy egyéb fóliát, s erre a tulajdonképpeni forrást.

A kamra töltésére legtöbbször több atmoszféra nyomású nitrogént vagy argont használnak. A spektrométerként alkalmazott proporcionális számláló esetén az egyik legfontosabb követelmény a linearitás, vagyis a sugárzás tényleges energiájának és a számláló által adott impulzus amplitudójának pontos arányossága. Ennek alapvető előfeltétele, hogy az ionpár létrehozásához szükséges energia ne változzék a gamma-kvantum energiájának függvényében. Nitrogén esetén 0,2 – 150 KeV tartományban teljesül ez a követelmény, argonnál egészen 600 KeV-ig érvényes 2%-os ingadozástól eltekintve.

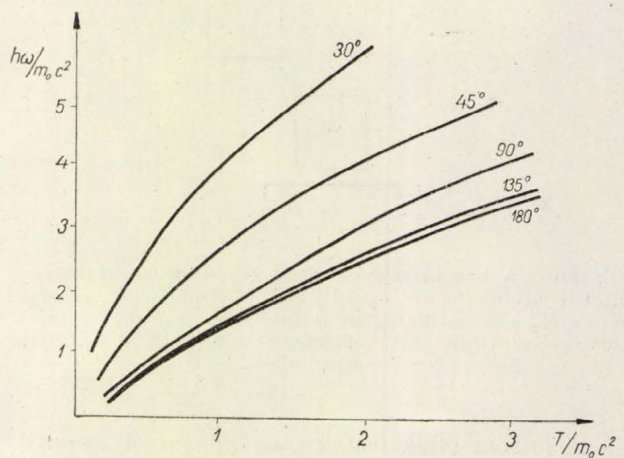
Már az előbbi szám adatok is jelezték azt a tényt, hogy lefelé egészen 0,1 KeV-ig végezhetünk ezzel a módszerrel méréseket. Igaz viszont, hogy ebben az egészen kis energiájú tartományban a linearitástól való eltérés meglehetősen nagy. Felfelé viszont 100 keV-ig semmiféle különösebb radiátort nem kell alkalmazni, a gamma-sugarak abszorpciója magában a kamra – 7 atmoszférás – gázában történik. Ha a forrás lapjára merőleges, tehát a számláló tengelyével párhuzamos mágneses teret alkalmazunk, így a nagyobb energiájú másodlagos elektronok hosszabb utat téve meg a kamra gázában, nem szaladnak ki a számláló térből, mielőtt abszorbeálódnának, tehát magasabb energiákig lesz érvényes a linearitás. Itt jegyezzük meg azt is, hogy kb. 50 keV-ig általában a hátlap szórás nem játszik figyelemre méltó szerepet és hogy a most leírt spektrométernek egyik külön előnye, hogy a számláló ablakával kapcsolatos, sok és pontos munkát igénylő manipulációkra és korrekciókra itt nincs semmi szükség.

A proporcionális számláló tulajdonságai között elsősorban rendkívüli egyszerűségét kell aláhúzni. A legegyszerűbb feltételek mellett közepes feloldást ér el. A feloldás további fokozásához

igen sok csatornás elektronikus diszkriminátor rendszer szükséges, azonban próbálkoznak a katód-sugárcső ernyőjén megjelenő jelek fotografikus regisztrálásával és a fényképek kiértékelésével is. További jellemzők a jó térszög kihasználás (2π vagy 4π) és különös előnye, ami egyetlen más



10. ábra. A forrás elhelyezésének egyik módja proporcionális számláló spektrométerben. Az ábra egy proporcionális számláló felső részének metszetét mutatja. a) A számláló fala, b) a szigetelt bevezetés a pozitív elektróda számára, c) toldalék a számláló falán, d) a tulajdonképpeni forrástartó drótkeret és nylon fólia metszete.



11. ábra. A szórt gamma-kvantum és a Compton-elektron energiája közötti kapcsolat különböző szórási szögekre (az eredeti és a szórt gamma-kvantum iránya által bezárt szög). T a Compton-elektron kinetikus energiája m_0c^2 az elektron nyugalmi energiája: azaz az x -tengelyen a Compton-elektron energiája az elektron nyugalmi energiájában, mint egységben van kifejezve. Az y -tengelyen ugyanezen egységben a beérkező gamma-kvantum energiája szerepel.

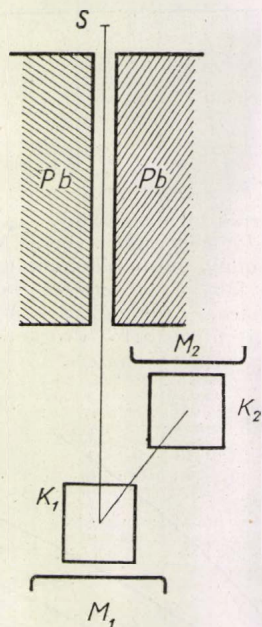
módszernél sem áll fenn, hogy az 5 KeV alatti tartományban is végezhetünk vele vizsgálatokat. Felfelé pedig, mint már említettük, 600 KeV-ig használható.

Megjegyezzük még, hogy mivel a gázmultiplikációs tényező exponenciálisan változik a számlálóra adott feszültség függvényében, a feszültségforrást kb. 0,01%-ra kell stabilizálni.

2. Szcintillációs módszerek

A szcintillációs számláló működésének mechanizmusa szerint, a kristályba érkező gamma-sugár másodlagos elektronokat vált ki a kristály

belsejében; mégpedig mind foto-, mind Compton-, mind párképzési elektronokat. Ezek az elektronok a szcintillációs kristályban energiájukkal többé-kevésbé arányos számú fénykvantumot keltenek, a kristály anyagi minőségének megfelelő optikai spektrális tartományban. A fényt azután fotomultiplier segítségével detektáljuk.



12. ábra. A két kristályos vagy Hofstadter—McIntyre-típusú szcintillációs spektrométer elrendezési sémája. K_1 és K_2 a szcintillátor kristályok, M_1 és M_2 a hozzájuk tartozó multiplierek, S a forrás és a Pb -k a kollimáló ólom tömbök.

A három effektusnak megfelelően a szcintillációs spektrométerek három típusa ismeretes, és ezek kb. ki is egészítik egymást energia-tartomány szempontjából. A feloldóképesség általában elég rossz, vagy legfeljebb közepes, de az energia növekedésével javul. Azt mondhatjuk, hogy általában a szcintillációs spektrométerek kiegészítik a proporcionális spektrométerek tartományát 6–700 keV-nál nagyobb kvantum-energiák esetére; ezen energiaérték alatt is lehet velük méréseket végezni, de a rossz feloldóképesség miatt ez nem célszerű (100 keV-nál kb. 7%-os a hiba).

a) Egy-kristályos szcintillációs spektrométer

Összeállítása a lehető legegyszerűbb. A szcintilláló anyag, pl. kristály, előtt helyezük el a forrást, a kristály mögött pedig a fotomultipliert. Az utóbbiból kijövő jelek analiziséről és regisztrálásáról is gondoskodunk. A spektrométer kb. 2 MeV-ig használható felfelé, lefelé viszont 100 keV alatt az előbbieken már említett rossz feloldás miatt csak tájékoztató mérésekre alkalmas. A fény-energia/részecske-energia hatásfok elég

rossz, mindössze 10%. Ez a tény az összes szcintillációs spektrométerek feloldóképességét rontja a proporcionális gázfelerősítés elvén alapuló spektrométerekhez képest a statisztikus hibák miatt. Nagy előnye ennek a berendezésnek a gyorsaság és egyszerűség, valamint a kis méretek, amelyek különösen iránykorelációs méréseknél igen fontosak. Legújabbban is pl. a J^{123} -nál új γ -vonalakat mértek ki ezzel az egyszerű módszerrel (Gupta és Jha). Használatos más, különösen mágneses spektrométerekkel kombinálva; így a feloldás javítható.

b) Két-kristályos szcintillációs spektrométer

Sok spektrométernél, így elsősorban a szcintillációs típusnál a nagy statisztikai ingadozás mellett az a tény is a vonalak elmosódását okozza, hogy a Compton-elektronok (és ugyanígy a mért gamma-kvantumok) energiája se jól definiált. Hogy az emiatti bizonytalanságot a lehető legkisebbre csökkentsék, Hofstadter és McIntyre a spektroszkópiai méréseket két kristállyal a 12. ábra szerinti elrendezésben végezte.

Essék a vizsgálandó gamma-sugárzás jól kollimált nyalábjá az első K_1 kristályra. Ha a beeső kvantumok Compton-szórás szenvednek, a másodlagos elektronok energiája, és így a fényimpulzusok nagysága a kristályban függ a foton szórási szögétől is a kvantumenergia mellett (11. ábra.). Az ábrából látható azonban, hogy azon Compton-elektronok energiája, amelyekre nézve a foton szórási szöge 135 – 180° közé esik, első közelítésben megegyezik egymással (lásd a 11. ábrát). Ha tehát lehetséges volna, hogy csak az ezen elektronokhoz tartozó fényimpulzusokat regisztráljuk, nagyban növelhetnők a feloldóképességet. Ezt viszont meg lehet oldani úgy, hogy egy másik kristályt is elhelyezünk multiplierrel együtt, amelyik a 135 – 180° szögtartományba eső szórt kvantumokat regisztrálja (12. ábra). Ha most ezt a második számláló egységet koincidenzába kapcsoljuk az előbbivel, akkor teljesül az előbbi kívánalmunk és még más zavar-effektusok is elmaradnak.

Ez az elrendezés jóval nagyobb feloldóképességű, viszont jóval erősebb forrás is szükséges hozzá, mivel először is kollimálni kell a beeső nyalábot, másrészt az első kristályban létrejött impulzusoknak csak egy kis része lesz felhasználva.

Megjegyezzük még, hogy a tulajdonképpeni spektrométer-kristály az első, másodikkak csak kiválasztó szerepe van.

c) Johansson vagy három-kristályos típus

A három-kristályos szcintillációs spektrométerben a párképződés effektusát használjuk fel. A berendezés lényegében három számlálóból áll (K_1 , K_2 , K_3). A vizsgálandó sugárzás a K_1 kristályban elektron-positron párt vált ki. A po-

ziton viszont egy elektronnal egyesülve két ellenkező irányú 0,51 MeV-os kvantum alakjában sugárzódik szét.

A három (K_1 , K_2 , K_3) számláló koincidenzába van kapcsolva, ezért az első kristály az elektron-positron pár által létrehozott impulzust csak abban az esetben regisztrálja, ha ezek a kvantumok a K_2 , ill. K_3 kristályban impulzust hoznak létre. Ezzel a módszerrel, tekintve, hogy csak igen szoros feltételeknek eleget tevő kvantumok kerülnek regisztrálásra, igen sok zavart szűrünk ki, és így a feloldóképesség csak valamivel rosszabb 1%-nál.

Mivel ez a spektrométer a párképződés hatásán alapul, kb. csak 2 MeV-tól felfelé használatos (egészen 10 MeV-ig). Itt említjük meg, hogy szcintillációs módszerrel mértek már 35 MeV-os sugárzást is, éspedig igen nagyméretű kádban (120 cm-es élhosszú kocka) szcintillációs folyadékot helyezve el. Ez esetben azonban alig 10%-os a feloldóképesség, főleg fénygyűjtési nehézségek miatt.

Valamennyi típusú szcintillációs spektrométerre vonatkozólag megjegyezzük, hogy a linearitási viszonyok elég jók, bár inkább lassú változásról, mint linearitásról kell beszélnünk. Linearitáson értjük itt, hogy egy foton kiváltásához ugyanannyi energia adag legyen szükséges a gamma-sugárzás különböző energia-tartományában. 20 keV-ig körülbelül olyan gyorsan nő az egy foton kiváltásához szükséges energia, mint magának a részecskének az energiája. Később ez a növekedés lelassul és 100 KeV körül lineáris lesz az energia és az ionizáció közötti összefüggés.

A megkívánt feszültség stabilitás általában 0,1%, esetleg speciális esetben 0,01%. Sok esetben erősítésre nincs is szükség, mivel a fotomultiplier maga is nagy sáv szélességű erősítő.

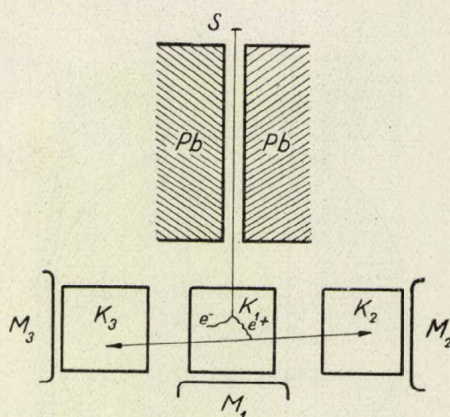
A szcintillációs spektrométer esetében is akkor van lehetőség az egyes vonalak viszonylagos intenzitásának pontosabb tanulmányozására, ha a Compton-effektus van kihasználva a gamma-kvantumok konvertálására, mivel a hatáskeresztmetszet változása az energiával a Klein-Nisina-formulából pontosan ismeretes elméletileg, ebben az esetben.

3. Mágneses spektrométerek

Az ezen csoportba tartozó nagyszámú és sokféle típusú berendezés legnagyobb része elsősorban a beta-spektrumok tanulmányozását szolgálja. Éppen ezért nem térünk ki itt az egyes típusok részletes ismertetésére. Mégis szükséges azonban, hogy — ha csak néhány megjegyzés erejéig is — foglalkozzunk ezekkel a berendezésekkel, mert a legújabb közepes feloldóképességű (proporcionális számláló elvén működő) spektrométerek, szcintillációs spektrométerek és precíziós módszerek (görbült kristályos spektrométer) kifejlődéséig úgy szólván az egyetlen lehetőség a gamma-sugarak

energiájának pontosabb vizsgálatára a szekundér elektronok mágneses spektrométerek segítségével való analízise volt. Ma is kiterjedten használják még erre a célra ezeket a berendezéseket.

Egészen vázlatos osztályozás szerint a standard mágneses berendezések két nagy csoportba



13. ábra. A Johansson- vagy három-kristályos típusú spektrométer elrendezésének vázlata. K_1 és K_2 , K_3 a szcintilláló kristályok és M_1 , M_2 és M_3 a megfelelő multiplierek.

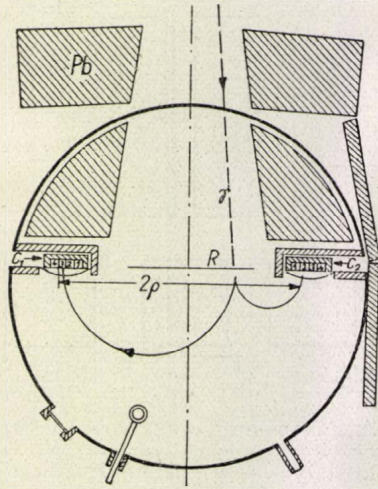
oszthatók: transverzális és longitudinális mágneses terű berendezések. Az előbbinél a mágneses tér merőleges a spektrométer tengelyére, ill. a forrást a regisztráló berendezéssel összekötő egyenesre, az utóbbiban pedig párhuzamos vele. A transverzális típushoz tartozik pl. a 180°-os fókuszálású spektrométer, a longitudinálishoz a szolenoid és a mágneses lencse típus. Hogy mikor melyik típus használata célszerűbb, azt az adott probléma ismeretében dönthetjük csak el.

Általánosságban azt mondhatjuk, hogy a transverzális típusnak nagyobb a feloldóképessége, viszont meglehetősen rossz a térszög kihasználása, valamint erős és kisméretű forrást igényel. A longitudinális típusnál jobb a térszög kihasználása (luminózitás), viszont általában rosszabb a feloldóképesség, de a forrás lehet nagyobb méretű és kevésbé intenzív.

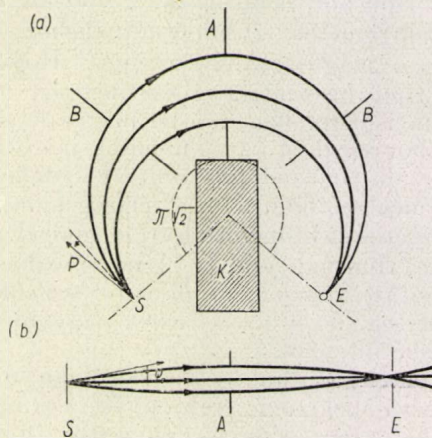
Történetek után kísérletek olyan toroidális elrendezésű spektrométerek építésére, amelyek az előbbi két típus előnyeit egyesítik. Egy ilyen berendezés épül intézetünkben is.

Walker és McDaniel a gamma-sugaraknak párképzés segítségével való közvetlen tanulmányozására újszerű berendezést építettek (14. ábra), amelyben igen nagy radiátort lehet használni. Az egész berendezés azon az egyszerűen levezethető tényen alapul, hogy a párképződésnél a gamma-kvantum energiájának az elektron és pozitron tömeg keltetésére fordított részen kívül megmaradó hányada statisztikusan oszlik meg az elektron és a pozitron között, de a két részecske mágneses térben észlelt pálya-görbületes sugárának összege ($2q$) egyértelműen jellemző a gamma-kvantum energiájára. A berendezés ezt a $2q$

menyiséget méri koincidenzába kapcsolt számláló sorozatok (1, 2, 3, 4) segítségével. A műszer egészen 10 MeV-ig, sőt ennél nagyobb energiáknál is használható. Feloldóképességének első sorban a számláló ablakok véges mérete szab határt. A vonal félszélessége kb. 65–130 keV ami 5,5%-os feloldásnak felel meg.



14. ábra. Walker és McDaniel párképzésen alapuló mágneses gamma-spektrométere. A beérkező gamma-kvantum az R-radiátorból egy elektron-positron párat vált ki, amelyeket a rajz síkjára merőleges mágneses tér körpályára kényszerít. A görbületi sugarak összege jellemző a gamma-kvantum energiájára. Ezt méri két koincidenzába kapcsolt G. M. csősorozat.



15. ábra. Az elektron-nyaláb a kettős fókuszalású spektrométerben. a) radiális metszet, b) a nyaláb transverzális irányú fókuszalása. Az A, B blendék, S a forrás, P a legkülső sugár kiindulási érintője. ψ_0 a nyaláb transverzális irányú kiterjedésének jellemző adata.

V. Nagy precizitású gammasugár-spektroszkópok

Már említettük, hogy az elmúlt tíz évben, de különösen az utóbbi években fokozott törekvés nyilvánult meg a nagyobb precizitás felé. Ezen kutatás eredményeképpen sikerült megközelíteni az

optikai spektroszkópiában elért pontosságot. Precizios mérések végzésére három egymástól független út áll rendelkezésre, és a továbbiakban ezekre vonatkozólag külön-külön fogunk néhány megjegyzést tenni.

1. Kettős fókuszalású spektrométer

Siegbahn és Svartholm 1946-ban vetették fel először a kettős fókuszalású spektrométer tervét. Ennél a mágneses tér inhomogenitása (bizonyos analógiával a betatronra) olyan, hogy mind radiális, mind vertikális irányban képes a forrásból kiinduló beta- vagy másodlagos elektron-sugarak fókuszálására.

A forrástól számítva $\varphi = \pi\sqrt{2} = 254^\circ$ -ra történik a fókuszálás (lásd 15. ábrát).

Ilyen típusú berendezések ma már Stockholmon kívül több más nagy laboratóriumban is épültek világszerte. Az a tartomány, amelyben ezen berendezésekkel precizios méréseket végezhetünk, 0,3–3 MeV-ig terjed. 0,3 MeV alá főleg a vasmag mágneses rendellenességei miatt nem lehet menni. A gamma-sugarak vizsgálata főleg mg/cm² vastagságú urán konverterekkel, tehát fotoelektronok segítségével történik. A kihasználtság kb. 0,1–0,2%, ugyancsak 0,1–0,2%-os feloldóképesség mellett.

Hedgran és Lind 0,03%-os feloldást is elértek, úgyhogy a Doppler-effektus okozta természetes vonalszélesedést is sikerült tanulmányozniok, és ez 975 eV-nak adódott. Slätis még ennél is tovább ment — ő érte el eddig a legjobb feloldást a mag-spektroszkópiában — 0,013%-os felbontóképességgel, 80 eV-os félvastagságú K-konverziós vonalat mért ki.

2. DuMond-féle vasmentes, homogén-terű precizios mágneses spektrométer

A Californiai Technológiai Intézetben DuMond és munkatársai — részben a kettős fókuszalású spektrométerrel kapcsolatban felmerült nehézségek kiküszöbölésére — új típusú mágneses spektrométert építettek precizios mérések végrehajtására. A berendezés metszete a 16. ábrán látható. A berendezés vasat nem tartalmaz, így lefelé egészen a 20 keV-os tartományig használható, felfelé pedig 5 MeV-ig.

A tervezésnél több okból előnyösebbnek mutatkozott a homogén tér mellett maradni. Részben, mert így könnyebb a tér stabilizálása, amely proton rezonancia segítségével történt; részben, mivel homogén tér esetén könnyebb az analíziseket elvégezni nagy luminózitás és nagy feloldóképesség mellett.

Külön gondot fordítottak a forrás alakjának a megválasztására és az elméleti számítások, valamint a kísérletek szerint a körkúp forma mutatkozott a legcélszerűbbnek. Külön tanul-

mányozásnak vetették alá a regisztrált gamma-vonal profilt is, és itt is az optimumra törekedtek.

Egyik legjelentősebb újítás azonban a közönséges szolenoid típusú spektrométerekkel kapcsolatban, hogy számításaik szerint nem akkor adódik a legjobb fókusztávolság, ha közvetlenül a tengely melletti tartományt használjuk ki, hanem a 45° körüli szögtartományt. Az eddigi berendezések építésénél helytelen optikai analógiából indultak ki, főleg a $10-15^\circ$ körüli tartományt használva ki. Az eddigi eredmények szerint a tórium vonalainál 0,35%-os feloldást sikerült elérni 1%-os térszög kihasználása mellett.

