

alapok

Régi és új anyagok

Lézertípusok

Egy érdekes analógia

Áramkörök rezonanciája

1993-94/4

TARTALOM
1993-94 / 4

Ismerd meg

Régi és új anyagok	111
Lézertípusok	115
Egy érdekes analógia	122
Számoljunk a megfelelő pontossággal	126

**Arcképcsarnok,
tudományok története**

Az atomelmélet történetéből	131
-----------------------------------	-----

Tudod-e?

Aramkörök rezonanciája	133
------------------------------	-----

Kísérlet, labor, műhely

Hőmérők készítése	135
Mérjük meg a légköri nyomást!	136
Megjegyzések két módszerhez	137

Feladatmegoldók rovata

Fizika	139
Kémia	141
Informatika	142

Szerkesztőbizottság:

Biró Tibor, Farkas Anna, dr. Gábos Zoltán,
dr. Karácsony János, dr. Kása Zoltán, Kovács Zoltán,
dr. Máthé Enikő, dr. Néda Árpád, dr. Vargha Jenő,
Virágh Károly

firka

Fizika
InfoRmatika
Kémia
Alapok

Az Erdélyi Magyar
Műszaki
Tudományos
Társaság
kiadványa

Felelős kiadó:
FURDEK L. TAMÁS
Főszerkesztő:
dr. ZSAKÓ JÁNOS
Főszerkesztő
helyettes:
dr. PUSKÁS FERENC
Szerkesztőségi titkár:
TIBÁD ZOLTÁN

Szerkesztőség:
3400 Cluj-Kolozsvár
B-dul. 21 dec. 1989
nr. 116

Levélcím:
3400 Cluj-Kolozsvár
C.P. 140

A számítógépes
szedés és tördelés az
EMT DTP rendszerén
készült

Régi és újanyagok

(az anyagtudomány fejlődéséről)*

Az emberiség története kezdetén a környezetében előforduló anyagokat (fa, kő, agyag, bőr, csont, víz, levegő) használta. Tapasztalatai gyarapodásával ezeket megpróbálta átalakítani, használhatóbbá tenni. Időszámításunk előtt már több mint nyolcezer évvel rájött, hogy a megformált agyag égetéssel megszilárdítható, s ezután benne folyadék is tárolható. A természetes, ásványi eredetű anyagnak (agyag) az új tulajdonságokkal rendelkező, más anyaggá való tudatos átalakítását tekinthetjük az anyagtudományok kezdetének. Az történelem során, egészen a közelmúltig az alkalmazott és elméleti anyagtudományok művelői egymástól független utakat követtek.

A régi korok kézművesei ("iparosai") voltak az anyagismeretek birtokosai. Tapasztalatuk, tudásuk fejlesztését a gyakorlat biztosította. A kerámiák, ötvözetek (bronz), vas megmunkálási módjairól a régészek csak a tárgyak elemzése során következtethetnek. Csak a könyvnyomtatás felfedezése utáni időktől kezdve tudjuk felmérni a korabeli anyagismereteket. Megállapítható, hogy az iparosok a XIX. század elején már jól ismerték az egyes anyagok sajátos tulajdonságait, s ezeket felhasználva hogyan lehet őket megmunkálni. Azonban a felhasznált munkamozzanatok magyarázatát nem ismerték, s így nem tudták előre látni, hogy bizonyos változások a feldolgozási folyamatban milyen hatással lesznek a termék tulajdonságaira.

A XIX. század elején kezdett fejlődni a kémia, mint tudomány, amely az anyagok szerkezetével, tulajdonságaival foglalkozott. Elméleti eredményei hatékonyan befolyásolták az anyagok technikai felhasználását. Így, az oxidációra vontkozó új ismereteket az acélgyártásban alkalmazták (pl. az olvadt fémhez nyomás alatt adagolt, szabályozott mennyiségű oxigén egyesül a szennyezőanyagokkal; a keletkező oxidok a fémolvadéktól elkülöníthetők). A vegyelemzés fejlődése sok gyakorlati eljárást ellenőrizhetővé tett.

A XIX. század utolsó felében a kémia, a fizika jelentős szerephez jutott a nyersanyag-ipar sok ágában (alumínium gyártás felfedezése, rozsdamentes acélok előállítása, stb.).

A XX. században a fizika és kémia tudományok vívmányai bizonyították, hogy az anyag külső tulajdonságai és belső szerkezete közt milyen kapcsolatok vannak. Felfedezték, hogy az anyagok belső "architektúrával", egymásra épülő szerkezeti szintekkel rendelkeznek, s ennek a szerkezetnek ismeretében megjósolható az anyag viselkedése. A XIX. század végén, a XX. század első felében egy sor új vizsgálati eljárás, ehhez szükséges műszer alkotása szolgálta az anyagtudományok fejlődését (optikai mikroszkóppal Sorly 1866-ban az acélok mikroszerkezetét vizsgálta, a finom szerkezetek részleteit az "átvilágításos" elektronmikroszkóppal észlelték, térbeli információkat az anyag felületéről a pásztázó elektronmikroszkóppal kaptak, a kristályrácsban a molekulák és atomok térbeli elhelyezkedését röntgendiffrakciós mérésekkel állapították meg, míg az anyag atomjait különféle gerjesztéses spektroszkópiai rendszerekkel azonosították).