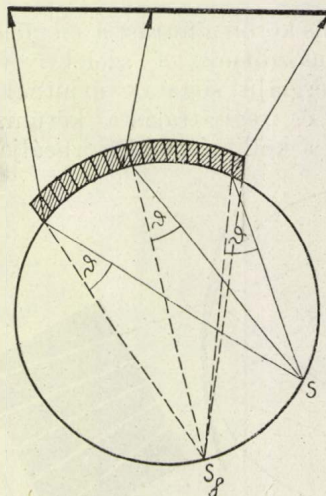
3. Görbült-kristályos gamma-spektrométer

Régen ismeretes módszer a röntgensugarak hullámhosszának mérése forgó, sík kristály-lapon szenvedett reflexió alapján, a Bragg-féle összefüggés felhasználásával. Ugyanezzel a módszerrel kísérelték meg a gamma-sugarak hullámhosszának mérését is még századunk tizes éveiben Rutherford és Andrade, majd később mások is tökéletesített eljárással. Azonban így sem sikerült — még nagy pontatlanság árán sem — az 1 MeV-es tartományt elérni.

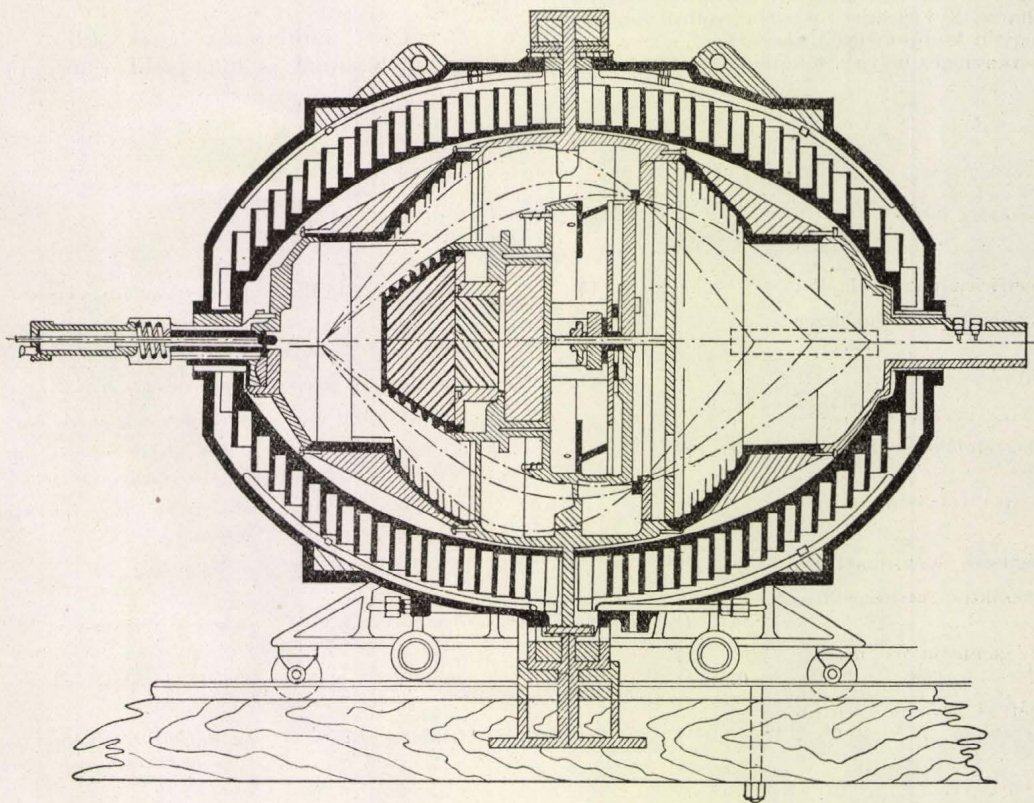
Jelentős lépést jelentett a röntgensugarak tanulmányozása terén Chausois módszere, aki

gömbült kristály belső lapjain reflektáltatta, majd fókusztávolságra a vizsgálandó röntgensugárzást.

Lényegében ez utóbbi módszert fejlesztették ki DuMond és munkatársai, és így precíziós pontosság, 0,1 sőt 0,01% nagyságrendű felbontó-



17. ábra. A görbült-kristályos spektrométer szelektív reflexiójának vázlatja. Adott S (forrás helye) állásban csak a Bragg-féle szögnek megfelelő energiájú gamma-sugarak térülnek el eredeti irányuktól, a többiek akadálytalanul áthaladnak a kristályon.

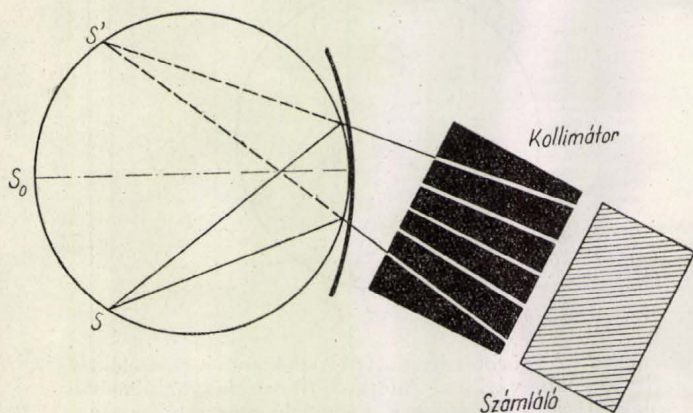


16. ábra. A DuMond-féle vasmentes, homogén mágneses terű, ún. gömb-fluxus spektrométer metszete. Baloldalon a forrástartó, jobboldalon a regisztráló berendezés helye. Körül ellipszis alakban helyezkednek el a tekercsek. Belül a különböző blende-rendszerek és az elektron pályák láthatók.

képesség, mellett sikerült elérniök az 1,5 MeV-os tartományt. Meg kell azonban jegyezni, hogy folyamatban vannak további munkálatok, amelyek a berendezés tökéletesítésével legalább egy nagyságrenddel növelik ezt a feloldóképességet.

A berendezés működése az ábrából leolvasható.

Ha a fókális körön a forrást a megfelelő mechanizmussal elmozdítjuk, a szelektív reflexiónak megfelelő energiájú sugarak átjutnak az ólom kollimátoron és regisztrálásra kerülnek, míg a többi sugarat a kollimátor abszorbeálja. A beren-



18. ábra. A görbült kristályos berendezés az ólom kollimátorral és a regisztráló berendezéssel. A kollimátor szerepe, hogy csak a szelektív reflexiót szenvedett adott energiájú nyalábot engedje át, amelynek az iránya olyan, mintha az S' virtuális fókuszából indult volna ki, a sugárzás egyéb komponenseit abszorbeálja. S a forrás tényleges helye a fókális körön.

dezés feloldóképességének határt szab a kollimátor csatornáinak véges vastagsága.

A görbült — kristályos spektrométerrel való munka legnagyobb nehézsége az igen intenzív (5–7 Curie) és kis felületű (0,5 mm²) források használata. Így a kihasznált térszög igen kicsi, kb. 0,01% nagyságrendű. A berendezésnek legnagyobb jelentősége viszont az, hogy elvileg egészen új módszert szolgáltat, és így lehetővé válik a precíziós eredmények kölcsönös ellenőrzése.

Összefoglalás

Befejezésül szeretnénk rámutatni arra, hogy melyik energiatartományban, milyen módszerek állnak rendelkezésre és milyen pontosságúak azok. Először néhány mondatban jellemezzük az eljárásokat, majd pedig tájékoztató jellegű táblázatokat közlünk.

Közönséges mágneses spektrométerek segítségével különösebb nehézségek nélkül 30–40 keV-ig mehetünk lefelé. Ezen értékek alatti tartományban különös gondot kell fordítanunk mind a forrás, mind a radiátor preparálásra, mind a regisztráló berendezésre, valamint különböző korrekciókat kell figyelembe vennünk, többek között pl. a föld mágneses terére vonatkozólag is. 5 keV alatt csakis a proporcionális számláló elvén működő spektrométerekkel végezhetünk vizsgálatokat.

Precíziós módszerek csak kb. 20 keV-től (vagy még ennél is magasabb energiáktól) 4–5

II. Táblázat

Berendezés, eljárás	Kihasznált térszög	Feloldás	Energia-tartomány	Speciális előny
Abszorpciós együttható mérése alapján	—	15–20%	50 keV—kb. 15 MeV	egyszerűség, gyorsaság
Koincidencia abszorpciós módszer (Bothe)	—	5–10%	50 keV—kb. 10 MeV	egyszerűség
Mag-fotoeffektus	—	kb. 10%	1,6 MeV-től felé	egyszerűség
Wilson-kamra	—	5–10%	50 keV—100 MeV	szemléletesség nagy energiák
Proporcionális számláló spektrométer	50–100%	1–5%	0,1 keV—600 keV	5 keV alatti energiáknál is használható és nagy a térszög kihasználása
Szcintillációs spektrométerek	1–5%	1–10%	100 keV—35 MeV	viszonylagos egyszerűség, széles tartomány
Standard mágneses spektrométerek	0,5–5%	0,5–2%	5 keV—10 MeV	jó feloldás
Kettősen fókuszáló mágneses spektrométer	0,1–1%	0,01–0,1%	0,3 MeV—3 MeV	precíziós feloldás
DuMond-féle gömb-fluxus mágneses spektrométer	0,5–1%	0,35%	10 keV—5 MeV	a precíziós tartomány kiterjesztése
Görbült-kristályos gamma-spektrométer	0,01%	0,01–0,1%	felső határ: 1,5 MeV	az előbbiekhöz képest elvileg eltérő precíziós módszer

A táblázat adatai csak tájékoztató jellegűek. Pontos adatokat akár a feloldóképességre, vagy a térszög kihasználására, ill. az energia-tartományra vonatkozólag márcsak az ugyanazon elven működő berendezések sokféle típusa miatt sem lehet megadni.

MeV-ig állnak rendelkezésre, vagyis ott, ahol éppen legfontosabb a radioaktív magok tanulmányozása szempontjából. Ugyanebben a tartományban közepes pontosságú mérésekre a legváltozatosabb módszerek használhatók (proporcionális számláló elvén működő spektrométerek, szcintillációs és különböző mágneses spektrométer típusok). Hogy mikor melyiket választjuk, az konkrét lehetőségeinken kívül az adott feladat speciális természetétől és vele kapcsolatos igényeinktől függ.

A nagy energiák felé (5 MeV felett) kisebb vagy legjobb esetben közepes pontosság, ill. feloldóképesség mellett különböző szcintillációs módszereket használhatunk, azután az előbbiekben külön tárgyalt mágneses pár-spektrométert és egészen a 100 MeV-os tartományig különböző abszorpciós módszereket, Wilson-kamrát, valamint a magfoto-effektust.

* * *

Szeretném e helyen is hálás köszönetemet kifejezni Szalay Sándor professzornak, a Magyar Tudományos Akadémia levelező tagjának, nemcsak ezen cikkekre vonatkozó megjegyzéseiért, hanem állandó segítségéért és irányításáért, valamint Szalayné Csongor Éva egyetemi docensnek és Medvezky László kutató intézeti osztályvezető helyettesnek, akik indításainak köszönhető ezen összefoglalás tényleges megírása. Köszönet illeti még Károlyi Géza kollégámat és Váradi Lajosné műszaki rajzolóit is, a gondos technikai segítségéért.

IRODALOM

1. G. Backenstoss und W. Gentner : Absorptionsmessungen an Sekundärelektronen zur Energiebestimmung von Gamma-Strahlen. Zeits. für Naturforsch. Bd. 9a. (1954) S. 882.
2. J. K. Beling : Birmingham Nuclear Physics Conference. Nucleonics, Vol. 11. (1953). No. 10. p. 32.
3. E. Bleuler and G. J. Goldsmith : Experimental Nucleonics. Rinehardt & Comp., Inc., New York, 1952.
4. H. Bradt und P. Scherrer : Die 93 KeV-gamma-Linie des ^{238}U . Helv. Phys. Acta, Vol. XIX. (1946). S. 307.
5. P. E. Cavanagh : Spectroscopy of Beta- and Gamma-Rays. Prog. in Nuc. Phys. Vol. 1. (1950). p. 140.
6. C. S. Cook : Experimental Techniques in Beta-Ray Spectroscopy. Nucleonics, Vol. 11. (1953). No. 12. p. 28.
7. J. M. Cork : Gamma-Rays and Internal Conversion. Nucleonics, Vol. 4. (1949). No. 1. p. 24.
8. S. C. Curran : Gamma-Ray Spectroscopy, Adv. in Phys. Vol. 2. (1953). p. 411.
9. M. Deutsch : Critical Survey of Techniques of Beta- and Gamma-Spectroscopy. Physics, Vol. 118. (1952). p. 1037.

10. M. Deutsch, L. G. Elliott and R. D. Evans : Theory, Design, and Applications of a Short Magnetic Lens Electron Spectrometer. Rev. Sci. Instr. Vol. 15. (1944). p. 178.
11. S. Devons : Excited States of Nuclei. Cambridge University Press, Cambridge, 1949.
12. H. Dingle : Spectroscopy. Rep. on Prog. in Phys. Vol. 2. (1952). p. 329.
13. J. W. M. DuMond : Conditions for Optimum Luminosity and Energy Resolution in an Axial Beta-Ray Spectrometer with Homogeneous Magnetic Field. Rev. Sci. Instr. Vol. 20. (1949). p. 160.
14. J. W. M. DuMond : Higher Precision in Nuclear Spectroscopy Phys. Tod. Vol. 5. (1952). No. 11. p. 13.
15. J. W. M. DuMond : Improvements in the Precision of Beta-Ray Spectroscopy. Phys. Tod. Vol. 5. (1952). No. 12. p. 10.
16. B. Sz. Dzszeleпов i A. A. Basilov : Ketron — magnitudij spektrometer sz ulucsennoj fokuszirovkoj. Izv. A. N. Sz. Sz. R. Szer. Fiz. Tom. XIV. (1950). sz. 263.
17. L. H. Gray : The Photoelectric Absorption of Gamma-Rays. Proc. Camb. Phil. Soc. Vol. 27. (1931). p. 103.
18. L. V. Grosev i I. Sz. Sapiro : Szpektroszkopia atomnuch jader. Gosz. Izd. Techn.-Teoret. Lit., Moszkva, 1952.
19. D. Halliday : Introductory Nuclear Physics. J. Wiley & Sons. Inc., New York, Chapman & Hall, Ltd., London, 1953.
20. A. Hedgran : Precision Measurements of Nuclear Gamma-Radiation by Techniques of Beta-Spectroscopy. Ark. för Fys. Bd. 5. Nr. 1. (1952).
21. W. F. Hornyak, T. Lauritsen, and V. K. Rasmussen : Gamma-Ray Measurements with a Magnetic Lens Spectrometer. Phys. Rev. Vol. 76. (1949). p. 731.
22. E. J. Konopinski : Indiana Conference on Nuclear Spectroscopy and the Shell Model. Science, Vol. 118. (1953). p. 285.
23. R. E. Lapp and H. L. Andrews : Nuclear Radiation Physics. Prentice Hall Inc., New York, 2nd., ed., 1954.
24. A. C. G. Mitchel : Spectroscopy of Some Artificially Radioactive Nuclei. Rev. Mod. Phys. Vol. 22. (1950). p. 36.
25. E. Persico and C. Geoffrion : Beta-Ray Spectroscopies. Rev. Sci. Instr. Vol. 21. (1950). p. 945.
26. K. Philipp : Kerspektren. Akademische Verlagsgesellschaft G. M. B. H. Leipzig. 1937.
27. M. E. Rose : Some Problems Arising in Nuclear Spectroscopy. Physica, Vol. 18. (1952). p. 1302.
28. L. Ja. Savtvalov : Issledovanyie gamma-izlucsenija po fotoelektronam. ZsETF. Tom. 23. (1952). sz. 611.
29. Szalay Sándor : Vizsgálatok könnyű atommagok gerjesztett állapotaira vonatkozólag. Beszámoló az 1953. évi I. Magyar Fizikus Kongresszuson (kéziratban).
30. The Glasgow Nuclear Physics Conference — 1954. Atomics, Vol. 5. (1954). p. 225.
31. R. K. Gupta and S. Jha : Studies with the Scintillation Spectrometer. Nuclear Physics, Vol. 1. (1955). p. 2.

Berényi Dénes
M. T. A. Debreceni Fizikai
Kutató Intézet

Schmid Rezső tudományos munkássága

A Farkasréti Temető egyik fehér márványsíremlékén csak ennyi felirat olvasható: Dr. Schmid Rezső. Aki Őt ismerte, annak úgyszólván csak torzképet adhatott volna róla bármilyen tündöklő sírfelirat is. Kegyelettel őrzött emlékek egész sora elevenedik meg előttem. Tizenkét éve már annak, hogy utoljára láttuk kedves, mosolygós arcát. Tizenkét éve beszélt nekünk utoljára, mondott még néhány útbaigazítást munkánkkal kapcsolatban, és hazament, mert rosszul érezte magát. Csak néhány napig tartott a szörnyű betegség, rövidesen a sírja mellett álltunk. Útbaigazításai most már egész életünkre szóló útvalókká lettek. — Őszinteség, kedvesség, szerénység, ezek jellemezték Őt úgy is mint tudóst, úgy is mint embert. Azt hiszem, hogy mindenki megszerette, aki a közelébe került és megismerhette.

Schmid Rezső okl. vegyészmérnök és közgazdasági mérnök, bölcsészettudományi doktor, műegyetemi adjunktus, tudományegyetemi magántanár, a Physical Society of London tagja, született 1904. január 10-én Munkácsen, és meghalt 1943. október 2-án Budapesten. Vegyészmérnöki oklevelét 1926-ban szerezte

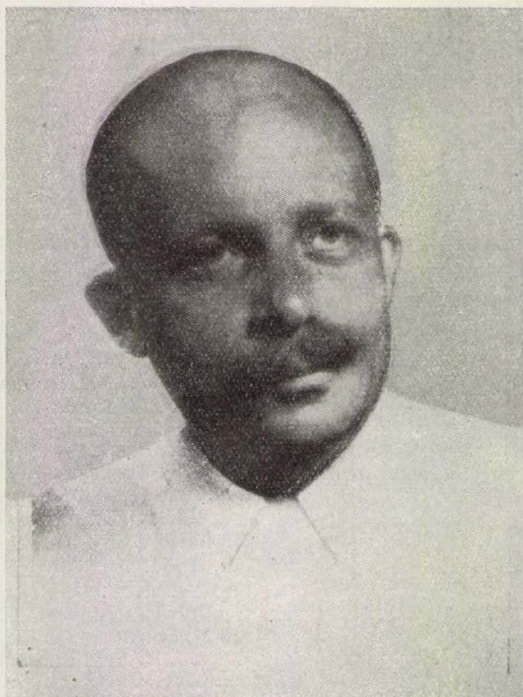
meg, doktori disszertációját 1927-ben nyújtotta be a Pázmány Péter Tudományegyetem Bölcsészettudományi Karához: »A kékszínű cobaltchlorid oldatokban foglalt complex összetételéről« címmel. Az értekezés megírásához szükséges munkálatokat az Állatorvosi Főiskola Chemiai Intézetében végezte Gróh Gyula professzor útbaigazításai mellett. A Műegyetem Gépész- és Vegyészmérnöki Karán Pogány Béla professzor mellett volt adjunktus. Tudományos kutató munkássága itt bontakozott ki és 15 évi folytonos felfelé haladás után itt szakadt meg tragikus hirtelenséggel, amikor még csak 39 éves volt. Nála 6 évvel fiatalabb munkatársa — Dr. Gerő Loránd — csak másfél évvel élte túl Őt. Schmid Rezső — nagyrészt Gerő Loránddal — mintegy nyolcvan dolgozatot írt 15 év alatt. A dolgozatok túlnyomó része a Zeitschrift für Physik-ben jelent meg, kutatásaik eredményei ma is számottevőek. Munkásságukkal nemcsak megteremtették hazánkban a spektroszkópiát, hanem a magyar spektroszkópiai kutatásokat

külföldön is megbecsültté tették. Schmid Rezső, majd másfél év múlva Gerő Loránd halálával, azt hiszem, példa nélkül álló súlyos veszteség érte a magyar fizikai kutatásnak ezt a területét.

Schmid Rezső munkásságának ismertetése előtt szólok néhány szót a fizikának arról a területéről, amelyen dolgozott. A molekulaszpektroszkópia a gerjesztett molekulák által kibocsátott színképek vizsgálatával foglalkozik. Az alapállapotban levő molekula és a

— valamilyen energiaállapotba hozott — gerjesztett molekula elektronkonfigurációjához rendszertint számos diszkrét vibrációs energia-lehetőség tartozik, amelyek mindegyikén — többnyire még nagyobb számú — diszkrét rotációs nivók létezhetnek. A molekula energianívóit az ún. termsémában szoktuk ábrázolni, egymás fölé helyezett vízszintes vonalakkal, amelyek közei nagyjából érzékeltetik az energiakülönbségeket. A gerjesztett molekula elektronenergiájának megváltoztatása egy egész sávrendszer létrejöttét okozza. A sávrendszer sávokból áll, amelyek a molekula vibrációs energiájának megváltozását jellemzik. A rotációs energia megváltozását a sávok finom struktúrája: a sáv-vonalak mutatják. — Meg-

felelő nagyságú energia közlésekor a molekula atomjaira esik szét — disszociál — és innen kezdve nincsenek többé diszkrét energiaállapotai, vagyis nincsen többé sávok spektruma. Előfordul, hogy a disszociáció létrejöttéhez szükséges energiánál jóval kevesebb is elég a molekulának ahhoz, hogy bizonyos valószínűséggel disszociáljon: nevezetesen, ha módjában áll egy nem stabil állapotot is elfoglalni. Ez a predisszociáció jelensége, amely a spektrum megszakadásában vagy az éles vonalak kiszélesedésében mutatkozik. A molekulának különböző elektronkonfigurációjához tartozó, de egymáshoz nagyon közeli energiataralommal rendelkező vibrációs vagy rotációs energianívói zavarhatják egymást, megváltoztathatják egymás helyzetét, ez a perturbáció jelensége. A perturbált energianívókról származó spektrumvonalak a színképben nem a várt helyen találhatók. — A predisszociációk és perturbációk nagyon alkalmasak a molekula még nem ismert elektronállapotainak a felkutatására.



A lefényképezett sávrendszer sávjainak szerkezetéből következtetni lehet azokra az elektrontermekre, amelyek között az átmenet létrejött, vagyis hogy a kisugárzott spektrum melyik gerjesztett állapotról milyen állapotba való átmenetnek felel meg. A sávok egymástól való távolságaiból a molekula vibrációs állandóit, a sávvonalak energiaértékeinek különféle kombinációiból a molekula rotációs állandóit lehet meghatározni.

Nagyon sok türelem kell addig is, amíg a gerjesztési viszonyok, az expozíciós idő, a megfelelő emulzió kérdései tisztázódnak. A lefényképezett spektrum kézbevétele azonban még csak a kezdet kezdete. Egy-egy sáv néha több száz vonalból áll, úgyhogy a kívánt analízis több ezer vonal megmérését jelenti. Ezeket az egymástól sokszor csak tizedmilliméterre levő vonalakat komparátorban, ezredmilliméter pontosságra kell megmérni. Csak ezután jön a tulajdonképpeni analízis, a vonalak csoportosítása, kombinálása, majd a végén a konstansok számítása. Nagyon kell szeretni a spektroszkópiát ahhoz, hogy a sok türelmet és kínos pontosságot igénylő, rendkívül hosszadalmas számításokkal megküzdve, örömet okozzon a nehezen megszerzett eredmény. Schmid Rezső nagyon szerette a spektroszkópiát. Munkájával bekapcsolódott az akkor már több mint negyedszázada folyó külföldi kutatásokba és itt kiválóan képviselte a magyar tudományt.

Schmid Rezső tudományos munkásságát a nitrogénoxid molekula színeképeinek tanulmányozásával kezdte. Négy évig folytak az erre vonatkozó kutatások, majd áttért a CO , CO_2 , CO^+ , CO^{++} molekulák színeképeinek vizsgálatára, és ez folyt hat-hét évig. Közben és utána néhány dolgozat készült az O_2 , CN , CD , CH , N_2 , C_2 és AgH molekulák vizsgálatáival kapcsolatban is. Nagyon sokat foglalkozott az említett molekulák disszociációs energiáinak meghatározásával és a színeképekben észlelhető Zeeman-effektussal, különböző erősségű mágneses terek alkalmazása esetén. Közvetlenül halála előtt a vezetése alatt folyó vizsgálatok ismét a nitrogénoxid molekulára irányultak.

Ennek a kis megemlékezésnek a keretei nem teszik lehetővé, hogy Schmid Rezső értékes és érdekes munkásságáról egészen részletes, kielégítő ismertetést adjak. A nitrogénoxid molekulával kapcsolatos vizsgálatokról próbálok talán bővebben írni és a többi kutatásról csak vázlatos áttekintést adni.

Mint már említettem, Schmid Rezső tudományos munkássága és ezzel együtt a magyar spektroszkópiái kutatások, a nitrogénoxid molekulára vonatkozó vizsgálatokkal indultak meg. Amint az erre vonatkozó dolgozatokból kitűnik, a felvételek mind Hilger E1 típusú prizmás spektrográffal készültek. Először a γ sávokat fényképezte. A γ sávok egy része akkor már ismert volt, Maria Guillery¹ 1927-ben analizálta az NO γ rendszer (0,2), (0,3), (0,4) és (1,4) sávjait. Az ő munkáját folytatva Schmid Rezső az NO γ rendszer (0,0), (0,1), (1,0), (1,1), (2,3) és (3,4) sávjait analizálta,

és a (0,2) sáv ágaiban M. Guillerynél mintegy húsz rotációs kvantumszámmal tovább haladt. Egy későbbi dolgozat arról számol be, hogy Farkas Dénes disszertációjának mérési eredményeit felhasználva további hét γ sáv rotációs analízise készült el, és részben M. Guillery, részben Schmid Rezső korábbi méréseiből négy γ sáv adatai jelentékenyen bővültek a magasabb rotációs állapotok felé.

A γ sávok ágaiban az intenzitásviszonyok megállapítására is több kísérlet történt. Zeiss regisztráló fotometerrel készültek el a fotometergömbök. 1930-ban egy Zeiss-féle lépcsőzetes résű kondenzort szerzett be az Intézet és ennek alkalmazása lehetővé tette Schmid Rezső számára a lemez feketedéseiből az intenzitásra való közvetlen átszámítást és így a mérési eredményeknek a Hill és van Vleck²-féle intenzitásformulákkal való kvantitatív összehasonlítását.

Az NO γ rendszer (0,2) és (0,1) sávjain vizsgálta meg Pogány Béla és Schmid Rezső a rotációs vonalak Zeeman felbomlását 26 000 Gauss erősségű mágneses térben. A (0,2) sávban húsz vonalon át, a (0,1) sávban tíz vonalon át észleltek dublett felbomlást, amelynek nagysága a rotációs kvantumszámmal csökken.

Az NO molekula β sávrendszerét először Jenkins, Barton és Mulliken³ analizálták. Schmid Rezső irányításával König Theodora további tizenegy NO β sávot mért ki, amelyek a $v' = 4$, $v'' = 2$ és $v'' = 3$ vibrációs nivókkal bővítették az NO β sávok eddig ismert vibrációs termsémáját.

Az NO β sávokban fennálló intenzitásviszonyokat is megmérte és diszkutálta Schmid Rezső. Ezenkívül megvizsgálta az NO β sávokon észlelhető Zeeman-jelenséget is, és megállapította, hogy ez analóg az NO γ sávokéval. Erről szóló dolgozatában Schmid Rezső megjegyezte, hogy tudomása szerint $\Pi - \Pi$ átmenetnek megfelelő sávokon (az NO β sávok ${}^2\Pi - {}^2\Pi$ átmenetből származnak) előtte még nem figyeltek meg Zeeman-jelenséget.

Az NO molekula δ sávrendszerét először Knauss⁴ észlelte. Aktív nitrogén utóvilágításban Schmid Rezső is megkapta az NO δ sávjait. Fényképezni a (0,3), (0,4) és (0,5) sávokat tudta, de csak a (0,3) sávot volt érdemes rotációs analízisnek alávetni, mert a másik kettőt a γ és β sávok átfedik. A legfőbb eredmény az volt, hogy Schmid Rezsőnek sikerült kimutatnia az NO δ sávok dublett voltát — spektrográfja ugyanis a Knauss által használthoz képest tízszeres felbontóképességű volt. (Valójában ezek négyes fejek, mert egy P és egy Q fej tartozik a ${}^2\Pi_{1/2}$ és a ${}^2\Pi_{3/2}$ nivóhoz külön-külön. Újabbkeletű jelöléssel a P_1 , Q_1 , P_2 és Q_2 ágaknak az ${}^oP_{12}$, P_2 , P_1 és Q_1 ágak felelnek meg.) A dublett fejek komponenseinek egymástól való távolsága megegyezik a γ sávokéval. Ezzel Schmid Rezső megerősítette Knaussnak azt a feltevését, hogy a δ és γ sávok kezdő nivója közös. Felső állapotnak Schmid Rezső ${}^2\Sigma$ állapotot

feltételezett, feltevésének helyessége később igazolódott.

Intenzitáseloszlást a nagymértékű átfedések miatt nem lehetett mérni. Annyit azonban meg lehetett állapítani, hogy az NO δ sávjaiban az ágak relatív intenzitásai kvalitatíve megegyeznek a γ sávokban uralkodó viszonyokkal.

Az NO molekula alapterme reguláris ${}^2\Pi$ term, azaz a ${}^2\Pi_{1/2}$ komponens kisebb energiatartalmú, mint a ${}^2\Pi_{3/2}$ komponens. Bródy Imre, Millner Tivadar és Schmid Rezső feltételezték, hogy ha a kétféle módosulat egymásba átalakulhat, akkor az NO gáz hűtésével a kisebb energiatartalommal rendelkező molekulák (${}^2\Pi_{1/2}$ -l jelölve) mennyisége a nagyobb energiatartalommal rendelkezők (${}^2\Pi_{3/2}$) rovására szaporodni fog. Megfontolásait kísérleteik teljes mértékben igazolták.

Az NO molekulával való foglalkozás itt kb. egy évtizedre megszakad. Röviddel Schmid Rezső halála előtt, vezetésével újra megindultak a vizsgálatok az NO-val kapcsolatban. Lefényképezték az NO spektrumát az azóta beszerzett 6,5 m-es, hüvelykkeként 30 000 karcolatú konkáv rács-spektrográffal. Az erre vonatkozó publikációk már csak Schmid Rezső halála után jelenhettek meg.

Az első feladat volt az NO ε sávrendszerének vizsgálata, amelynek rotációs analízise még nem volt meg. Az ε sávokat először Leifson⁵ észlelte abszorpcióban és Bair⁶ emisszióban, ők ezeket a sávokat 3. pos. nitrogén csoportnak nevezték el. M. Guillery emissziós méréseiben is szerepelnek ezek a sávok, ő a γ sávok sémájába illesztette bele, mint amelyek a $v' > 3$ vibrációs nívókról származó átmenetekből jöttek létre. Az ε rendszer felső elektronállapotának $v' = 0$ nívója ugyanis körülbelül oda esik, ahová az NO γ rendszer $v' = 4$ nívójának kellene esnie. Herzberg és Mundie⁷ az ε rendszert a γ rendszer folytatásának tekintették, és az ε sávok anomális intenzitását predisszociáció okozta látszólagos intenzitásnövekedésnek tulajdonították, amely csak abszorpcióban észlelhető. Éppen ezért ők kétségbevonták M. Guillery sémájában szereplő $v' > 3$ -ról származó γ sávok létezését emisszióban.

Gerő, Schmid és Szily 1943-ban a Die Naturwissenschaften c. folyóiratban adtak számot arról, hogy emisszióban lefényképezték az ε rendszert, és hogy a sávok rotációs analízise azt bizonyítja, hogy a sávok alsó állapota azonos az NO ${}^2\Pi$ alaptermjével, a felső állapot pedig különbözik az NO γ sávrendszer felső állapotától. Egy fél év múlva Gaydon⁸ majd néhány évvel később Migeotte és Rosen⁹ is ugyanerre az eredményre jutottak.

Az ε sávok rotációs analízisét Schmid, Gerő és Szily elvégezték a (0,2), (0,3) és (0,4) sávban. Eredményeik 1943. decemberében érkeztek be és 1944. márciusában publikáltattak a Physica 11 144 (1944) számban. A. G. Gaydon¹⁰ 1944. januárjában juttatta el rotációs analízisét az NO ε rendszer (0,4) sávjáról a Proc. Phys. Soc. folyóirathoz és ez az 56 160 (1944) számban jelent meg.

Tanaka¹¹ 1949-ben megpróbálta még abszorpcióban nyert diffúz ε sávjait a Herzberg—Mundie-féle hipotézissel magyarázni, 1952-ben azonban¹² — bizonyára új felvételei alapján — ő is a mellett foglalt állást, hogy az ε sávok külön rendszert alkotnak. Baer és Miescher¹³ 1953-ban újabb bizonyítékát adták az NO ε rendszer önálló voltának. Emisszióban lefényképezték az NO spektrum Schumann-tartományát. A kisülés N¹⁵-ben dúsított NO gázban történt. Ezt összehasonlítva a közönséges NO-ban történt kisülés spektrumával az izotópeltolódás könnyen felismerhető és mérhető. Az ε sávok (0,1) és (1,0) sávjaiban az eltolódás ellenkező értelmű, míg a (0,0) sávban nincs eltolódás. Baer és Miescher elvégezték a számításokat az izotóp eltolódás nagyságára és irányára nézve, úgy is, hogy az ε sávokat a γ rendszer folytatásának tekintették és úgy is, hogy ezek külön rendszert képeznek. Számításaik kitűnő egyezésben vannak az utóbbi esettel és ez egyértelműen bizonyítja Schmid, Gerő és Szily eredeti feltevését, hogy az ε sávok külön rendszert alkotnak, és ez végérvényesen biztosítja az NO D ${}^2\Sigma^+$ elektronállapotának létezését.

Schmid Rezső és Gerő Loránd új NO felvételének másik nagy eredménye az volt, hogy sikerült a β sávokat is lefényképezni közönséges Geissler-kisülésben. Az NO β sávok ugyanis rendszerint csak az aktív nitrogén utánvilágításában szoktak megjelenni, ezek a spektrumok azonban nem alkalmasak magas rotációs kvantumszámokig terjedő rotációs analízisre. A felvételen megjelent néhány erős β sáv rotációs analízisét Balleneger Katalin doktori disszertációja tartalmazza (1943).

Több dolgozat és doktori disszertáció utal arra, hogy Schmid és Gerő ennek a felvételnek az alapján átvizsgálták az NO γ sávok valamennyi elérhető vibrációs és rotációs nívóját, hogy magyarázatot tudjanak adni a β és γ sávok vibrációs emeleteinek $v' = 4$ ill. $v' = 3$ -nál történő megszakadásáról. A γ sávokon pontosan meg tudták állapítani a predisszociációs határgörbe helyét, a β sávokon pedig extrapolációval sikerült a predisszociációt lokalizálniok. A predisszociációt okozó repulzív term a γ és β sávoknak egymással igen csekély kölcsönhatásban levő felső állapotai közül a β sávokéval igen erős kölcsönhatásban van. Így a γ és β sávok rotációs termsorainak a β sávok predisszociációs határgörbéje felett levő (extrapolált) metszéspontjaiban akcidentális predisszociációt kellene észlelni a γ sávok megfelelő vonalain. Ennek az észlelésnek a megtörténtéről is beszámolnak az említett dolgozatok. Sajnos azonban Gerő Loránd közbejött szomorú halála és a háborús pusztulások miatt ebből az új felvételből éppen ezeknek a kérdéses γ sávoknak a publikálása maradt el. Valatin János a Proc. Phys. Soc. 60 533 (1948) számában közölte Gerő és Schmid megtalált kéziratát és ebben három γ sáv rotációs analízisét [az (1,0), (2,0) és (3,1) sávokét], ezek azonban nem igazolják megnyug-

tató módon az említett állításokat. A Valatin János által publikált kézirat tizenkilenc γ sáv új rotációs analíziséről tesz jelentést. Rendkívül örvendetes, hogy ezeknek a sávoknak komparálási jegyzőkönyvét és a Schumann-lemezek kivételével a felvételeket is az elmúlt hetekben megtaláltam. Sőt megtaláltam a 19-ből 18 sáv rotációs analízisét is, a hiányzó (2,0) sáv vonalai pedig megtalálhatók a Valatin által publikált cikkben. Így most már remélhető, hogy Schmid és Gerő hatalmas befektetett munkája nem merül feledésbe, sőt új eredményekhez vezet, hiszen ahogyan a felvételekből és az analízisből kitűnik, olyan magas rotációs kvantumszámokig jutottak el az egyes sávokban, amelyek messze felülmúlják az NO γ sávok legújabb — Ogawa¹⁴ által végzett — rotációs analízisét.

Időközben azonban az NO molekula színeképében található predisszociációkat többen magyarázták és ezek a magyarázatok nem abban a hipotézisben látszanak nyugvópontra jutni, amelyeket Schmid Rezső és Gerő Loránd is vallottak. Sutcliffe és Walsh¹⁵ részletesen diszkutálják az NO spektrumában található predisszociációkat és perturbációkat, és kimutatják, hogy ezek mind megmagyarázhatók annak feltételezésével, hogy a β sávok B $^2\Pi$ felső állapotának potenciálgörbéje rendre metszi a γ sávok A $^2\Sigma^+$, a δ sávok C $^2\Sigma^+$ és az ϵ sávok D $^2\Sigma^+$ (felső) állapotának potenciálgörbéjét. Szerintük tehát nincs szükség arra, hogy hipotetikus repulzív görbét vezessünk be a különböző rendszerek perturbációinak magyarázására.

Mint említettem, több dolgozat és doktori disszertáció utal a sávok újonnan elvégzett analízisére és ezzel kapcsolatban az észlelt predisszociációs jelenségekre. Schmid Rezső halála után Gerő Loránd publikálta kettőjük kutatásait a NO és ezzel kapcsolatban az N₂ molekula disszociációs energiájára vonatkozóan. Ezek szerint ők a NO molekula disszociációs energiáját 4,29 eV-ban (34 600 cm⁻¹), az N₂ molekula disszociációs energiáját 5,001 eV értékben állapították meg. Az irodalomban különféle elgondolások alapján különféle disszociációs energiák vannak forgalomban az NO, ill. N₂ molekulákra vonatkozóan. A kérdés megnyugtató módon még most sincs eldöntve. Sajnálatos, hogy Schmid Rezső és Gerő Loránd tragikus halála után megvédetlen maradt az ő álláspontjuk és mellőzötté vált az általuk javasolt disszociációs energiaérték mind az NO, mind az N₂ molekulára vonatkozóan.

Az NO molekulával kapcsolatos kutatások első részének lezárulásával Schmid Rezső áttért a CO, CO⁺, CO₂, CO₂⁺ stb. molekulák színeképeinek vizsgálatára. 1932-ben mint a Rockefeller alapítvány ösztöndíjasa Chicagoba ment. A Ryerson Physical Laboratory-ban, University of Chicago, Robert S. Mulliken professzor vezetésével végezte kísérleti munkáját. A fentebb említett molekulák színeképeit az ottani 21 foot sugarú nagy konkáv ráccsal fényképezte le, különböző

rendekben. Munkájáról két előzetes tájékoztatást és két cikket közölt a Physical Review c. folyóiratban, de az ott készült lemezek kiértékelése és kutatási eredményeinek részletes publikálása már itthon történt, 1933-, 1934- és 1935-ben. Ezeknek a felvételeknek az alapján történt a III. pos. sávok, a CO₂ színeképén látható szingulett- és dublett sávok vonalain észlelhető Zeeman-effektus vizsgálata, több CO₂ sáv rotációs analízise és a kísérletekből levonható tudományos következtetések részletes kifejtése. A szénoxid molekula már ismert Ångström és Herzberg sávjainak hiányos rotációs analízisét Ó és Gerő Loránd kiegészítették, a rotációs konstansokat az eddiginél nagyobb pontossággal kiszámították, és az Ångström sávokon bekövetkező predisszociáció helyét pontosan megállapították. A Herzberg sávok felső, C $^1\Sigma$ állapotán predisszociációt fedeztek fel, amely eredmény ismét egy lépéssel közelebb vitte őket a CO molekula disszociációs energiájának meghatározásához.

Még 1935-ben jelent meg az O₂ sávok Zeeman-effektusának vizsgálatáról szóló rövid értesítés — Bozóky László és Schmid Rezső munkája —. Ebből kiderül, hogy a sávokat már nem prizmás spektrográffal, hanem stigmatikus leképezéshez montírozott 21 foot sugarú, inchenként 15000 karcolatú ráccsal fényképezték az Intézetben.

Egy 1935 novemberében beküldött, de a Phys. Zschr.-ben csak 1936-ban megjelent — a CO 11,6 Voltnál levő predisszociációs határáról beszámoló — dolgozatban Schmid Rezső elmondja, hogy ezek a felvételek sokkal fényerősebbek, mint a megelőző, ugyanerről a spektrumról készült felvételek (készültek a Ryerson Physical Laboratory-ban, University of Chicago). Ezt úgy érte el, hogy az Intézet inchenként 30 000 karcolatú, 6,5 m-es konkáv rácsát Hochheim-ötvözetrel vonatta be (Dr. E. Hochheim, Heidelberg—Rohrbach). Akkor nemrégiben vált ismeretessé, hogy a Hochheim-fémmel bevont tükrök reflexióképessége más fémekét messze felülmúlja. A rács esetében érdekes módon az intenzitás mellett a vonalélesség és a vonalak definiált volta is többszöröse növekedett. Ez a szerencsés fordulat a rácsok használhatóságában lehetővé tette néhány olyan sávrendszer fényképezését nagy — 1,2 Å/mm — diszperzióval, amelyek eddig elérhetetlenek voltak a nagy rácsok fényszegénysége miatt. Ez a dolgozat jelzi, hogy ilyen módon lefényképezték az O₂⁺ és a CO IV. pos. sávjait, és ezek teljes rotációs analíziséről később Bozóky L. ill. Gerő L. számoltak be.

Ezzel a kitűnő spektrográffal folytatódott a vizsgálatok. A CO molekula termsémájának kiegészítése volt a következő cél. Az a' $^3\Sigma^+$ CO-állapot rezgési nívóinak helyét részben a megfigyelt a' $^3\Sigma^+ \leftarrow X^1\Sigma^+$ abszorpciók ill. a' $^3\Sigma^+ \rightarrow a^3\Pi$ emissziós sávokból, részben az A $^1\Pi$ ill. b $^3\Sigma^+$ állapotokon található perturbációkból állapították meg. Később két további perturbáló term — az e $^3\Sigma^-$ és I $^1\Sigma^-$ — rezgési és rotá-

ciós rendszerét állították fel a CO-nak A^1I állapotán talált többi perturbációból. Egy harmadik dolgozat a d^3I és a $3I$ termék rezgési és rotációs nívóit állítja fel, ezzel a különböző CO sávokban található valamennyi perturbáció magyarázatot kapott. A perturbáló term rotációs konstansainak az okozott perturbációkból való meghatározására Coster és Brons¹⁶, Schmid és Gerő, majd Kovács István dolgoztak ki megfelelő módszereket. Kovács István dolgozatában¹⁷ elméletileg tárgyalta az azonos multiplicitású termék közötti perturbációkat.