A XX. század második felében mint új tudományág jelentkezett az anyagtudomány, amely az anyag szerkezetének, tulajdonságainak és teljesítőképességének összefüggéseivel foglalkozik (hogyan viselkedik az anyag a tényleges használat során). Vizsgálja, hogy az anyag megmunkálása miként befolyásolja ezeket az összefüggéseket.

* Öt részből álló dolgozatsor (Fémek; Félvezetők; Kerámiák, üvegek; Polimérek; Társított anyagok) első fejezete.

Az emberi tevékenységben leggyakrabban használt anyagfélések: fémek, kerámiák, üvegek, polimer természetű műanyagok, társított anyagok. Ezekkel kapcsolatos anyagtudományi ismeretekkel és érdekességekkel fogunk foglalkozni az alábbiakban.

I. Fémek anyagai

A fémek tulajdonságait tanulmányozva megállapították, hogy azok a megmunkálás során javíthatók. Egy fém keménysége hőkezelés hatására nő, szilárdságát magas hőmérsékleten is megőrzi. Ezek a tulajdonságok a fémek kristályos szerkezetéből adódnak.

A fémkristályokban az atomok szorosan illeszkednek egymáshoz, egymásra rakódó atomcsíkokban. A mechanikai tulajdonságok nagy részét az határozza meg, hogy ezek a sík atomrétegek hogyan kapcsolódnak egymáshoz. Ötvöztetéskor, a más fém atomjainak adagolásával megváltozik az atomcsíkok összekapcsolási módja, s így a fém tulajdonságai is (pl. megnő a szilárdsága). Míg régebben csak próbálkozásokkal állították elő a minél jobb tulajdonságú ötvözeteket, ma már a mikroszerkezet és mikromechanika ismeretében megtervezhetik a lehető legjobb tulajdonságú ötvözeteket. Szerkezeti vizsgálatok során megállapították, hogy az anyagok (tényleges) szilárdsága több nagyságrenddel elmarad az ideális kristályszerkezeteken alapuló elméleti értéktől. Megállapítást nyert, hogy bizonyos tulajdonságok (pl. szilárdság) érzékenyek az ideális kristályszerkezettől való eltérésekre.

A kristály szerkezetét nemcsak az anyagi minőség, hanem a kristályosodás körülményei is meghatározzák. A kristályok geometriai formáját a rácsszerkezet és a kristály növekedésének különböző irányokban eltérő sebessége együtt határozza meg. Az azonos anyagú és rácsszerkezetű kristályok eltérő alakját a kristályok kialakulásának eltérő körülményei magyarázzák. A kristályok beható tanulmányozása során beigazolódott, hogy a kristályok rendje nem tökéletes. Törvényszerű, hogy a kristály nem létezhet kristályhiba nélkül. A kristályhibáknak több oka lehet: a kristályban az atomok állandó rezgőmozgásban vannak, amely során a kristály szabályos rendjéhez képest eltérések mutatkozhatnak, ún. diszlokációk. Egy-egy atom hiányozhat, a rácspannban, ún. nyílások képződnek. Kidolgozva a kristályhibák eredetéről és ezeknek az anyag tulajdonságait módosító hatásairól szóló elméletet, lehetővé vált a kristályhibák szándékos beépítése, s így egy adott belső szerkezet kialakításával kívánt tulajdonságok létrehozása. Az ideális anyagok adott körülmények között (nyomás, hőmérséklet) a termodinamika törvényeinek megfelelően egyensúlyi állapotban, legkisebb energiájú állapotban vannak. A gyakorlatban nem ideálisak a körülmények — pl. egy acélt hevítve, vagy hűtve, az több nem-egyensúlyi állapotban mehet keresztül, s ezért ezek a legtöbbször ún. "metastabil" - állapotban kerülnek felhasználásra. Az acél edzése megakadályozza a vas és szén atomjai közötti egyensúlyi reakciót, s az anyag egy olyan elrendeződésben fagyasztoódik be, amelyet az valójában "nem szívlel". Az acél minőségének javítását, mivel nem ismerték a szerkezeti és termodinamikai feltételeket, főleg a kémiai összetétel változtatásával akarták megoldani. Miután sikerült megismerni az ideális egyensúlyi állapotot és az ettől eltérő metastabil állapotok mibenlétét, lehetővé vált a szerkezeti elrendeződés szabályozásával irányítani, befolyásolni a tulajdonságokat.

Az anyagoknak az egyensúlytól távoli állapotban való feldolgozásának megoldása lehetővé tette az új "mérték szerint szabott" belső szerkezetek megvalósítását, amelyekkel új tulajdonságokkal és teljesítőképességgel rendelkező anyagokat tudtak előállítani.