Schmidnek és Gerőnek sikerült lefényképezniük a CO »3A« sávjait, amelyek eddig — a többi sávokkal való összeesések miatt — rotációs analízis szempontjából megközelíthetetlenek voltak. A »3A« sávok rotációs analízisét is elvégezték. A kitűnő reflexió- és feloldóképességű, nagy diszperziójú rács-spektrográffal sikerült lefényképezni emisszióban a CO molekula ún. Cameron sávjait ($a^3I \rightarrow X^1\Sigma$ interkombinációs átmenet). A (0,0) sáv is fényerősen jelentkezett, amelyet addig emisszióban egyáltalában nem sikerült észlelni. — A Cameron sávokat abszorpcióban is lefényképezték, egymástól függetlenül Budapesten és Darmstadtban. A nem egészen egyforma körülmények között készült két felvétel összevetését és a (0,0) és (1,0) sávok rotációs analízisét L. Gerő, G. Herzberg és R. Schmid közösen publikálták. A két sáv nulla-vonalainak helyét $J = 0$ -ra való

extrapolációval határozták meg az $\frac{1}{3}(Q_1 + Q_2 + Q_3)$

adatokból, hivatkozva Budó Á.¹⁸ dolgozatára, amely meggyőz az eljárás helyességéről. — Schmid Rezső és Gerő Loránd több predisszociációt fedeztek fel a CO spektrumban és ezek alapján meghatározták a CO molekula disszociációs energiáját. A megállapított $D(\text{CO}) = 6,89$ eV-os érték — az NO disszociációs energiájához hasonlóan — csak egy a többi között; sajnos a különböző felfogások és magyarázatok között az ő észrevételeik és okos megfontolásaik már nem lehetnek ott.

A CO fotokémiai bomlásával kapcsolatos spektroszkópiai megfontolásokról is készülöben volt egy dolgozatuk. Ennek első fogalmazását a szerzők halála után J. G. Valatin közvetítésével W. Jevons közölte a Proc. Phys. Soc. 58. kötetében, 1946-ban. A. G. Gaydonnak a dolgozatban foglaltakra vonatkozó kérdéseire J. G. Valatin válaszolt ugyanennek a folyóiratnak következő kötetében, 1947-ben.

Több dolgozat foglalkozik a kétatomos hidridek és deuteridek disszociációs sémájával kapcsolatos problémákkal. A CH és CD spektrumát több tartományban lefényképezték, predisszociációs jelenségeket figyeltek meg, és elvégezték az ultraibolya rendszer vibrációs analízisét. Feast¹⁹ 1951-ben rámutatott arra, hogy az ultraibolyában fekvő Schmid és Gerő által észlelt CH és CD sávokat már Douglas és Herzberg²⁰ sem észlelték

1942-ben készített felvételeiken. Majd Pearse és Gaydon²¹ 1950-ben összeállított sávfejtáblázataiból megállapította, hogy Schmid és Gerő által a CH^+ és CD^+ ionok emissziójának tulajdonított ultraibolya sávok adatai megegyeznek a Mrozowski,²² ill. Mrozowski és Szule²³ munkáiban vizsgált HgH^+ és HgD^+ sávok adataival, és ebből ő azt a következtetést vonta le, hogy Schmid és Gerő sávjai a vakuum-rendszerükben levő Hg szennyeződésből erednek. — Ezzel persze még egyáltalában nem döntötte el a kérdést, ez csak már meglevő irodalmi adatokra való hivatkozás, amely adatoknak a helyessége és pontossága — ellenvélemény híján — természetesen biztosítottnak látszik. Nagyon sokat kerestem a kérdéses felvételeket, sajnos nem találtam meg, a felvételek megismétlésére pedig még nem kerülhetett sor.

A CO molekula 6,9 Voltos disszociációs energiájának alapulvételével Schmid és Gerő megvizsgálták a cián molekula disszociációs termékeit, meghatározták a CN disszociációs energiáját, foglalkoztak az N_2 molekula IV. pozitív sávrendszerével és az N_2 molekula disszociációs energiájának meghatározásával, behatóan vizsgálták az ezüsthidrid molekula színképét, és ennek $^1\Sigma - ^1\Sigma$ rendszeréből 60 sávot analizáltak.

Meg kell emlékezni még Schmid Rezső két fordításáról; az egyik Sommerfeld Arnold »A félek elektronelméletéről és az elektron természetéről« című előadásának fordítása. Ezt az előadást Sommerfeld 1930. január 27-én tartotta Budapesten az Eötvös Loránd Matematikai és Fizikai Társulat ülésén. A másik fordítás francia eredetiből készült: P. Zeeman, Hendrik Antoon Lorentz élete és munkássága.

Schmid Rezső volt tehát az, aki Magyarországon meghonosította a spektroszkópiát, és az akkori viszonyok nehézségeit legyőzve olyan laboratóriumot teremtett meg, amelynek már spektrográfjai is előkelő helyezést biztosítottak az itt készült analízisek számára. Munkássága igen nagy megbecsülésre talált mindenhol, erről tanúskodik a külföldi irodalomban fellelhető számos hivatkozás. Gondos, lelkiismeretes analíziseiből több olyan eredmény származott, amely mai ismereteink fő pillére, vagy amelynél tovább még ma sem jutottak el a spektroszkópikusok.

Schmid Rezső munkásságának azonban itt nincs vége. Sokszor elő kellett bújni a műhelyből, vagy a spektrumok közül, mert várták a fiatalok. Fáradhatatlanul nevelte tanítványait. Számos disszertáció készült itt, a Műegyetem Fizikai Intézetének alagsorában. Tanítványai közül nem egy ma is kitűnő művelője ennek a tudománynak.

De nemcsak spektroszkópiát lehetett Tőle tanulni. Ha megjelent piszkos, olajos köpenyében, akkor Vele együtt a derű is megjelent; pillanatok alatt bohókás, finom kedvességgel vette körül azt, aki a közelébe került. Kimondhatatlan szerénységgel és mély alázattal boncolgatta a

molekulák titkait, járta a »nagy szakállú tudomány« útjait. Soha nem látott megbecsüléssel fordult az emberek felé, tanított, segített, vigasztalt és bátorított. Tréfásan közeledett, de mindenki megérezte, hogy ebben mennyi együttlérzés és szeretet van. — »Ne tessék búsulni, nem érdemes... rázta fel a nekiszomorodottakat. — Hogy hogyan kell elkezdni egy szakdolgozatot?« ... mosolygott kedvesen az aggodalmaskodó »gyerekek«-re: csak egyféleképp lehet: »Már a régi görögök is...« és hogyan lehet folytatni?...» úgy, mintha egy hatalmas könyvnek a bevezetését írnánk, sűrűn szabadkozva, hogy a dolgozat csak 50 oldal lehet, így nincs mód a fejünkben levő tudásanyag részletes kifejtésére.« — Az ügyetlenkedőnek is oda szólt: »hogyan, hát nem megy? Pedig én azt hittem, hogy csak a markába köp, megpödrí a bajuszát, és máris kész az egész!« És így tovább.

Tizenkét éve már annak, hogy ezek elhangzottak, tizenkét éve már, hogy Ő nincsen többé. De közöttünk marad tiszta emléke, amelyet nem enged megfakulni a szívünkbe oltott szeretet.

Ezt a szeretetet fejezi ki, emlékének ápolását szolgálja az Eötvös Loránd Fizikai Társulatban 1950. óta minden évben kiosztásra kerülő Schmid-díj. A Társulat által alapított díjat olyan fiatal fizikusok kapják, akik kísérleti vagy elméleti kutatásaikkal méltónak bizonyultak arra, hogy Schmid Rezső emléke előtt meghajolva mondjanak köszönetet munkájuk elismeréséért.

Schmid Rezső rövid életének hatalmas munkájáról ez a kis ismertetés csak nagyon vázlatos képet nyújthatott. Sokkal egységesebb és teljesebb az a mérhetetlen megbecsülés és szeretet, amely még ma is körülveszi Őt volt barátai, munkatársai és tanítványai részéről.

Deézi Irén

Központi Fizikai Kutató Intézet
Spektroszkópiai Osztálya

IRODALOM

1. M. Guillery, Z. Physik 42 121 (1927).
2. E. L. Hill, J. H. van Vleck, Phys. Rev. 32 261 (1928).
3. F. A. Jenkins, H. A. Barton, R. S. Mulliken, Phys. Rev. 30 150 (1927).
4. H. P. Knauss, Phys. Rev. 32 415 (1928).
5. S. W. Leifson, Astrophys. J. 63 73 (1926).
6. W. H. Bair, Astrophys. J. 52 301 (1920).
7. G. Herzberg, L. G. Mundie, J. Chem. Phys. 8 263 (1940).
8. A. G. Gaydon, Proc. Phys. Soc. London 56 95 (1944).
9. P. Migeotte, B. Rosen, Bull. Soc. roy. d. Sci. de Liège 19 343 (1950).
10. H. G. Gaydon, Proc. Phys. Soc. London 56 160 (1944).
11. Y. Tanaka, Journ. Sci. Res. Inst., Tokio 43 160 (1949).
12. Y. Tanaka, Technical Report, Chicago (1952).
13. P. Baer, E. Miescher, Helv. Phys. Acta 26 91 (1953).
14. M. Ogawa, Science of Light 3 90 (1955).
15. L. H. Sutcliffe, A. D. Walsh, Proc. Phys. Soc. 66 209 (1953).
16. D. Coster, F. Brons, Physica 1 634 (1934).
17. I. Kovács, Z. Physik 111 640 (1939).
18. A. Budó, Z. Physik 98 437 (1936).

19. M. W. Feast, Proc. Phys. Soc. A. 64 592 (1951).
20. A. E. Douglas, G. Herzberg, Canad. J. Res. A. 20 71 (1942).
21. Pearse—Gaydon: The Identification of Molecular Spectra (London) 1950.
22. S. Mrozowski, Acta Phys. Polon. 4 405 (1935).
23. S. Mrozowski—M. Szulc, Acta Phys. Polon. 6 44 (1937).

Schmid Rezső publikációi:

Schmid Rezső: A kékszínű cobaltchlorid-oldatokban foglalt complex összetételéről. Disszertáció (1927).

B. Pogány, R. Schmid: Über den Einfluss des Magnetfeldes auf die Bandenlinien der dritten positiven Stickstoffgruppe. Z. Physik 49 162 (1928).

R. Schmid: Über die Banden der dritten positiven Stickstoffgruppe. Z. Physik 49 428 (1928).

Pogány Béla—Schmid Rezső: Az NO sávok szinképű, n. harmadik pozitív csoportjához tartozó sávok vonalainak Zeeman jelenségéről. Mat. és Term. tud. Ért. 45 472 (1928).

Schmid Rezső: Az NO sávok szinképű harmadik pozitív csoportjának sávjairól (γ sávok). Mat. és Term. tud. Ért. 45 481 (1928).

B. Pogány, R. Schmid: Über die Intensität der NO- γ Banden. Z. Physik 54 779 (1929).

R. Schmid: Über den Einfluss des magnetischen Feldes auf die Linien der NO- β Banden und über den Dublett-Charakter der NO- δ Banden. Z. Physik 59 42 (1929).

Pogány Béla—Schmid Rezső: Az NO γ sávok intenzitásáról. Mat. és Term. tud. Ért. 46 677 (1929).

R. Schmid: Über die Intensitätsverhältnisse der NO Banden. Z. Physik 59 850 (1930).

R. Schmid: Neuere Untersuchungen über die NO- β und γ Banden. Z. Physik 64 84 (1930).

R. Schmid: Über die NO δ Banden. Z. Physik 64 279 (1930).

R. Schmid, T. Neugebauer, D. Farkas, Charlotte Barabás: Die Gültigkeit der Hill- und van Vleck'schen Intensitätsformeln für die NO- γ Banden. Z. Physik 65 541 (1930).

Dr. Schmid Rezső: A spektroszkópiai izotóp-meghatározásokról. Magyar Chemiai Folyóirat 36. évf. (1930).

Schmid Rezső: A mágneses tér befolyásáról az NO- β sávok vonalaira; az NO- δ sávok kettős karakteréről. Matem. és Term. tud. Ért. 47 379 (1930).

Schmid Rezső: Újabb vizsgálatok az NO- β és γ -sávok szerkezetéről. Matem. és Term. tud. Ért. 47 485 (1930).

Schmid Rezső: A nitrogén-oxid sávjainak intenzitásvizonyairól. Matem. és Term. tud. Ért. 47 366 (1930).

Schmid Rezső: A nitrogén-oxid δ sávjairól. Matem. és Term. tud. Ért. 47 534 (1930).

E. Bródy, T. Millner, R. Schmid: Die Verschiebung der relativen Konzentration der paramagnetischen ($^2H_{1/2}$ -) und diamagnetischen ($^2H_{3/2}$ -) Moleküle in Stickoxydgas. Z. Physik 68 395 (1931).

Schmid Rezső: Az elektronizomériáról. Magyar Chemiai Folyóirat 37 157 (1931).

Bródy Imre, Millner Tivadar és Schmid Rezső: A paramágneses ($^2H_{1/2}$ elektronállapotú) és diamágneses ($^2H_{3/2}$ elektronállapotú) molekulák viszonylagos mennyiségének a hőmérséklettel való eltolódásáról nitrogén-oxidgázban. Matem. és Term. tud. Ért. 48 417 (1931).

R. F. Schmid: Zeeman Effect of the Third Positive Carbon Bands. Phys. Rev. 39 538 (1932).

R. F. Schmid: Excitation of the CO₂ Emission Spectrum in a Back Box. Phys. Rev. 39 539 (1932).

R. F. Schmid: Rotational Analysis of Some CO₂ Emission Bands. Part I. Phys. Rev. 41 732—50 (1932).

R. F. Schmid: Rotational Analysis of the First Negative Bands of the CO⁺ Molecule. Phys. Rev. 42 182 (1932).

R. Schmid: Über die Struktur und den Zeeman-effekt des CO₂ Emission-Dublettbandes bei 2900 Å. Z. Physik 83 711—38 (1933).

- R. Schmid*: Dublett und Staggering in den einfachen Emissionsbanden des Kohlenoxydspektrums. *Z. Physik* 85 384–88 (1933).
- R. Schmid und L. Gerő*: Zur Rotationsanalyse der ${}^2\Sigma \rightarrow {}^2\Sigma$ und ${}^2\Pi \rightarrow {}^2\Sigma$ Banden des CO^+ . *Z. Physik* 86 297–313 (1933).
- R. Schmid und L. Gerő*: Über den Zeemaneffekt der Kometschweifbanden. *Z. Physik* 86 314–320 (1933).
- R. Schmid*: Zeeman-Effekt an Triplettbanden. Einfluss des Magnetfeldes auf die Linien der dritten positiven Kohlenoxydbanden. *Z. Physik* 89 701–707 (1934).
- R. Schmid und L. Gerő*: Über die $B\,{}^1\Sigma \rightarrow A\,{}^1\Pi$ und $C\,{}^1\Sigma \rightarrow A\,{}^1\Pi$ Banden des Kohlenoxyds. *Z. Physik* 93 656–68 (1935).
- R. Schmid und L. Gerő*: Über den Zeeman Effekt der Störungsstellen des $A\,{}^1\Pi$ Zustandes in CO . *Z. Physik* 94 386–96 (1935).
- R. Schmid und L. Gerő*: Zur Struktur der 5 B-Banden des CO -Spektrums. *Z. Physik* 96 198–202 (1935).
- R. Schmid und L. Gerő*: Prädissoziation am $C\,{}^1\Sigma$ Zustand des CO . *Z. Physik* 96 546–550 (1935).
- R. Schmid*: Zur Deutung der Beobachteten Zeeman-effekte der NO γ - und CO^+ -Kometschweif-Banden. *Zeeman, Verhandlungen* 175–179 (1935).
- R. Schmid*: Über die Dissoziationsenergie des Kohlenoxyds. *Műgyetem B. és K. mérnöki oszt. Közleményei* 7 172 (1935).
- L. Bozóky, R. Schmid*: Additional First Negative Oxygen Bands. *Phys. Rev.* 48 465 (1935).
- L. Bozóky, R. Schmid*: Zeeman Effect in the First Negative Oxygen Bands. *Phys. Rev.* 48 466 (1935).
- R. Schmid*: Zur Deutung der Elektronenstossversuche an CO und Konsequenzen bezüglich der Bindungsenergiewerte $\text{C}-\text{C}$ und $\text{H}-\text{C}$ auf Grund der Annahme: $D(\text{CO}) = 6,9$ Volt. *Z. Physik* 99 274 (1936).
- R. Schmid und L. Gerő*: Prädissoziation am $A\,{}^1\Pi$ - Zustand des CO , Dissoziationsenergie des Kohlenoxyds bei 6,9 Volt. *Z. Physik* 99 281 (1936).
- R. Schmid*: Über die Dissoziationsprodukte des CN Moleküls auf Grund der vorgeschlagenen Dissoziationsenergie $\text{CO} = 6,9$ Volt. *Z. Physik* 99 562 (1936).
- R. Schmid*: Zur Deutung der Stosspotentiale von C^+ - und C^{++} -Ionen im CO_2 -Gas auf Grund der Annahme $D(\text{CO}) = 6,9$ Volt. *Z. Physik* 99 626–32 (1936).
- R. Schmid und L. Gerő*: Über die Rotationskonstanten der IV. pos. CO Banden. *Z. Physik* 101 343 (1936).
- R. Schmid und A. Budó*: (mit Versuchsergebnissen der Dissertation von Jolánthe Zemplén): Über den Zeeman-Effekt der atmosphärischen Sauerstoffbandenlinien. *Z. Physik* 103 250–62 (1936).
- R. Schmid*: Zeeman Effect in the Atmospheric Oxygen Bands. Production of a Strong Magnetic Field over a Length of 80 cm. *Phys. Rev.* 49 271 (1936).
- Schmid Rezső*: Vizsgálatok a szénatom kötőenergiájáról. *Mat. és Term. tud. Ért.* 54 769–93 (1936).
- R. Schmid*: Zur Prädissoziationsgrenze des CO bei 11,6 Volt. *Phys. Zsch.* 37 55–56 (1936).
- R. Schmid und L. Gerő*: Über die Grenzkurve der Dissoziation an Bandenspektroskopischer Grundlage. *Z. Physik* 104 724 (1937).
- R. Schmid und L. Gerő*: Zur Vervollständigung des Termschemas von Kohlenoxyd I. Schwingungsterme und Rotationskonstanten des $a\,{}^3\Sigma^+$ -Zustandes. *Z. Physik* 105 36 (1937).
- R. Schmid und L. Gerő*: Zur Vervollständigung des Termschemas von Kohlenoxyd II. *Z. Physik* 106 205 (1937).
- L. Gerő, G. Herzberg and R. Schmid*: On the Cameron Bands (${}^3\Pi - {}^1\Sigma$) of Carbon Monoxide. *Phys. Rev.* 52 467 (1937).
- R. Schmid, L. Gerő*: Dissoziationsenergie des Kohlenoxyds. *Z. Phys. Chem. B.* 36 105 (1937).
- R. Schmid, L. Gerő*: Rotabschattierte Banden des CO in der Gegend von 2670–3310 Å. *Die Naturwissenschaften* 25 90 (1937).
- R. Schmid, L. Gerő*: Lichtstarke Emissionsaufnahmen der $a\,{}^3\Pi \rightarrow X\,{}^1\Sigma$ (Cameron) Interkombinationsbanden des CO , unter hoher Dispersion. *Die Naturwissenschaften* 25 90 (1937).
- R. Schmid, L. Gerő, J. Zemplén*: Das Dissoziationschema des CN -Moleküls. *Die Naturwissenschaften* 25 558 (1937).
- R. Schmid, L. Gerő*: Rotational Analysis of the «3A» Bands of CO . *Nature* 139 928 (1937).
- R. Schmid, L. Gerő*: Structure of a New System of CO Bands. *Nature* 140 508 (1937).
- Schmid Rezső és Gerő Loránd*: A szénoxid molekula energiaállapotairól. *Mat. és Term. tud. Ért.* 55 691 (1937).
- Schmid Rezső és Gerő Loránd*: A szénmonoxid «3A» sávrendszerének rotációs analízise. *Mat. és Term. tud. Ért.* 56 854 (1937).
- Schmid Rezső és Gerő Loránd*: Széntartalmú vegyületek és gyökök képződési és disszociációs energiáiról. *Mat. és Term. tud. Ért.* 56 865 (1937).
- R. Schmid, L. Gerő*: Die Verdampfungswärme des Kohlenstoffs. *Műgyetem B. és K. mérnöki oszt. Közleményei* 9 173 (1937).
- R. Schmid, L. Gerő*: Über die graphische Darstellung der Energiezustände eines zweiatomigen Moleküls auf Grund von bandenspektroskopisch erforschten Daten. *Ann. d. Physik* 33 70 (1938).
- R. Schmid, L. Gerő and J. Zemplén*: Dissociation Energy of the CN Molecule. *Proc. Phys. Soc. London* 50 283 (1938).
- R. Schmid, L. Gerő*: Über das Dissoziationsschema einiger Metallhydride. *Die Naturwissenschaften* 26 108 (1938).
- R. Schmid, L. Gerő*: Prädissoziation im CO -Spektrum bei 8,83 Volt. *Physikalische Zsch.* 39 460 (1938).
- R. Schmid, L. Gerő, Katalin Lőrinczi, G. Neu*: Revision of Al I Terms. *Nature* 141 1017 (1938).
- Schmid Rezső, Gerő Loránd és M. Zemplén Jolán*: A ciánmolekula disszociációs energiájának meghatározása. *Mat. és Term. tud. Ért.* 57 189 (1938).
- Schmid Rezső, Gerő Loránd*: A szénoxid új sávjairól. *Mat. és Term. tud. Ért.* 57 625 (1938).
- Schmid Rezső, Gerő Loránd*: Széntartalmú vegyületek és gyökök képződési és disszociációs energiáiról II. *Mat. és Term. tud. Ért.* 57 637 (1938).
- L. Gerő und R. Schmid*: Über die Dissoziations-schemata der Zweiatomigen Hydride und Deuteride. *Z. Physik* 111 588 (1939).
- L. Gerő und R. Schmid*: Zur Vervollständigung des Termschemas von Kohlenoxyd III. *Z. Physik* 112 676 (1939).
- L. Gerő und R. Schmid*: Über die Dissoziations-schemata der zweiatomigen Hydride und Deuteride II. *Z. Physik* 115 47 (1940).
- L. Gerő und R. Schmid*: Über die Deutung der Störungen in Stickstoffbanden. *Z. Physik* 116 246 (1940).
- L. Gerő und R. Schmid*: (Zugleich Messergebnisse der Dissertation von Edith Jegesi enthaltend) Rotations-analyse der IV. positiven Banden des N_2 Moleküls. *Z. Physik* 116 598 (1940).
- L. Gerő und R. Schmid*: Prädissoziationserscheinungen in den CH - und CD -Banden. *Z. Physik* 118 210 (1941).
- L. Gerő und R. Schmid*: Über Dissoziation isotoper Moleküle. *Z. Physik* 118 250 (1941).
- L. Gerő, R. F. Schmid*: Rotational Analysis, Perturbation and Predissociation in the CD and CH Bands. *Phys. Rev.* 59 528 (1941).
- L. Gerő, R. Schmid*: Vibrational Analysis of CD and CH Bands in the Region of 2260–2500 Å. *Phys. Rev.* 60 363 (1941).
- L. Gerő, R. F. Schmid*: Isotope Effect in the Predissociation Phenomena of the CH and CD Molecules. *Phys. Rev.* 60 911 (1941).
- L. Gerő, R. Schmid*: Über die isolierte Liniengruppe« in den 4300 Å-Banden im CH - und CD -Spektrum. *Die Naturwissenschaften* 29 239 (1941).

L. Gerő, R. Schmid: Schwingungsanalyse von ultravioletten CD- und CH-Banden. Die Naturwissenschaften 29 504 (1941).

L. Gerő, R. F. Schmid: On Perturbations Causing Apparent Convergence in the C₂ Spectrum. Phys. Rev. 62 82 (1942).

L. Gerő, R. Schmid: Über eine angebliche Konvergenzgrenze im C₂-Spektrum. Die Naturwissenschaften 30 Heft 27 (1942).

L. Gerő, R. Schmid: Homogene Störungen im Bandenspektrum des Silberhydrids. Die Naturwissenschaften 30 Heft 50/51 (1942).

Gerő Loránd, Schmid Rezső: A spektrális termék egymáshozrendelése és a potenciálgörbék át nem metezésének hipotézise. Mat. és Term. tud. Ért. 61 835 (1942).

L. Gerő, R. Schmid: Über das Bandenspektrum des Silberhydrids (Zugleich Messergebnisse der Dissertationen von I. Doktorits und K. Mészáros enthaltend). Z. Physik 121 459 (1943).

L. Gerő, R. Schmid, K. F. von Szily: Über das ε-Bandensystem des NO-Moleküls. Die Naturwissenschaften 31 Heft 16/18 (1943).

R. F. Schmid†, L. Gerő: Dissociation Energy of the NO Molecule. — Dissociation Energy of the N₂ Molecule. Csillagászati Lapok 6 101 (1943).

Gerő Loránd, Schmid Rezső: Disszociációs kontinuumok észlelésének feltételeiről. Mat. és Term. tud. Ért. 62 384 (1943).

Schmid Rezső†, Gerő Loránd: A nitrogénoxid mole-

kula energiaállapotairól. Mat. és Term. tud. Ért. 62 408 (1943).

Schmid Rezső†, Gerő Loránd: Az N₂ molekula disszociációs energiája. Mat. és Term. tud. Ért. 62 416 (1943).

L. Gerő, R. Schmid†, F. K. von Szily: Rotationsanalyse der ε-Banden des NO-Moleküls. Physica 11 144 (1944).

R. F. Schmid and L. Gerő: Homogeneous Perturbations in Band Spectrum of AgH Molecule. Phys. Rev. 70 226 (1946).

R. F. Schmid and L. Gerő (MS. received from J. G. Valatin and communicated by W. Jevons 13. July 1946) Photochemical Decomposition of CO. Proc. Phys. Soc. 58 701 (1946).

Dr. J. G. Valatin: Addendum to Discussion on the paper by R. F. Schmid and L. Gerő entitled »Photochemical Decomposition of CO« Proc. Phys. Soc. 58 701 (1946). Proc. Phys. Soc. 59 502 (1947).

L. Gerő and R. Schmid: (MS. communicated by J. G. Valatin after the death of both authors; received 25. June 1947. Proc. Phys. Soc. 60 533 (1948).

Fordítások:

Sommerfeld Arnold: A fémek elektronelméletéről és az elektron természetéről. Fordította: Schmid Rezső. Mat. és Fiz. Lapok 36 81 (1930).

P. Zeeman: Hendrik Antoon Lorentz élete és munkássága. Francia eredetiből fordította Schmid Rezső. Mat. és Fiz. Lapok 37 118 (1931).

A IV. magyar fizikus vándorgyűlés

A hazai fizikuséletnek immár évek óta visszatérő nevezetes eseményei a vándorgyűlések. Az 1950-ben rendezett emlékezetes pécsi és az azt követő debreceni gyűlések utáni évben a vándorgyűlés helyett Fizikus Kongresszust rendezett a Tudományos Akadémia és a Társulat, a következő vándorgyűlés színhelye pedig Budapest volt. Így most kétévi fővárosi ülésezés után megint vidékre került sor. Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat választása, igen helyesen, Észak-Magyarországon egyik kiemelkedő kulturális centrumára, a műemlékekben is oly gazdag Eger városára esett. Itt folyt le augusztus 25 és 27 között a IV. Magyar Fizikus Vándorgyűlés.

Némi nehézséget okozott a nagyszámú jelentkező elhelyezése. A vándorgyűlésre kb. 350-en jelentkeztek, azonban csak mintegy 170 fő részvételére nyílt lehetőség. A résztvevők többsége a Pedagógiai Főiskola leánydiákszállójában, kisebb része pedig a szép Táncsics-szállóban lakott. A közös oda-vissza utazás, valamint az étkeztetés megszervezése mintaszerű volt.

Már több nehézséget okozott a vándorgyűlés programjának összeállítását. Fizikuséletünk örvendetes fejlődésének eredményeképpen a bejelentett előadások száma rendkívül magas volt: száznál is több. A tavalyi vándorgyűlés tapasztalatai azonban megmutatták, hogy egy ily nagymértékben zsúfolt program megvalósítása nem nagyon előnyös, még akkor sem, ha az előadások több parallel szekcióban folynak. (Ennek megoldása egyébként Egerben különben is bonyolult lett volna.) Éppen ezért a Társulat vezetősége úgy döntött, hogy csak az általános érdeklődésre leginkább számot tartó előadásokat veszi fel a vándorgyűlés programjába. A többi, speciálisabb jellegű problémák megvitatásának legalkalmasabb helyei és lehetőségei a szűkebb szakember-körök részvételével rendezett ún. kollokviumok. (Mint ismeretes, az első ilyen kollokviumot, melynek tárgya a relativitáselmélet volt, már ez év áprilisában megrendezték Dobogókőn, és pedig igen nagy sikerrel. Jelenleg több másféle tárgyú kollokvium előkészületei folynak.) Így tehát végül is az idei vándorgyűlés programján 28 előadás szerepelt.

Nagyon szerencsés ötlet volt az ún. összefoglaló ismertető előadások beállítása. Ezek között szerepelt Marx György docens átfogó ismertetése a pozitroniumról, erről a különös atommag nélküli atomról; Bodó Zalán kandidátus előadása arról, hogy a félvezetők elmélete és gyakorlata terén elért újabb eredmények hogyan teszik majd lehetővé a Nap fény- és hőenergiájának foto-, illetve termoelemek útján történő kiterjedt felhasználását; továbbá Sándor Endre adjunktus részletes ismertetése a kristályok Fourier-szintézisének módszereiről. (Winter Ernő akadémikus beszámolója az oxidkatód fizikája terén végzett többévtizedes munkásságáról a szerző betegsége miatt elmaradt.) Ezeket a nagy sikert aratott összefoglaló előadásokat lapunk más helyén részletesen közölni fogjuk.

A vándorgyűlést augusztus 25-én, csütörtökön reggel 9 órakor Gyulai Zoltán professzor, a Társulat elnöke nyitotta meg. Üdvözölte a megjelenteket és a vándorgyűlés díszelnökségébe hívta meg a megyei és városi állami és pártiszervek megjelent képviselőit, valamint az egri Pedagógiai Főiskola küldöttét. Ezután Kovács István professzor, a KFKI igazgatója tartotta meg referátumát a Szovjetunió Tudományos Akadémiájának ez év júniusában rendezett moszkvai üléséről, ahol a magyar delegáció tagjaként vett részt. Ismertette főbb vonásaiban az atomenergia és a magfizikai kutatások terén elért legújabb szovjet sikereket, valamint beszámolt a világ első atom-villanytelepén és más magfizikai kutatóintézetekben tett látogatásáról. Ez az előadás a kiadott programban nem szerepelt, hanem Simonyi Károly professzornak »Az atomenergia felhasználásának gyakorlati lehetőségei« c. meghirdetett előadása helyébe lépett, minthogy Simonyi professzor a vándorgyűlés időpontjában még nem érkezett vissza a genfi atomenergia-értekezletről.

A vándorgyűlés első napjának többi előadása főként a KFKI-ben és a debreceni atommagfizikai kutatóintézetben végzett újabb magfizikai kísérletekkel, a kozmikus sugárzással és spektroszkópiai kérdésekkel foglalkozott. A második napon az ipari fizika és a kri-

tályfizika több kérdése szerepelt a napirenden. A harmadik nap előadásai vegyes témák körül csoportosultak, több elméleti jellegű előadás is elhangzott.

A vándorgyűlést Szigeti György lev. tag, a Társulat főtítkárának záróbeszéde rekesztette be. Hangoztatta, hogy ez a vándorgyűlés forradalmi időpontban zajlott le. A magyar fizikusélet fejlődését jól tükrözi az a tény, hogy az ideai megbeszéléseken már nem a műszerek és berendezések építésével, hanem az azokkal végzett első sikeres kísérletekkel foglalkoztak. Látnivaló, hogy az ötéves terv nagy beruházásai most kezdenek kamatozni. Figyelemreméltó eredményeket értek el kutatóink a magfizika terén is. Nem vitás, hogy a Szovjetunió által nyújtandó segítség az e téren végzett kutatásokat a jövőben jelentős mértékben fogja fellendíteni. Befejezésül a főtítkár köszönetet mondott mindazoknak, akik-

nek támogatása az ideai vándorgyűlés megszervezését és sikeres lebonyolítását lehetővé tette.

A vándorgyűlés idén is hozzájárult a különböző intézetekben dolgozó kutatók kapcsolatainak elmélyítéséhez. Az előadások szüneteiben a résztvevők nagy érdeklődéssel tekintették meg Eger városának gazdag kulturális és történelmi, művészeti nevezetességeit, sőt sokan szép kirándulásokat is tettek a környékre. Pénteken este a Tánicsics-szálló kertjében társasvacsera volt, amin Szigeti György elvtárs tartott rövid pohárköszöntőt. Kár, hogy a vacsorát heves zivatar zárta le...

Az ideai vándorgyűlés egészében véve egészséges szellemet tükrözött. Ellentétben az összes eddigi rendezvényekkel, zsúfoltságnak, kapkodásnak nyoma sem volt. A nyugodt légkör nagyban hozzájárult a vándorgyűlés sikeréhez.

A IV. MAGYAR FIZIKUS VÁNDORGYŰLÉSEN ELHANGZOTT ELŐADÁSOK KIVONATAI

KOVÁCS ISTVÁN:

BESZÁMOLÓ A SZOVJETUNIÓ TUDOMÁNYOS AKADÉMIAJÁNAK AZ ATOMENERGIA BÉKÉS FELHASZNÁLÁSÁRÓL TARTOTT KONGRESSZUSRÓL (ÖSSZEFOGLALÓ ELŐADÁS)

Szalay Sándor

(Debreceni Kísérleti Fizikai Intézet)

Hasadási termékek Debrecen légkörében 1952–1954-ig

A kísérleti atombombarobbanások nagymennyiségű rádióaktív hasadási terméket szórnak szét a légkörben, amelyet azután a légáramlások szétszórnak. GM. számlálócsővel végzett vizsgálatok kétségtelenül kimutatták a hasadási termékek jelenlétét az esővízben. Kiemelkedő aktivitások esetén az atombomba robbantásának időpontját is sikerült egy-két nap pontossággal megállapítani.

Neszmélyi András

(KFKI Atomfizikai Osztály)

Hasadási keresztmetszetek mérése

Az előadás beszámolt az U^{235} termikus hasadási hatáskeresztmetszetének méréséről. Ezenkívül ismertetette a Th^{232} gyors neutronokra vonatkozó átlagos hasadási keresztmetszet mérését. Az U^{235} -n végzett mérés elve: összehasonlítás az ismeretlen $\sigma_{U^{235}}$ és a $Li^6(n, \alpha)He^3$ reakció 2%-ra ismert hatáskeresztmetszete között.

Keörmley Gábor—Pásztor Endre

(KFKI Atomfizikai Osztály)

Rövid felezési idejű izotópok előállításása kaszkádgenerátorral

A kísérletek során (n, γ) reakcióval aktív jódot és brómot állítottak elő. Az aktivitás bekonzentrálására Szilárd és Chalmers módszerét használták fel. Neutronforrásként a $Bi(d, n)$ reakció szolgált; az 500 kV-os, kb. 40 μA -es deuteron sugarat egy kaszkádgenerátor szolgáltatta. A neutronáram kb. $2,8 \cdot 10^8$ n/sec volt.

Erő János—Keszthelyi Lajos

(KFKI Atomfizikai Osztály)

A $Li(p, \gamma)$ reakciójánál fellépő sugárzással végzett magfotoeffektus vizsgálatok

A vizsgálatok során a $J^{127}(\gamma, n)J^{126}$ magreakciót a $Li(p, \gamma)$ reakcióból származó γ sugárzással hozták létre. A reakciót a J^{126} rádióaktivitásának mérésével indikálják. A sugárzás két monoenergetikus vonalból áll (617,6 MeV, 14,8 MeV, intenzitás arány kb. 3:1). A protonforrás a 800 kV-os kaszkádgenerátor volt.

Nagy János

(Debreceni Kísérleti Fizikai Intézet)

Vizsgálatok $B^{10,11}(a, n)N^{13,14}$ atommagátalakulások gerjesztési függvényére vonatkozóan

A szerző 3,2 mC erősségű Po α -preparátummal meghatározta a $B + \alpha \rightarrow N + n$ típusú magátalakulások hatáskeresztmetszetgörbéjét. A neutronsugárzás 1,32 cm, 1,64 cm, 3,04 cm, 3,3 és 3,6 cm a -hatótávolságnál éles rezonanciahelyeket mutatott, amiből különféle elméleti következtetések vonhatók le.

Medveczky László

(Debreceni Fizikai Kutató Intézet)

Po-Be neutronforrás energiaspektrumának vizsgálata fotemuulziós módszerrel

A $Be^9(a, n)C^{12}$ magfolyamatot kísérő neutron-sugárzás energiájának meghatározása a visszalökött proton nyomok kimérésén alapult, protonforrásul az emulzió zselatinjának H-tartalmát alkalmazva. A neutron eloszlási spektrum energia-maximuma 10,7 MeV-nél van. Az eloszlás három, jól kiemelkedő maximumot mutat: 1,3; 4,4; és 6,9 MeV energiáknál.

MARX GYÖRGY

POZITRONIUM (ÖSSZEFOGLALÓ ELŐADÁS)

Faragó Péter—Gécs Mária

(KFKI Elektromágneses Hullámok Osztálya)

Néhány atommag mágneses nyomatékának meghatározása

Az irodalmi adatokat, azok egymás közti eltérését és megadott hibáit, továbbá saját különleges rezonancia-abszorpciós berendezéssel végzett méréseik hibaforrásait megvizsgálva meghatározták az F^{19} , Na^{23} és P^{31} atommagok mágneses nyomatékának legvalószínűbb értékét és standard hibáját.

Bozóki György—Fenyves Ervin

(KFKI Kozmikus Sugárzási Osztály)

Vizsgálatok a kozmikus sugárzás nem-ionizáló áthatoló komponensével kapcsolatban

A szerzők a kozmikus sugárzás áthatoló nem-ionizáló komponensét vizsgálták egy antikoincidencia berendezéssel. A 15 cm Pb-al mért abszorpciós görbe alakja arra mutat, hogy a nem-ionizáló primérek neutronok, míg a 2,5 cm Pb-al felvett görbe szerinti esetben a neutronok mellett más nem-ionizáló részecskék, valószínűleg fotonok is szerepelnek.

Sándor Tamás—Somogyi Antal

(KFKI Kozmikus Sugárzási Osztály)

Kiterjedt légzáporok áthatolási effektusának mérése

10×10 méter bázisterületen négyes koincidienciában mérték a kiterjedt légzáporok áthatolási görbéjét 0–25 mm ólomvastagság mellett, egyidejűleg beállított 320, 640, 1600 és 3200 cm²-es észlelhető felületekkel. Az eredmények alapján meghatározható a foton-elektron aránynak a zápor sűrűségétől való függése.

Bardócz Árpád

(KFKI Spektroszkópiai Osztály)

Szikrafényforrásokban lejátszódó fizikai folyamatok vizsgálata időben felbontott színeképek alapján

Az alkalmazott optikai rendszer leglényegesebb eleme egy forgó konkáv tükör, amelynek segítségével az elektronikus vezérlésű szikrafényforrás képét a spektrográf részével párhuzamosan nagy sebességgel elvándoroltatjuk. A vizsgálatok legfontosabb eredménye, hogy a szikrafényforrások által kibocsátott különböző színeképeket időben felbontva egymástól teljesen el lehet különíteni.

Kiss Árpád István—Muth Béla Róbert

(KFKI Spektroszkópiai Osztály)

Ötös és ötös-hatos ortokondenzált heterociklusos vegyületek fényelnyeléséről

Az ötös-hatos ortokondenzált gyűrűs alapvegyület (indén) színeképe az egységes, mezomer rendszer hiánya miatt a stírolhoz hasonló. Indol esetében lehetőség van egységes elektronrendszer kialakulására. Ennek megfelelően teljesen eltérő szerkezetű színeképet kapunk. A heteroatom változtatásával részben megváltozik az az abszorpciós görbe szerkezete.

BODÓ ZALÁN

TERMOELEMÉK ÉS FÉNYELEMÉK ALKALMAZÁSA SUGÁRZÁSI ENERGIÁNAK ELEKTROMOS ENERGIÁVÁ VALÓ ÁTALAKÍTÁSÁRA (ÖSSZEFOGLALÓ ELŐADÁS)

Rieger Éva

(TÁKI)

Oxidkátódok villamos vezetőképességének vizsgálata

Félaautomata váltóáramú hiddal a szerző megvizsgálta különböző összetételű magfémekben a különböző oxidanyagok (Ba, Sr, Ca) elektromos vezetőképességének alakulását a termikus és elektrolitikus aktiválás folyamán, továbbá az élettartam folyamán bekövetkező változásokat.

Házi Endre

(Vegyipari Egyetem, Anal. Kémia Tanszék, Veszprém)

Elektronkilépési munka időbeli változásának vizsgálata kontaktpotenciál mérésrel

A kontaktpotenciál mérése kondenzátor-impulzus módszerrel működő berendezéssel és Feussner kompenzátorral történt. Elsősorban réz, vas és különböző alumínium ötvözeteknél oxigén atmoszférában, illetve száraz levegőn lejátszódó elektronkilépési munka változását mérték. Ez a módszer alkalmas korróziós vizsgálatokra is.

Cornides István—Tóth Lajos

(Bp. Tudományegyetem, Kísérleti Fizikai Intézet)

Ionemisszió-vizsgálatok rádiófrekvenciás tömegspektrométerrel

A felbontóképesség növelésének és a készülék praktikus kivitelének szempontjai szerint elkészült berende-

zéssel a szerzők termikus ionemissziós vizsgálatokat végeztek, elsősorban a jelenségnek időbeli lefolyására, valamint felületi kezelés — és hőmérséklet — függésére vonatkozólag.

Sebestyén L. Gábor—Váradi F. Péter

(TÁKI)

Vizsgálatok rádiófrekvenciás tömegspektrométerrel

A szerzők ismertették az általuk kidolgozott, elektromosan gáztalanítható, kétkamrás spektrométercsövet és a hozzá tartozó elektronikus berendezést, melynek segítségével bármely gáz parciális nyomása $2 \cdot 10^{-3}$ Torr nyomásig lemérhető, és mellyel kvantitatív analízis elvégzése is lehetséges.

Hedvig Péter—Nagy Árpád

(KFKI Elektromágneses Hullámok Osztálya)

Paramágneses Faraday-effektus mérése 3 cm körüli hullámhosszon

Egy 3,2 cm-es klisztron energiáját egy megfelelő átmenet segítségével TE₁₁ hullámforma alakjában táplálták be a hengeres mérőtérbe. A mágneseret szolenoiddal állítják elő. A polarizációsik elforgatási szöge egy tárcsa segítségével közvetlenül mérhető. Az elforgatható detektor áramát egy galvanométer segítségével detektálták.

SÁNDOR ENDRE:

KRISTÁLYOK FOURIER SZINTÉZISE

(ÖSSZEFOGLALÓ ELŐADÁS)

Náray-Szabó István

(Építéstudományi Intézet)

Kristályrácsok új rendszere

A szerző által javasolt új rendszerezés feltünteteti a kötés típusát, az összetételt, a típus folyószámát és az altípusokat (testvérszerkezeteket). A típusok száma így csökken, az áttekinthetőség nagyobb lesz.

Gémesi József—Horváth Éva—Lendvai János

(Bp. Tudományegyetem, Kísérleti Fizikai Intézet)

Hazai gyártmányú EDT (ethylendiamintartarát) egykristály állandóinak vizsgálata

A szerzők meghatározták a kristály hőtágulási együtthatóit, megmérték állandó hőmérséklet és nedveségtartalom esetén különböző orientációjú lemezek soros rezonancia-frekvenciáját a szélesség-hosszarány függvényében és meghatározták a frekvencia hőmérsékleti együtthatóját 20 °C és 70 °C között.

Fényes Imre

(Bp. Tudományegyetem Fizikai Intézet)

A virtuális elmozdulás fogalmának és a D'Alembert-elvnek relativisztikus általánosítása

A virtuális elmozdulás átértelmezésével a D'Alembert-elv átfogalmazható. Ennek relativisztikus formája a klasszikus mechanikai elvvel azonos, de a virtuális elmozdulás fogalma relativisztikus értelemben veendő. Az általánosítás helyességének kritériumaként tekinthető az a tény, hogy az általánosított D'Alembert-elv valóban a relativisztikus Langrange-függvényt szolgáltatja.

Nagy Imre—Pál Lénárd—Pallagi Dezső

(KFKI Ferromágneses Osztály)

A magnetit permeabilitásának frekvenciafüggése 10–100 cm hullámhosszú elektromágneses terekben

A szerzők magnetit komplex permeabilitásának frekvenciafüggését vizsgálták az 1000–3000 MHz-es frekvenciatartományban egy koaxiális tápvonalban el-

helyezett, parafinban szuszpendált magnetitpor-min-tán. Ismertették a mérés elvét, gyakorlati kivitelét, a felvetődött kérdéseket és a mérőberendezést.

Tarnóczy Tamás

(Posta Kísérleti Intézet)

Új módszer a beszédszinkép meghatározására

A szerző módszere abban áll, hogy egyszerre több ember beszédét ugyanarra a mágnesszalagra veszi fel. A visszajátszás után keletkező teljesen homogén statisztikus zaj elemzése a folytonos szinképű zörejek elemzési módszereivel történhet. A módszer egyének, nyelvek, zenekarok és hangszerek jellegzetes szinképének meghatározására alkalmas.

Schmidt György

(KFKI Atomfizikai Osztály)

Cserenkov-sugárzás hullámvezetőkben és üregrezonátorokban

Bizonyos hullámvezetőkben (pl. haladó hullámú csövekben) egyes mikrohullámú frekvenciák sebessége kisebb a vákuumbeli fénysebességnél, ezért az elegendően gyors elektronok Cserenkov-sugárzást bocsátanak ki. Ez indítja meg a cső berezgését. Az üregrezonátor berezgését hasonló jelenség idézi elő. Ezt a szerző a klasszikus elektrodinamika alapján számítással igazolta.

Dörnyei Józsefné—Györgyi Géza

(Bp. Tudományegyetem Fizikai Intézet és KFKI Kozmikus Sugárzási Osztály)

Fotonok hullámvezetőben

Az előadók veszteségmentes hullámvezetőkben haladó fotonok impulzusát és impulzusmomentumát vizsgálták. Meghatározták a térimpulzus hullámvezető tengelyébe eső komponensének sajátértékét. Megállapították továbbá, hogy hullámvezetőben a foton nem lehet spin-sajátállapotban. Hengeralakú hullámvezetőben azonban lehetséges a teljes momentumok sajátállapota.

Károlyházi Frigyes—Marx György

(Bp. Tudományegyetem Fizikai Intézet)

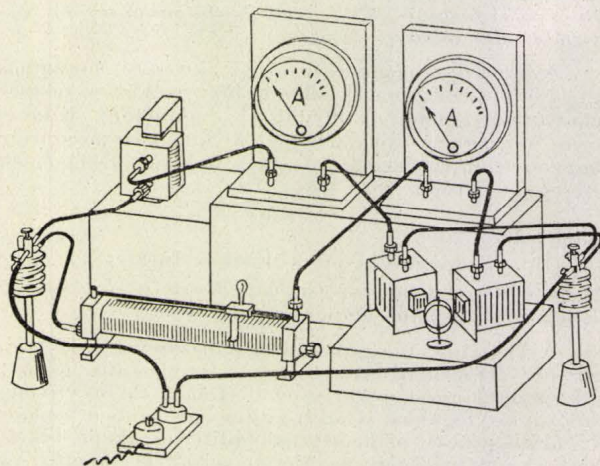
Rádiófrekvenciás fotonok abszorpciója szabad elektronokon

A számítások szerint egy gerjesztett üregrezonátoron áthaladó elektronnalálbnál energiaszórás nem lép fel, ha a tér meghatározott fázisban rezeg. Ebből azt a következtetést kell levonni, hogy az adott fázissal rendelkező elektromágneses hullámban az abszorpciós és emissziós folyamatok a kvantumelektrodinamika szerint nem tekinthetők függetleneknek. Ez az eredmény kísérletileg ellenőrizhető lehet.

A FIZIKA TANÍTÁSA

Kísérletek az univerzális fázisjelzővel

A fáziseltolási jelenségeket általában izzólámpás kísérletekkel szokás demonstrálni. E kísérletek eléggé érdekesek, de alapvető didaktikai hiányosságai vannak:



1. ábra

a) Nem mindig tűnik ki belőlük kellő világossággal, hogy az önindukció és kapacitás egymás ellen dolgoznak.

b) Kombinált terhelés esetén többnyire nem világos, hogy az induktív vagy kapacitív ellenállás van-e túlsúlyban.

c) Nem lehet az induktív—kapacitív körben előforduló összes viszonylatokat (az $R_L > R_C$ az $R_L = R_C$ és $R_L < R_C$ eseteket) egyetlen izzólámpás összeállításban demonstrálni, mert a hőhatásnak nincs pozitív és negatív jellege: a lámpa nem tud pozitíven és negatíven égni. Emiatt a jelenségcsoport kevésbé áttekinthető.

d) Nem ismeretes olyan izzólámpás kísérlet, amely az idetartozó valamennyi lényeges jelenséget egyetlen univerzális összeállításban mutatná be, vagyis úgy, hogy a sorrendben következő jelenségek bemutatását a meglévő összeállítás egy vagy több kísérleti elemének egyszerű cseréjével tenné lehetővé.

e) Megemlítjük még, hogy nem tudunk olyan egyszerű iskolai demonstrációról sem, amely az induktív és kapacitív jelenségek frekvenciafüggőségét minden részletükben, de mégis egyetlen összeállítással mutatná be.

Ezúttal olyan összeállítást ismertetünk, amely univerzalitása mellett egyrészt szemléletesebb a többenél, másrészt a technikai valósághoz is sokkal közelállóbb módon lévén felépítve, jobban megfelel a korszerű fizikatanítás világszerte irányadó elveinek. (Pl. a politechnikai képzés elvének.)

A közlendő összeállítással egyébiránt nemcsak a fáziseltolási jelenségek egységes didaktikai tárgyalását véljük biztosítani, de jelentékeny időmegtakarítást is elérhetünk a tanításban. A frekvenciafüggőségre talált megoldást, bár szorosan

kapcsolódik a jelen közleményhez, egy más alkalommal ismertetjük majd.

A fáziseltolási jelenségeket legjobban mechanikai hatásukkal: egy rövidrezárt forgórész forgásával demonstrálhatjuk a forgómágneses térben.

1. A kísérletsorozatot leghelyesebben a forgómágneses tér objektív bemutatásával kezdjük, megmutatva egy rövidrezárt forgórész aszinkron forgását a sodrott fonálon pörgő patkómágnes alatt. A jelenség közvetlenül kapcsolható a Lenc-törvényhez.

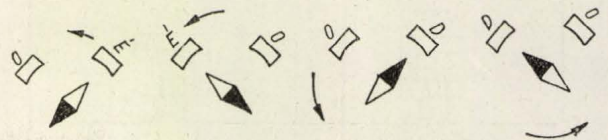
2. Ezután az ismert normatekercekből összeállítjuk a fázisjelzőt (1. ábra). Ez két darab 600 menetes, merőleges tengelyekkel felállított vas-magos tekercs, amelynek szögterében mint rövidrezárt forgórész: egy alumínium gyűrű foroghat. A gyűrű gramfontűhegyen támaszkodhatik és jobb híján levágható egy kisméretű alumínium konzervdobozból is. A tű csapágya lehet egyszerű borszegecs.

A 220 V-os váltóáramot elágaztatjuk. (Ez T dugóval is eszközölhető.) Az egyik ágban az egyik fázistekercs ohmos ellenállással és műszerrel, a másikban a másik fázistekercs nyitott szögvas-magos tekercsel és műszerrel van sorbakötve. Mindkét ágban egyenlő áramot állítunk be. Az ohmos ág fázistekercsének árama jóval kevesebbet késik a feszültséghez képest, mint az induktív terhelésű ágé, ennélfogva a jobb fázistekercs árama és mágnestere előbb épül fel, mint a baloldali tekercs. Egyszerűség kedvéért feltehetjük, hogy a fáziseltolás a két áram között majdnem 90° . Ennek megfelelően (2. ábra), amikor a jobb tekercsben max. áram van és pólusa pl. északi, akkor a bal tekercsben nincs áram. Negyedperiódus múlva a bal tekercsnél van észak és a jobb tekercsben nincs áram és i. t. A fel nem tüntetett nyolcadperiódusokra nézve: ha pl. a jobboldali tekercs gyengülő északi, akkor a bal tekercs erősödő, de még nem max. erősségű északi pólusú lesz.

A mágnes tér tehát felülről nézve óramutatóval ellenkezően forog: (\curvearrowright). Ebben a térben egy rövidrezárt forgórész Lenc törvénye szerint a térrel egyértelműen, de aszinkron forog. Sokkal szemléletesebb azonban vektorosan megmutatni, hogy a gyűrűre minden pillanatban a térrel egyértelműen forgató erőpár működik (3. ábra).

A gyűrűnek a pólushoz közelebb eső felét veszszük számításba az indukció szempontjából, mert az indukció itt nagyobbfokú, mint a messzebb eső gyűrűfélben. A rajzok felülnézetben mutatják az indukált áram irányát a pólushoz közel eső félgyűrűben. Ha a félgyűrű árama a pólusközelen pl. tőlünkfolyó, akkor a másik felében nyilván felénkfolyó. Az áramirányra azonban nem a jobbkéz-, hanem a balkéz-szabály irányadó, mert nem a vezetőt mozgatjuk, hanem a mágnes tér mozog a vezetőhöz képest. És mivel a gyűrű egyúttal áramjárta keret, amely maga is mozoghat, elmozdulását a mágnes térben ugyancsak a balkéz-szabály határozza meg. Jól

látható, hogy mindenkor van a mágnes térrel egyértelműen forgató erőpár: a gyűrű tehát felülről nézve az óramutatóval ellenkezően forog (\curvearrowright). Könnyű belátni továbbá, hogy ilyen erőpár a fel nem tüntetett nyolcadperiódusokban is működik.



2. ábra

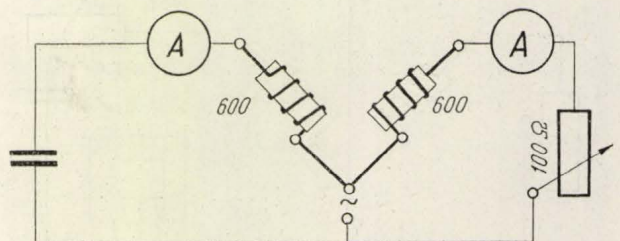
3. Húzzuk kifelé az egyik fázistekercs vas-magját: a fáziseltolás mértéke és ezzel a sebesség csökken.

Az induktív ágban cseréljük ki az 1200 menetes tekercset 300 menetesre, tegyük fel a záróvasat is, és ezenkívül növeljük a tolókával az ohmikus ág ellenállását. A sebesség jóval nagyobb lesz, a fáziseltolás tehát növekedett. Az tör-



3. ábra

tént tulajdonképpen, hogy a két ágot ohmos és induktív ellenállás szempontjából ellenkező tulajdonságúvá tettük. Az induktív ágban kis R mellett nagy lett az R_L az ohmos ágban pedig fordítva. A fáziseltolást tehát ohmos és induktív szempontból ellenkező tulajdonságú ellenállásokkal lehet növelni.

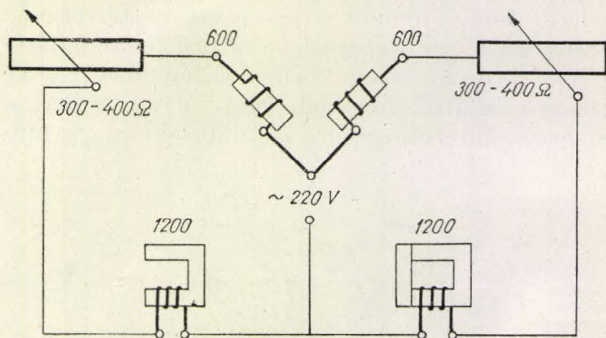


4. ábra

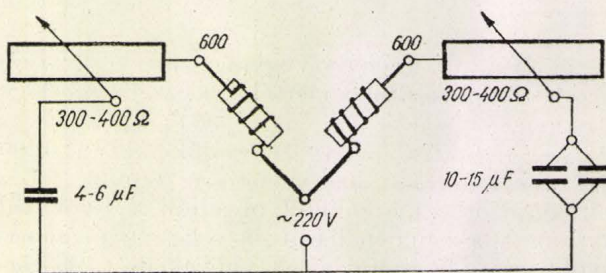
4. Mérjük meg a főágba iktatott műszerrel az osztatlan áramot. Ez kisebb, mint az ohmos és induktív elágazások áramainak összege.

5. Tegyük a szögvas-magos tekercs helyébe kondenzátort ($8-15 \mu F$). A forgás iránya: (\curvearrowright), vagyis az áram a bal fázistekercsben épül fel előbb. Így legszemléletesebb az önindukció és kapacitás ellentett hatása (4. ábra).

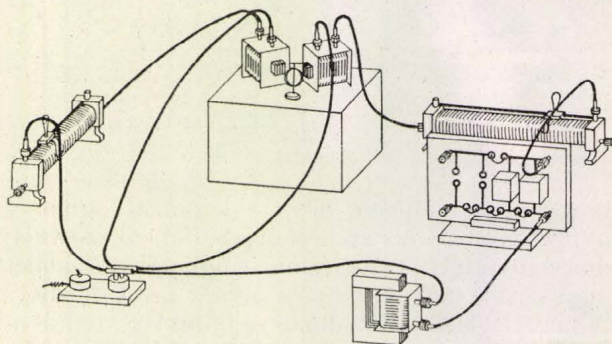
6. Mérjük meg a főágba iktatott műszerrel az osztatlan áramot. Ez ismét kisebb, mint az ohmos és induktív elágazások áramainak összege.



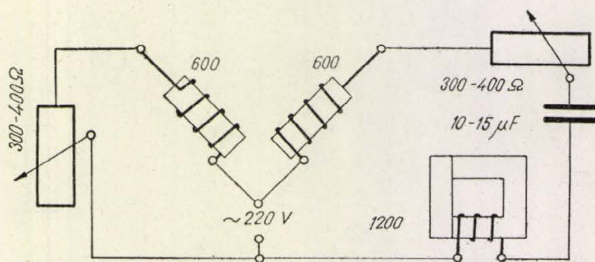
5. ábra



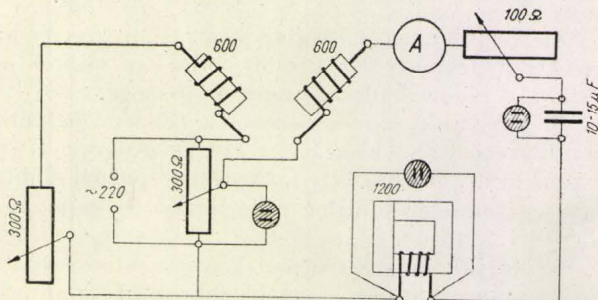
6. ábra



7. ábra



8. ábra



9. ábra

7. Az egyik ágban kössünk sorba nyílt szögvasmagos tekercset, a másik ágban pedig zárt vasmagos tekercset tolöellenállással (5. ábra). Az elágaztatást végezhetjük T dugóról a 7. ábra módjára. A gyűrű forgása: (\curvearrowright), tehát a bal fázistekercs árama épül fel előbb. Eltolva a záróvasat a fáziseltolás csökken és így a sebesség is. A záróvas levételekor vagy már előbb is a gyűrű megáll. Ha most még a tekercset is lehúzzuk a vasmagról a forgásirány: (\curvearrowleft).

8. Nyílt szögvasmagok mellett állítsunk be a tolókával egyenlő ellenállásokat. A gyűrű nem forog, de ha a jobb ellenállást eléggé csökkentjük, akkor: (\curvearrowright). A baloldali ellenállást redukálva vagy a jobboldalit növelve viszont: (\curvearrowleft). Az induktív terhelésű körben tehát az ohmos ellenállás csökkentésével a fáziskésés növelhető és megfordítva.

9. Az 5-ös kísérletben mérjük meg a jobb oldalon az induktív és a vele sorbakötött ohmikus ellenállás sarkain a feszültségeket, majd pedig a kettő végpontjai között is. Az utóbbi kisebb, mint a kettő összege.

10. A két szögvasmagos tekercs helyett tegyünk be kondenzátorokat (6. ábra). A jobboldali kapacitás legyen változtatható, és elsőízben legyen kb. $8-10 \mu F$ -al nagyobb a másiknál. A gyűrű (\curvearrowleft). A kapacitások egyenlősége esetén a gyűrű megáll. Ha ekkor a tolókával változtatjuk az egyik ohmikus ellenállást, újra van forgás (l. a 8-ik kísérletet).

11. Mérjük meg külön a sorbakötött kondenzátor és tolöellenállás sarkain a feszültségeket, majd pedig a kettő végpontjai között is. Az utóbbi ismét kisebb, mint a kettő összege.

12. Kössünk sorba az egyik elágazásban tolöellenállást, zárt vasmagos tekercset és kondenzátort ($10-15 \mu F$). A másik elágazásban csak tolöellenállás legyen (7. és 8. ábra). A gyűrű: (\curvearrowright). Ez azt jelenti, hogy a bal fázistekercs árama épül fel előbb, a jobb fázisjelző árama tehát késik: az induktivitás van fölényben. Toljuk el a záróvasat: a fáziskésés és így a sebesség is csökken, végül a gyűrű megáll. A záróvas további eltolásával a forgásirány (\curvearrowleft), vagyis a kapacitás siettető hatása érvényesül. A megállás a feszültségi rezonancia esete: megszűnik a fáziskésés és a jobb elágazás úgy viselkedik, mintha csak ohmos ellenállása volna. Megmérve ekkor a tekercs és kondenzátor sarkain a feszültségeket, azok közel egyenlők és feltűnően nagyok ($180-200 V$). Ezzel szemben a tekercs és kondenzátor két végpontja közötti feszültség ilyenkor a legkisebb. ($100 V$ körül. Az ohmos ellenállások miatt kisebb vagy éppen 0 nem lehet.) Kössünk sorba még egy $1 A$ mérőhatárú műszert is: rezonanciánál az áram maximális, kb. $0,8-0,9 A$.

13. Ez a feszültségi rezonanciakísérlet különösen szép, ha feszültségjelzőül csillólámpát alkalmazunk (9. ábra). Az összeállítás lényegében az előző marad, de most a soros rezgőkört nem közvetlenül kötjük $220 V$ -ra, hanem egy tolöellenállás

segítségével potenciométeresen. (Lehet, hogy enélkül is sikerül a rezonancia beállítása, de így mindenestre finomabb szabályozás válik lehetővé.) Kössünk a potenciométer, a kondenzátor és a tekercs sarkaira 220 V-os csillólámpákat. A kísérletet zártvasmaggal kezdve a gyűrű forgása: (\curvearrowright), a potenciométer és a tekercs csillója felizzik, az önindukció fölényben van, és a kapcsolófeszültség nagyobb része a tekercs sarkaira jut. A vasmag eltolásával ismét beállítjuk a feszültségi rezonanciát: a potenciométer csillója, mint kapcsolófeszültségjelző elalszik, a gyűrű megáll és egyidejűleg egyenlő fényesen izzik a tekercs és a kondenzátor csillója. Az árammérő maximumot mutat. A vasmag további eltolásánál a gyűrű ellenirányban (\curvearrowleft) forog, a tekercs csillója alszik el, és a kapcsolófeszültségjelző ég most együtt a kondenzátor csillójával. A kapacitás került felül és a kapcsolófeszültség jórésze a kondenzátor sarkaira jut.

14. A 8. ábra fázisjelzője megmarad, de a jobb oldali elágazásban most csak ampermérővel sorbakötött nyílt szögvasmagos tekercs (1200 m), a baloldalon pedig ugyancsak műszerrel sorbakötött 6–15 μF kapacitás legyen. A tolóellenállást hagyjuk el. A főágban is legyen ampermérő. A gyűrű forgása: (\curvearrowright). A fáziskülönbség most sokkal nagyobb, mert a kondenzátor sietteti a baloldali, az önindukció pedig késlelteti a jobb oldali fázisjelző áramát. Párhuzamos rezgőkörrel van szó.

Szélso esetben: az áramrezonanciánál az eltolódás a fázistekercsek áramai között 180° , vagyis a két elágazás árama ellenkező irányú. Az áramrezonanciát a záróvas lassú feltolásával lehet beállítani és ekkor a gyűrű forgása a leggyorsabb. Ez egyébiránt könnyen érthető a 3. ábrából. Ott a tekercs áramai között ideális esetben 90° -os eltolás van, és ekkor az egyik pólus maximális erősségénél a másik mindig 0. A 180° -os eltolásnál az egyik pólus maximumánál a másik is maximális erősségű, de ellenkező pólus. Ez pedig nyilván nagyobb forgatónyomatékokat jelent. A két műszer kb. egyenlő áramot mutat, a főág műszere pedig minimumot. Egy 6 μF -os kondenzátor pl. a féligzárt 1200 menetes tekercsel párhuzamosan kötve (1, 67 H) rezonál a hálózati frekvenciára. Egyéb (a záróvas lassú feltolása közben előállítható) rezonancia esetek 50 periódusnál:

Henry	0,029	0,34	0,402	0,67	0,83	81,005	1,26	1,67
μF	34	30	25	15	12	10	8	6

Nyílt.. vasmagos 1200 menetes tekercs.. féligzárt.

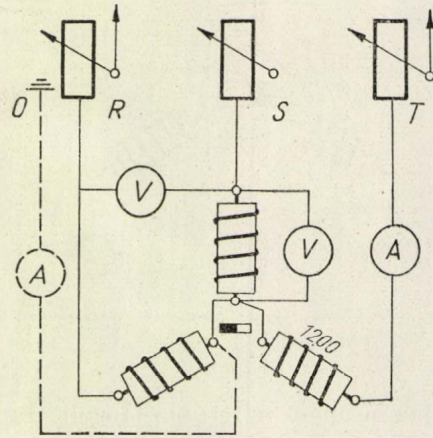
15. Előbbi kísérletünket megismételhetjük 10–12 vagy 15 μF kapacitással és alig zárt vasmagos tekercsel úgy, hogy a műszerek helyett pl. 6V/3Wattos izzókat iktatunk be.

Az izzók becsavarása előtt a záróvasmagot kissé toljuk fel, nehogy valamelyik kiégjen. *Rezonancia akkor van, amikor a két ág izzója egyenlően, a főágé pedig egyáltalán nem ég, és a gyűrű leggyorsabban forog.*

16. Három 600 vagy 1200 menetes rövid vasmagos tekercset 120° -ban állítunk fel és csillagkap-

csolásban előtétellenállásokon át rákötjük a háromfázisú hálózatra (10. ábra). A gyűrű forogni kezd. Ugyanez történik deltakapcsolásban is (11. ábra. Háromfázisú aszinkron motor.) Ha a gyűrűt mágnesűre cseréljük ki, a forgás igen gyors. (Szin-kronmotor.)

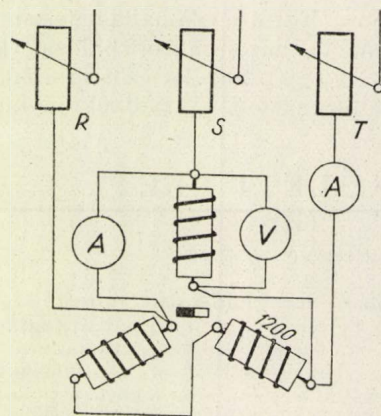
A három csillagkapcsolású tekercset most 90° -ban állítjuk fel és a mágnesűt a háromfázisú



10. ábra

hálózatról szinkron felpörgetjük. Most iktassuk ki az egyik fázist, a mágnesűt a megmaradt egyszerű váltakozó mágnesűterben is tovább forog. Megszakítva ezt az áramkört a mágnesűt megáll, újra bekapcsolva azonban nem indul meg ismét.

17. A csillagkapcsolású tekercsek egyikének sarkaira kössünk voltmérőt, továbbá bármelyik két fázisvezeték között is mérjünk feszültséget



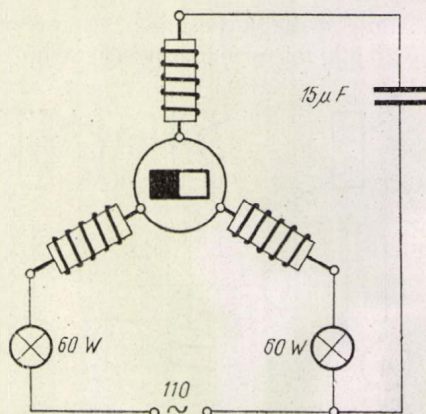
11. ábra

nagyobb mérőhatárú voltmérővel (10. ábra). A tekercs sarkain fázisfeszültség (110/220 V) a fázisvezetékek között pedig láncolt feszültség (190/380 V) mérhető. A hányados 1,73. A fázisvezetékbe iktatott ampermérő láncolt áramot mér.

18. A csillagpontot földeljük és az így kapott nullvezetékbe is iktassunk ampermérőt. Nem folyik benne áram. (A földelés az előbbi kísérletre nem vonatkozik.) Mérjünk feszültséget a

nullvezeték és az egyik fázisvezeték között. Ez fázisfeszültség lesz, szemben a fázisvezetékek között mérhető láncolt feszültséggel.

19. A deltakapcsolású tekercsek közé (11. ábra) iktassunk ampermérőt és a fázisvezetékekbe is.



12. ábra

Előbbi fázisáramot, az utóbbi láncolt áramot mér ($I = 1,73 I_f$). Ezt a láncolt áramot mértük a 17. kísérletben is. A voltmérő bármelyik tekercs kapcsai között láncolt feszültséget mér.

20. Az egyfázisú hálózat egyik vezetékét ágaztassuk el a három csillagkapcsolású tekercs közül kettő felé, és az egyik ágba iktassunk be egy $15 \mu F$ kondenzátort (12. ábra). Előtellenállásokul 60 W-os izzók szolgálhatnak. A gyűrű: (\curvearrowright). A kísérlet jó példa a háromfázisú aszinkron motornak egyfázisú kondenzátoros motorként való használatára.

21. Legyen most a három fázistekercs 600 vagy 1200 menetes. Egy tolóellenállást feszültségosztóként kötünk a háromfázisú hálózat két fázisvezetékére, és egy 220 V-os csillaglámpát alkalmazunk feszültségjelzőül. A csillagkapcsolású fázis-

tekercsek közül kettőt a feszültségosztóhoz, a harmadikat a szabad fázisvezetékbe kötjük. A tekercsek fölé homályos üveget teszünk, majd elosztítás után a feszültségosztót úgy szabályozzuk, hogy a csilló rendesen égjen. A tekercsek között lévő mágnesű forgásba jön és az üvegen csillagszerű árnyképek sorozata látszik. Mihelyt a tű szinkron forog, a mágnesű képe áll, mert a csilló a tűt csak minden fordulat után világítja meg.

A leírt kísérletsorozat különös jelentőségű a technikai elektrotechnika-tanításban.

Madas László

Bánki Donát Gépipari Technikum
Budapest.

IRODALOM

Roller—Pricks: Schulversuche zur Elektrizitätslehre.
Bretschneider: Physik in Versuche.

JEGYZET

A »fázisjelző« szót a rövidség kedvéért használtuk a helyesebb, de hosszú »fáziseltolás-jelző« helyett. Ugyanezen okból, tudatosan használjuk a purifikációs törekvések ellenére is a »váltóáram« kifejezést a váltakozó áram helyett. Úgy véljük nem helytelenül, mert valóban az erősségét és a feszültséget minden pillanatban, az irányát pedig félperiódusonként »váltó« áramfajról van szó. Ebben a felfogásban a »váltakozó« megjelölés inkább csak a periodicitást fejezi ki. Nem helyesíthető a »trafó« rövidítéssel szemben megnyilatkozó purifikációs törekvések sem. E széles körben elterjedt szavak ellen alig tehető indokolt kifogás, hiszen tekintve gyakoriságukat, a szavak rövidsége és könnyű kiejtése jelentős előnyöket: hely és időmegtakarítást jelent írásban és szóban egyaránt. A »trafó«-t illetően pedig tudott dolog, hogy a hosszabb és idegen eredetű műszavak praktikus rövidítése általános jelenség a tudomány és technika egész területén. Teljesen indokolja ezt az ismeretanyag óriási mértékű bővülése miatt mindinkább fenyegető idő és helyhiány, ami már a tanításban is jelentkezik. Valóban nem mindegy ma már, hogy az ilyen gyakori műszó kettő vagy négy szótagú-e. Magyar nyelvhelyességünket pedig semmiképpen sem érinti az, hogy a transzformátorból trafó, a váltakozó áramból pedig váltóáram lett.

EGYESÜLETI ÉLET

TARJÁN FERENC 70 ÉVES

November első napjaiban töltötte be 70. életévét Tarján Ferenc ny. gimn. igazgató tagtársunk. Alig hisszük el ezt Tarján Ferenc tagtársunkról, hiszen őt ott látjuk minden egyesületi megmozdulásunknál. Részt vesz az egyesületi életben, mint a hétfő esti összejövetelek állandó látogatója; választmányi üléseink, vitaestjeink, vándorgyűléseink alkalmával mindig körünkben van nemcsak mint hallgató, de mint a viták élénk résztvevője is. Nem egy ízben hallottuk érdekes előadását Társulatunkban, vándorgyűlésünkön, az Optikai és Kinoteknikai Egyesületben vagy a rádióban.

Négy évtizedes, tapasztalatokban és eredményekben gazdag tanári pálya áll mögötte, és ennek ellenére is fiatalos érdeklődéssel kíséri a tudomány és technika haladását. Tarján Ferenc tagtársunkról elmondhatjuk, hogy magasan felette van az átlag tanárnak. Végigéli a fizikának a század elején megindult nagy fellendülését, látja ennek technikai jelentőségét, maga is hozzájárul a fejlődéshez, de mint jó pedagógus kitűnően át tudja adni az ismereteket nemcsak az iskolában, hanem azok

számára is, akik könyveiből, vagy népszerűsítő előadásai-ból akarják megismerni a tudomány és technika haladását.

Tarján Ferenc Budapesten született 1885. november 4-én. Alsó- és középfokú iskoláit szülővárosában végezte, majd a pesti egyetemre iratkozott be fizika-matematika szakos tanárnak. Egyetemi tanulmányait az 1905–1910-es években végezte. Eötvös Loránd, Klupathy Jenő, Fröhlich Izidor professzorok szerették meg vele a fizikát; matematika tanárai is kiváló szakemberek: Beke Manó, Rados Gusztáv, Scholtz Ágoston, Suták József. Tanulmányainak befejezése után a főváros szolgálatába lép, s pályája során több középiskolában működik. Működésének nyoma meglátszik azoknak az iskoláknak a fizika-szertárában, ahol fizikát tanított. Tanári működésének néhány fontosabb állomása az Izabella utcai kereskedelmi iskola; az Eötvös József-gimnázium, a IX. kerületi Mester utcai kereskedelmi iskola, amelynek 1946-ban igazgatója lett.

1948-ban, közel négy évtizedes tanári munka után a főváros meleg elismerésével nyugalmába vonult.

Tarján Ferencnek számos cikke jelent meg különböző szaklapokban. Cikkeinek főbb témái: a rádió, kino-

technika, színes film, stereofilm, televízió. E téren számos jelentős találmánya is van.

Több könyvet is írt. 1935-ben jelent meg »Hogyan születik a találmánya, 1936-ban: »Atomrakétán a Marsba«, majd 1942-ben »Feltalálók műhelytitkai«. Társzerzője az 1947-ben megjelent »Új találmányok és felfedezések lexikona« c. műnek. Nagyon tanulságos 20 év után kezünkbe venni pl. az »Atomrakétán a Marsba« című könyvét. Ő szinte előre látta bizonyos tudományos eredmények megszületését, amik azóta meg is vannak. A »Feltalálók műhelytitkai« című könyvében ismerteti az emberiség számára legfontosabb felfedezések történetét. Külön részben ismerteti a magyar származású felfedezők eredményeit. Úgy véljük, hogy különösen ifjúságunk fogathat nagy haszonnal ilyen könyvet. Magyarországon valószínűleg kevesen tudják azt, hogy a manapság olyan jól ismert pick-up magyar találmány, éspedig Tarján Ferenc tagtársunké. Találmánya 1924. évben született. Berendezése fejhallgató membránjához forrasztott tüt használt fel a hanglemez lejátszáshoz; az erősítés rádiókészülék segítségével történt.

Magyarországon az első nyilvános rádió-bemutató előadást is ő tartotta 1924 májusában a Zeneművészeti Főiskolán, ahol ismertette a készüléket és a Siemens-Halske-gyár készülékeinek működését bemutatta. 1926 novemberében az Operaházban bemutatta nagyothalló készülékét; az operaelőadást a rádió közvetítette, s a nézőtérrel elhelyezkedett süketek az előadást a rádióközvetítéssel a nagyothalló készülékkel hallgatták. 1929-ben szerkeszt egy halló és beszélő gépmibert, melyet a Corvin áruházban, majd a Nemzetközi Vásáron mutattak be. Ugyanez évben Budapesten és Berlinben bemutatja színes filmjét, a »Colorophon«-t. Igen kedvelt témája a stereofilm. E téren is van néhány találmánya. Foglalkozik stereofilmelek készítésének, vetítésének és nézésének kérdésével. Stereoszkopikus film-találmánya a »Plasticophon«, melyet 1930-ban mutatott be először a Magyar Filmklubban, majd a Magyar Kinotechnikai Társaság rendezésében 1935-ben a Műegyetemen.

Az 1947–48 években a Főváros megbízásából két oktatófilmet készített: az egyik a »Rádióaktivitás«, a másik »Az atom szerkezete«.

Tarján Ferenc tagtársunk írásai mellett mint előadó is sokat tett a tudomány népszerűsítéséért. Számtalan előadást tartott régebben az Urániában, a Szabadegyetemen, a rádióban; újabban a TTIT-ban, valamint a rádióban.

Tarján Ferenc tagtársunk példa lehet a fiatal tanárnemzedék számára a tanári hivatás szeretetében, a tudomány eredményeinek széleskörű ismertetésében.

A magyar fizikus társadalom, az Eötvös Loránd Fizikai Társulat szívből kívánja Tarján Ferenc tagtársunknak, hogy jó erőben és egészségben még sok esztendő töltsön körünkben.

KANDIDÁTUSI ÉRTEKEZÉSEK MEGVÉDÉSE

1955. szept. 23-án védte meg *Kisdi Dávid* (Műszaki Egyetem Fizikai Intézete) kandidátusi értekezését, melynek címe: »Atommagok és nukleonok effektív kölcsönhatási potenciáljának meghatározása az atommagok statisztikus elmélete alapján«. A dolgozat azzal a kérdéssel foglalkozik, miként írható le kvantummechanikailag egy nukleonnak egy nehéz atommaggal való kölcsönhatása. A nukleon-párok közt ható kicserélődési potenciálokat és a Pauli-elv által állított követelményt sikerült egy az atommag sűrűségétől függő potenciál-függvénybe összefoglalni. Ennek segítségével Kisdi Dávid meghatározta az ólom-atommagba befogadó nukleon kötési energiáját, állapotfüggvényét és a szórási hatáskeresztmetszetét. Az aspiránsi munka *Gombás Pál* akadémikus vezetésével készült. Opponensek *Horváth János* és *Marx György* kandidátusok, a Bírálóbizottság elnöke *Szalay Sándor* lev. tag volt. Az opponensek és a Bizottság az értekezés elfogadását és a kandidátusi cím odaítélését javasolta egyhangúlag.

1955. szeptember 24-én került sor *Fenyves Ervin* (Központi Fizikai Kutató Intézet, Kozmikus Sugárzási Osztály) »GM-csővek megszólalási valószínűsége ionizáló kozmikus sugárzási részecskékre« c. kandidátusi értekezésének vitájára. Az értekezés alapját a Geiger–Müller számlálócsövek kozmikus sugárzási mérések szempontjából fontos tulajdonságának, a megszólalási valószínűségnek a mérése képezte. Az értekezés opponensei *Szalay Sándor*, az Akadémia levelező tagja és *Bozóky László*, a fizikai tudományok kandidátusa, a Bíráló Bizottság elnöke pedig *Kovács István*, az Akadémia levelező tagja voltak. A Bíráló Bizottság egyhangú határozatában javasolta Fenyves Ervin kandidátussá való nyilvánítását.

1955. szeptember 27-én védte meg *Ádám András* (Központi Fizikai Kutató Intézet, Kozmikus Sugárzási Osztály) »Koherens fénynyalábokban haladó fotonok koincidenciái« c. kandidátusi értekezését. A disszertáns értekezésében a kvantummechanika egyik fontos elvi problémájával, a fény hullámkorpuszkula dualizmusával kapcsolatban végzett kísérletéről számolt be. Az aspiránsvezető *Jánossy Lajos* akadémikus, az értekezés opponensei *Gyulai Zoltán* akadémikus és *Faragó Péter*, a fizikai tudományok kandidátusa, a Bíráló Bizottság elnöke pedig *Szigeti György*, az Akadémia levelező tagja volt. A bírálóbizottság egyhangúlag javasolta Ádám Andrásnak a kandidátusi fokozat odaítélését.

Kiss Dezső: μ -mezonok közepes élettartamának mérése c. kandidátusi értekezésének nyilvános vitáját szeptember 22-én rendezte meg a Tudományos Minősítő Bizottság. Az értekezés opponensei *Gyulai Zoltán* akadémikus és *Orbán György*, a fizikai tudományok kandidátusa, a Bíráló Bizottság elnöke *Szalay Sándor*, az MTA levelező tagja, aspiránsvezető *Jánossy Lajos* akadémikus volt. A disszertáció tárgya a μ -mezonok közepes élettartamának mérésére szolgáló berendezés kidolgozása és az élettartam mérése volt. A nagy gondossággal és sok egyéni invencióval kidolgozott berendezéssel a jelelt a μ -mezonok élettartamára $2,15 \pm 0,2 \mu$ sec értéket kapott, amely jól kiegészíti e fontos természeti állandóra vonatkozó ismereteinket. A Bíráló Bizottság egyhangúlag javasolta a Tudományos Minősítő Bizottságnak, hogy *Kiss Dezsőt* nyilvánítsa a fizikai tudományok kandidátusává.

A következő napon *Erő János*: Rádiófrekvenciás ionforrás ionsugarának analízise c. kandidátusi disszertációjának nyilvános vitáját rendezte meg a Tudományos Minősítő Bizottság. Az értekezés opponensei *Szigeti György*, az MTA levelező tagja és *Pócsa Jenő*, a fizikai tudományok kandidátusa, a Bíráló Bizottság elnöke *Szalay Sándor*, az MTA levelező tagja, aspiránsvezető *Simonyi Károly*, a fizikai tudományok kandidátusa volt. A KFKI Atomfizikai Osztályán épült gyorsító berendezéseknél nagyon jelentős feladat volt a gyorsítandó ionok előállítására szolgáló rádiófrekvenciás ionforrás adatainak meghatározására, mert ezek az adatok az irodalomban nem találhatók meg kellő részletességgel. *Erő János* ezt a feladatot dolgozta ki értekezésében. Eredményei — a gyakorlati kérdésekre adott válaszokon túlmenően — fontos adatokat tartalmaznak a rádiófrekvenciás ionforrások működési mechanizmusának további megismerésére vonatkozóan. A Bíráló Bizottság egyhangú javaslata, hogy a Tudományos Minősítő Bizottság *Erő Jánost* a fizikai tudományok kandidátusává nyilvánítsa.

PÁLYÁZATI FELHÍVÁS

A Fizikai Szemle szerkesztősége pályázatot hirdet a magyar fizika nagyjainak életét és munkásságát tárgyaló dolgozatok benyújtására. A dolgozat terjedelme cca 1–1,5 ív. A pályázaton bárki részt vehet.

A dolgozatok benyújtásának határideje 1956. április 31. A legjobb dolgozatokat a Fizikai Szemleben közöljük. Ezen felül a legkiválóbb két munka szerzőjét — a szerzői tiszteletdíjon kívül — a szerkesztőség 800 Ft, ill. 400 Ft pénzjutalomban részesíti.

A MAGYAR FIZIKAI FOLYÓIRAT ÚJ SZÁMAI

A Magyar Fizikai Folyóirat III. kötetének 3. füzetében *Bardócz Árpád* írta az első dolgozatot »Egyetemes beállíthatóságú szaggatott ívgerjesztő spektroszkópiai célokra elektronikus vezérléssel« címmel. A szerző több (a Fizikai Szemlében már ismertetett) dolgozatában leírt munkák továbbfejlesztéséről számol be. Munkája során megvalósította azt, hogy az íveket úgy vezérli elektronikus impulzusgenerátorral, hogy tetszőleges periódussal ismétlődő, tetszőleges időtartamú ívsorozatokat nyer. Ezzel az eddig megépített ívgerjesztő berendezések alkalmazhatósági területe megnövekszik.

Ádám András és Varga Péter »Fotonok számlálása elektron sokszorozással« című dolgozatukban ismertetnek egy egyes fotonok számlálására szolgáló fotoelektron sokszorozóval működő berendezést. A 931/A típusú fotoelektron sokszorozót külön e célra konstruált Dewer-edényben cseppfolyós levegővel töltve 1–10 ímp/sec nullaeffektust kaptak. 200–2000 foton/sec intenzitást (6,10⁻¹⁴ – 6,10⁻¹³ lumen) üzemeltetve tudnak mérni.

Jánossy Lajos és Kiss Dezso: »GM csövek megszólalási valószínűségének mérése« c. dolgozata az Acta Physicában már megjelent. Ezt a Fizikai Szemle V. évf. 2–3. számában már ismertettük.

Berencz Ferenc dolgozatának címe: »Egy új eljárás a H₂ molekula kötési energiájának meghatározására«. Ebben a H₂-molekula kötési energiáját határozza meg a szerző variációs eljárással, a korrelációs molekula-pályamódszer egy olyan módosításával, melyben variálható paramétereket a sajátfüggvényben szereplő homeopoláris tagnak az ionos taghoz való arányát szabályozó faktor szolgált. Így az elmélet jobb eredményt szolgáltat a disszociációs energiára.

A következő dolgozatot ugyancsak *Berencz Ferenc* írta. »Megjegyzések az abszorpciós görbék analiziséhez« címmel. A Doetsch és Medgyessy által megadott Fourier-soros közelítő eljárás teljesítőképességével foglalkozik. Vizsgálataiból kiderül, hogy az eljárásnak már egyszerű alkalmazása mind kvalitatív, mind kvantitatív megállapításokra alkalmas, de az intenzitás meghatározására az eljárást már ismételni kell.

Horváth Márton, Dézsi Zoltán és Szalay Sándor dolgozatának címe: »Vizsgálatok a kryptonnak levegőből üzemi kinyerése alkalmával feldúsuló rádióaktív szennyezésére vonatkozólag«. A szerzők méréseket végeztek egy krypton gyárban a krypton levegőből való bedúsulása közben fellépő rádióaktivitás nagyságának és eredetének meghatározására. A gyárban végzett GM csöves méréseknél kimutatták, hogy a bedúsult kryptonban kb. 0,04 mg rádium γ -ekvivalens aktivitás van jelen. Az aktivitás felezési ideje megegyezett a radon felezési idejével, ennek alapján az aktivitás oka az, hogy a krypton 10⁶-szoros bedúsulásával együtt a levegő radontartalma is (10⁻¹⁴ Curie/liter) bedúsul. A mérések nem zárják ki teljesen az a lehetőséget sem, hogy az atom-bomba robbantásakor felszabaduló és szétszóródó rádióaktív krypton és xenon izotópok bedúsulása is lehetséges a kryptongyártás folyamán.

»Az elektron és a nukleonok saját-momentuma a Dirac-elméletben« c. dolgozatban *Marx György* a Dirac-egyenletben szereplő mátrixokról ad összefoglaló áttekintést, megadva azok szemléletes fizikai jelentését. Majd az elektron saját mágneses momentuma mellett fellépő elektromos momentum szemléletes jelentésével foglalkozik. Minthogy a nukleonok állapotegyenlete ugyancsak a Dirac-egyenlet, az elektronéhoz hasonló momentumok lépnek fel, ha nukleonok mezontérbeli viselkedését vizsgáljuk. Ezek jelentésével foglalkozik végül a dolgozat.

»A Rossi-görbe vizsgálata nagy ólomvastagságnál« címmel *Nagy László* közöl dolgozatot. A kozmikus lágy záporok számát ötszög csúcaiban elhelyezett és koinci-

denciába kapcsolt GM csövekkel mérte a GM csövek felé helyezett Pb vastagság függvényében. Ilyen jellegű mérések eredményeképpen egyesek egy maximummal, mások több maximummal rendelkező görbét kaptak. A további maximumok létezése ma is vitatott kérdés. Nagy László a második és további maximumok vélt helyén végzett gondos mérései alapján arra a következtetésre jutott, hogy ilyen maximumok nincsenek.

A »Folyó irodalomból« rovatban *Leopold Infeld* varsói professzor »A klasszikus elektrodinamika legújabb fejlődése« c. dolgozata található. A dolgozat első részében a Maxwell–Lorentz-féle klasszikus elektrodinamika elvi nehézségeit (végtelen sajátenergia stb.) tekinti át a szerző. Ezt követően a Born–Infeld-féle, majd a Dirac által legújabban felállított nemlineáris elméleteket, végül e problémakörbe vágó újabb saját vizsgálatait ismerteti Infeld professzor.

»A klasszikus irodalomból« c. rovatban *Michelson–Morley* 1887-ben megjelent dolgozatának fordítását találjuk, amelynek címe: »A föld és az éter relatív mozgásáról«. A dolgozatban a speciális relativitás elmélet alapját képező híres kísérlet részleteit olvashatjuk.

Ezt követően *H. A. Lorentz* »Michelson interferencia-kísérlete« c. dolgozatának fordítását olvashatjuk.

A Magyar Fizikai Folyóirat III/4. számában az első dolgozatot *Jánossy Lajos* írta, »Az elektronsok szorozói statisztikájáról« címmel. A dolgozat két problémával foglalkozik. Meghatározza, mi annak a valószínűsége, hogy az elektronsokszorozó N-edik elektródjából ν elektron lépjen ki, ha az első elektródjára egy elektron esett. Majd ennek ismeretében meghatározza az egy elektródából kilépő elektronok $P(\nu)$ eloszlását. [$P(0)$, $P(1)$, $P(2)$, ... annak valószínűsége, hogy az elektronsokszorozó egyik elektródjára eső egyetlen elektron 0, 1, 2, ... szekunder elektront vált ki.]

»Antracén egykristályok előállítás« címmel *Tarján Imre és Ujhelyi Sándor* közöl dolgozatot. Nagyobb méretű antracén egykristályok szcintillációs számlálók-nál szükségesek. Teljesen átlátszó egykristályokat – amelyek azért fontosak, hogy a kristályban keletkező fény lényeges abszorpció nélkül lépjen ki – nagyon körülményes előállítani, mert a kristályok alapanyaga nehezen eltávolítható, sárgás színű szennyezést tartalmaz. A szerzőknek sikerült megfelelő antracén tisztító eljárást kidolgozni. Gondosan megépített kristálynövesztő kályhában kb. 5 cm hosszú és 2,5 cm átmérőjű teljesen színtelen kristályokat növesztettek.

Györgyi Géza »Fénykvantumok dielektrikumban« c. dolgozatában a Cserenkov-sugárással és fénytöréssel foglalkozik. A két jelenség értelmezésénél a sugárzást fotonokból állónak tekinti dielektrikumban is. A fotonok energiájára és impulzusára az Abraham-féle energia-impulzus-tenzor alapulvételével adódott kifejezéseket használja a szerző. A dolgozathoz kiderül, hogy a két jelenség értelmezhető az Abraham-féle felfogás alapján a tér és dielektrikum kölcsönhatásának figyelembevételével.

A következő dolgozatban *Rozsnyai Balázs* az atommagok héjszerkezetével kapcsolatos elméleti számítás közöl. Számításában a mag sűrűségét belül állandónak, a határon kb. $1,2 \cdot 10^{-13}$ cm szélességben Gauss-eloszlásúnak tekinti. A 212-es atomsúlyú magra elvégzett számításokból nyert term-rendszer jobban megegyezik a tapasztalattal, mint a teljesen állandó sűrűséggel számított.

Dési Sándor és Náray Zsolt »Egyes lefutású polár oszcilloscóp millimikroszekundum időtartamok mérése« c. dolgozatukban a készülék felépítéséről, működéséről, alkalmazhatóságáról számolnak be. A polár oszcilloscóp körbefutó időjelét úgy állítják elő, hogy egy csillapított oszcillátor rezgéseit fázisban eltolva kapcsolják a két eltérítő lemezpárra. Ilyen módon $60 \cdot 10^{-9}$ sec időtartamú

TARTALOMJEGYZÉK

III. évfolyam 3. szám.

1. Kiss Árpád István és Muth Béla Róbert: Néhány heterociklusos szénvegyület elnyelési színképéről.
2. Falta Éva és Láng László: Az ultrabolya spektroszkópia egyik fontos alkalmazásáról.
3. Boronkay A. Dénes: »Kinografikus regisztrálása egyidejű jelenségek rögzítésére.
4. Dullien Ferenc: Előzetes közlemény a Raman spektrumok folytonos háttérének szűrők alkalmazásával való eltávolításának problémájához.
5. Nagy Kázmér: Fotonok kvantumeroők által vezetett determinisztikus mozgásáról.
6. Zsdánszky Kálmán: Rövid felfutási idejű impulzusok előállítása GM-eső jelének helyettesítésére.
7. Keszthelyi Lajos: Sugárgyengülés mérések Co^{60} - γ sugárzásával.
8. Neszmélyi András: Neutron fluxus mérése hasadási kamrával I.
9. Schmidt György: Egy megjegyzés az óraparadoxon problémájához.
10. Ember György: Nagyfeszültségű anódpótlók II.
11. Vizsolyi Endre: Bórfluorid előállítása.
12. Pál Lénárd és Zsigmond György: Szolenoid erős mágneses terek előállítására.

III. évfolyam 4. szám

1. Falta Éva és Láng László: Szubsztituensek specifikus hatása az angulárisan kondenzált aromás szénhidrogéneknek.
2. Scari Ottó: A BiO molekula emissziós színképe.
3. Mátrai Tibor: Az inercia-rendszer kinematikai értelmezéséről.
4. Faragó Péter és Jánossy Lajos: A relativisztikus tömegváltozási formula kísérleti igazolásáról.
5. Erő János: Rádiófrekvenciás ionforrás ionsugarának energiáspektruma.
6. Schmidt György: Cserenkov sugárzás hullámvezetőben és üregezonátorban.

időjelet kapnak, amelynek segítségével $3-60 \cdot 10^{-9}$ sec időtartamú impulzusok hosszát, illetve egymáshoz való késését lehet kb. 10%-os pontossággal mérni. A mérendő impulzusok lehetnek periodikusan vagy statisztikusan ismétlődők.

Keszthelyi Lajos » γ -sugarak számlálása szcintillációs számlálóval» c. dolgozata egy γ -sugarak számlálására szolgáló szcintillációs számlálóberendezés alkotórészeit ismerteti. A számláló γ -sugarak számlálására vonatkozó határfoka szüretlen Ra γ -sugárzása esetén $13,4 \pm 0,2\%$, Co^{60} γ -sugárzása esetén $14 \pm 0,3\%$.

A Magyar Fizikai Folyóirat e számában egy új rovatot indít, amelynek címe »A laboratóriumból«. A rovat célkitűzéseit Szalay Sándor ismerteti. A rovat célja az, hogy a különböző intézetben dolgozó fizikusok könnyen ki tudják cserélni munkájuk technikai kivitelezése közben szerzett tapasztalataikat, laboratóriumi fogásait.

A laboratóriumból c. rovatot Nagy János dolgozata nyitja meg, amelyben egy rádióaktív és más fertőző folyadékok távpipettázására kidolgozott, $0,01 \text{ cm}^3$ pontosságú távpipettázó készüléket ismertet.

Egy másik dolgozatban Tarján Imre és Voszka Rudolf egy egyszerű hőmérsékletstabilizáló berendezést ismertetnek, amely az elektromos kályhák hőmérsékletét — egészen 1000 C° -ig szabályozhatóan — $\pm 1 \text{ C}^\circ$ -nál stabilabban tartja.

Csikai Gyula »Kisméretű villanó- (flash) lámpa» című dolgozatában Wilson-kamrák megvilágítására kidolgozott kb. $2,5-3 \text{ cm}$ méretű, xenonnal töltött villanó lámpát ismertet. A lámpa különböző karakterisztikáinak mérése alapján arra a következtetésre jut, hogy a kisméretű lámpák fényhatásfoka jobb, mint a nagyméretű lámpáké, azonkívül pontszerűsége miatt optikai leképezés és fénykihasználás szempontjából is tökéletesebb.

»A Folyó Irodalomból« c. rovatban N. P. Bogacev és I. K. Vzorov »660 MeV energiájú protonok rugalmas szóródása protonokon«, V. P. Dzelepov és Ju. M. Kazarinov »380 MeV energiájú neutronok rugalmas szóródása protonokon« és V. P. Dzelepov, B. M. Golovin, V. I. Szatarov »300 MeV energiájú neutronok rugalmas szóródása neutronokon« c. dolgozatának fordítását találjuk. Ezeket lapunk más helyén (Fizikai Tudomány Haladása c. rovatban) már ismertettük.

A »Klasszikus irodalomból« rovatban »A relativitás elméletének 50. éves jubileuma« címmel Novobátzky Károly akadémikus írt rövid megemlékezést az elmélet születéséről. Ezt követi Albert Einstein nagy jelentőségű dolgozata: »A mozgó testek elektrodinamikájáról«, mely a speciális relativitáselméletet tartalmazza.

A FIZIKAI TUDOMÁNY HALADÁSÁBÓL

140—400 MeV-es π -mezonok magkölesönhatása. Szovjet kutatók egy csoportja kísérletileg tanulmányozta 140—400 MeV-es π -mezonoknak Be, C és O magokkal való kölesönhatását. A vizsgálatokat szcintillációs számlálókkal végezték és a magkölesönhatások teljes hatáskeresztmetszetét mérték. Azt találták, hogy ebben az energiatartományban is lényegében véve rugalmas ütközésekről van szó. A teljes hatáskeresztmetszet a 140—230 MeV-es tartományban alig függ az energiától, míg 230 MeV felett aránylag erősen csökken. Figyelemre méltó az a tény, hogy a teljes hatáskeresztmetszet ugyanabban az energiatartományban éri el a maximumát, ahol a π -mezonok hidrogénra és deutériumra vonatkozó szórás hatáskeresztmetszetének a maximuma van. Ez arra látszik utalni, hogy a nagyenergiájú π -

mezonok lényegében véve a mag egyes nukleonjaival lépnek kölesönhatásba. A hatáskeresztmetszet csökkenése a nagyobb energiák felé, a mag »átlátszóságával« magyarázható. (Dokladi 103, Nr. 3.)

K. D.

Az urán hasadási termékeinek szögeloszlása. Tanulmányozták az urán hasadásánál fellépő termékek szögeloszlását nagy gerjesztési energiák esetén. A vizsgálat úgy történt, hogy fotoemulziót átitattak uránsó oldattal, majd a lemezeket 660 MeV-es protonokkal bombázták. Mérték az egyes hasadási termékek irányának a bombázó proton irányával bezárt szögét, továbbá a hasadási termékek egymással bezárt szögét, amiből a mag gerjesztési energiájára lehet következtetni. Egyide-

jüleg meghatározták a hasadási termékek hatótávolságát és így energiáját is. Megállapították, hogy a gerjesztési energia növelésével nő a hasadási termékek energiájában fellépő aszimmetria és egyidejűleg növekszik szögeloszlásuk anizotropiája is, ami érdekes összefüggés felismerését jelenti a szögeloszlás és az energiaeloszlás aszimmetriája között. (Dokladi 103, Nr. 3.)

K. D.

Hasadás protonok hatására. Speciális magfizikai lemezeket, amelyek csak igen nehéz részek (pl. hasadási termékek) regisztrálására alkalmasak, átítattak uránó oldatával, majd besugározták 450 MeV-es protonokkal. Nagyenergiájú protonok hatására uránhasadás lépett fel. Megfigyelték olyan eseteket, amikor a hasadási termékek 180° -nál kisebb szöget zártak be egymással, és e szögnek a csúcsa a bombázó rész pályájához képest oldalt helyezkedett el. Elképzelhető, hogy a proton csak energiájának egy részét adta át a magnak oly módon, hogy közvetlenül kiütött egy nukleont és a mag többi részét gerjesztette. Mérték a visszalökött mag hatótávolságát, és ebből ki tudták számolni a folyamatnál kapott gerjesztési energiát. Azt találták, hogy az esetek zömében kb. 100 MeV a gerjesztési energia. A gerjesztett mag később azután széthasadt. (Dokladi, 103, No. 3.)

K. D.

Hasadás és csillagképződés π -mezonok hatására.

A lassú, negatív π -mezonok bizonyos rendszámú elemekben hasadást válthatnak ki, illetve »csillagok« képzésére vezethetnek. E két folyamat valószínűségét tanulmányozták U, Bi és W esetében. A vizsgálatot úgy végezték, hogy a kérdéses elemek oxidjait finom eloszlásban egy háromrétgű fotoemulzió közbülső rétegébe vitték. A lemezeket lassú π -mezonok hatásának tették ki és megszámlálták a fellépő hasadásokat és a keletkező csillagokat. Azt találták, hogy az U-nál az egy hasadásra eső csillagok száma 0–2,4, a Bi-nál 57, a W-nál 133 volt. A keletkezett csillagok egyágúak, vagy ág nélküliek voltak. Mindezekből az látszik, hogy az U mag esetében a π -mezon kölcsönhatása hasadásban nyilvánul meg nagyobb valószínűséggel, míg kisebb rendszámoknál a csillagképzés dominál. (Dokladi, 103, No. 3.)

K. D.

Kozmikus eredetű rádióhullámok.

A harmincas évek elejéig az égitesteknek csak a látható színek frekvencia-tartományába, vagy ennek közvetlen környezetébe eső sugárzását észlelték. A 3000 Å-nél rövidebb és a 30 000 Å-nél nagyobb hullámhosszúságú sugárzást a Föld légköre elnyeli. Kb. 0,1 cm és 30 m hullámhossz közé eső sugárzás azonban eljuthat a Földre, e sugárzás számára »ablak« van a Föld légkörén. A 30 m-nél nagyobb hullámhosszúságú sugárzás a légkör ionizált rétegén, az ún. Heaviside-rétegen reflektálódik.

Az említett hullámhossztartományba eső elektromágneses hullámok új lehetőséget adtak egyes égitestek vizsgálatára. A kozmikus eredetű elektromágneses hullámok legnagyobb részének frekvencia-spektruma folytonos, a hullámhosszal a sugárzás intenzitása nő. 1951-ben a 21 cm-es hidrogén-színeképvonalat is észlelték. Számos rádióhullám-forrást sikerült galaktikus vagy extragalaktikus kódokkal azonosítani. A sugárzók közös tulajdonsága, hogy bennük hatalmas gáztömegek turbulens mozgásban vannak. A további feladat — többek között — a hullámforrások részletesebb vizsgálata, a hullámok keletkezésének magyarázata. Ez utóbbira 1950-ben G. G. Hetmanzev szovjet fizikus dolgozott ki elméletet, eredményei azonban a tapasztalattal csak kvalitatíve egyeznek. (Naturwiss. 42. 115. 1955.)

Sz. J.

Szögeloszlás és szögkorreláció a $\text{Na}^{23}(\text{p}, \gamma)\text{Mg}^{24}$ reakcióban. A szerzők vizsgálták a $\text{Na}^{23}(\text{p}, \gamma)\text{Mg}^{24}$ reakcióban keletkező γ -sugarakat. A γ -sugarak szögeloszlásának méréséből a közbülső mag impulzus-momentumát meghatározták. Koincidencia méréssel megállapították, hogy a proton kötési energiájával gerjesztett Mg^{24} mag több γ -kaskád kibocsátásával kerülhet alapállapotba. A kaskád γ -k szögkorrelációjának méréséből a folyamatban részt vevő nívók spinjét meghatározták. (Differenciális diszkriminátorok alkalmazása lehetővé tette, hogy a különböző kaskádok korrelációját egymástól elkülönítve lehessen mérni.) A mérést a $\text{Na}^{23}(\text{p}, \gamma)\text{Mg}^{24}$ reakció négy rezonancia nívójánál végezték el. (250–700 keV között.) Azt találták, hogy a γ -sugárzás bomlási sémája mind a négy esetben ugyanaz. Az egyes komponensek relatív intenzitása azonban nem egyezett meg a különböző gerjesztések esetében. (Proc. Phys. Soc. A 68, 369. 1955.)

M. J.

Nagyenergiájú fotonok rugalmas szóródása atommagokon. Fotonok által keltett magreakciók tanulmányozása során egy 50 MeV-es betatronnal létesített gamma-sugarak rugalmas szóródását vizsgálták meg arany, ólom és uránmagokon. A 8–25 MeV-es gamma-sugarakat először egy ellenőrző ionizációs kamrán bocsátották át, majd a vékony célpont-lemezkére irányították. A szórt sugárzást egy 120-os szögben elhelyezett scintillációs számlálóval indikálták. Egy diszkriminátorral gondoskodtak arról, hogy a regisztráló berendezés csak azokat a fotonokat jelezzék, melyek energiája a beeső foton energiájának legalább 90%-a, s így módon lényegileg csak a rugalmas szóródás differenciális hatáskeresztmetszetét mérték. A kísérletek eredménye szerint mindhárom vizsgált elemnél a hatáskeresztmetszet elég éles maximumot mutat 15 MeV energia körül. A rezonancia-szélesség 5 MeV körül van. (E. G. Fuller és E. Hayward, Phys. Rev. 94. 732, 1954.)

R. P.

A semleges és töltött π -mezonok tömegkülönbsége.

A $\pi^- - \pi^0$ tömegkülönbséget elsőnek Panofsky, Aamodt és Hadley mérte meg 1951-ben. Mesterséges π^- -mezonokkal nagynyomású hidrogén-gázt bombáztak. A reakció során (a magerők mezonelméletének megfelelően) a protonok neutronokká alakulnak és semleges π^0 mezonok jönnek létre: $\pi^- + p \rightarrow n + \pi^0$. Ezután a π^0 -mezonok két gamma-fotonra bomlanak: $\pi^0 \rightarrow 2\gamma$. A gamma-sugarak energiaspektruma két maximumhelyet mutat. Ennek szélességéből a bomló π^0 -mezon sebessége meghatározható, majd ezen érték felhasználásával az eredeti átalakulási folyamatra alkalmazott energia- és impulzusmegmaradásból a π^- és π^0 mezonok tömegkülönbsége kiszámítható. Nevezett szerzők így módon $m_{\pi^-} - m_{\pi^0} = 10,6 \pm 2,0 m_e$ értéket kaptak. A közel-múltban Chinowsky és Steinberger (Phys. Rev. 93. 586, 1954) a π^0 mezon sebességének pontosabb meghatározását végezték el oly módon, hogy a bomlásnál keletkező gamma-sugarak iránya közti szöget határozták meg. A minimális szögből a sebesség könnyen kiszámítható. A π^- mezonokat a Columbia Egyetem ciklotronjával állították elő. Ezekkel folyékony hidrogént bombáztak és a keletkezett π^0 mezonok bomlási gamma-fotonjait scintillációs számlálókkal indikálták. A gondosan analizált kísérletek szerint a tömegkülönbség $m_{\pi^-} - m_{\pi^0} = 8,8 \pm 0,6 m_e$.

R. P.