Az anyagok egyensúlytól való eltávolításának egyik legegyszerűbb módja a nagyon nagy sebességű hűtés.

1960-ban a kaliforniai műegyetemen kidolgozták a "permetező"-hűtés módszerét. Ennek lényege, hogy kis mennyiségű olvadt fémet ütköztetnek nagy sebességgel egy igen hideg felülettel. Ilyen körülmények között a fémek másodpercenként 10 000 C sebességgel is hűthetők. Ez a gyors hűtés új tulajdonságokat eredményez. Ma már több módszert ismernek a gyors hűtésre (hideg közeggel való ütközés, préselés, per-

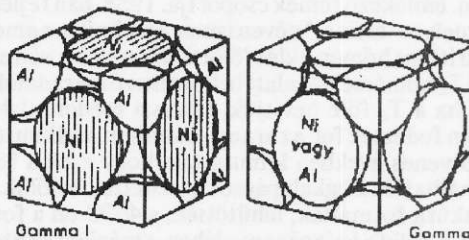
metezés). Mindenik módszerrel a gyorsan hűtött test egyik kiterjedése korlátozott: az anyag porként, foszlányok formájában, vagy forgácsként szilárdul meg. Pl. a magnetofonfejeket hirtelen hűtött szalagokból, vagy lemezekből készítik, s legtöbb esetben ezeket a hűtés során kapott részecskéket még tömöríteni kell.

A gyors hűtés a fémötvözetek mikroszerkezetét változtatja. A hagyományos sebességgel hűtött ötvözetek mikroszkópos felvételén durva, ágas-bogas, dendriteknek nevezett kristályformák láthatók, mivel a különböző komponensek más-más idő alatt szilárdulnak meg. A hűtés sebességét növelve, a dendritek közti hézagok csökkennek. Ma már elérték az egymillió fokos másodpercenkénti hűtési sebességet, amelynél már nem tudnak különálló fázisok kialakulni, és így nagyon apró, egyfázisú mikrokristályok képződnek, esetleg üvegszerű, amorf szerkezet jön létre. Az így képződött anyagok homogének, s általában magas olvadáspontúak. A gyors hűtéssel kialakult metastabil állapotú anyagok sok értékes tulajdonsággal rendelkeznek. Pl. gyorsan hűtött alumínium ötvözeteket sikerült előállítani, amelyeknek magas hőmérsékleti tartományban is a szilárdság-súly aránya olyan, mint a titánötvözeteké, de ugyanakkor nagyon jó korrózióállóak. Így, részben helyettesíthetik a gyorsan hűtött alumínium ötvözetek a titánötvözeteket.

Egyik legújabb gyorsítési eljárásnál nagyteljesítményű lézersugarat használnak. A lézernyaláb gyorsan átfut az anyag felületén, miközben vékony olvadákréteget hoz létre, ezt, a hozzá képest nagyon nagy hőkapacitású tömör anyag lehűti. Így, akár másodpercenként tízmillió fok sebességű hűtés is megvalósítható. Az eljárást lézerezománcozásnak is nevezik. Előnye, hogy csak a felületi réteg mikroszerkezetét változtatja meg.

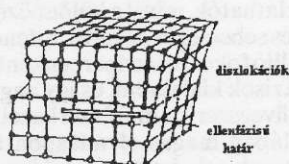
Különböző technikai módszerekkel (tömörítés, bevonás) a fém tulajdonságai javíthatók. Pl. több réteg "összeforrasztásával" készítenek el egy alkatrészt (léghűtéses turbinalapátok).

Magas hőmérsékletű és erősen korrozív környezetben jól viselkednek a nagy szilárdságú, ún. szuperötvözetek (energiafejlesztő és átalakító berendezésekben). Ilyen természetű anyagokat kapnak nikkell és alumínium ötvözésével. A nikkell alapú szuperötvözeteknek sajátos mikroszerkezete megnehezíti a diszlokációk mozgását, s ezért válnak nagyon keményvé. A szuperötvözetek tipikusan kétfázisú anyagok. A Ni-Al szuperötvözet például, kétféle atomelrendezésű fázisból, az ún. gamma- és gamma-1-fázisból áll. A gamma-1 fázisban az alumínium- és nikkelatombok rendje szigorúan megszabott, az 1. ábrának megfelelően a lapon centrál köbös szerkezet kocka alakú cellájának csúcaiban mindig alumíniumatom, a lapok középpontjain pedig nikkelatomb helyezkedik el. A gamma-fázis ugyancsak lapon centrál köbös szerkezete ettől csak annyiban különbözik, hogy az alumínium- és nikkelatombok rendje nem megszabott, bármely rácspontba bármelyik atom beülhet (1. ábra). Az ötvözet alapanyaga ez a második rendezetlenebb fázis, amelyben lehetőleg egyenletes eloszlásban kell létrehozni a gamma-1-fázis kicsiny mikrokristályait.



1. ábra

Az anyag rendkívüli szilárdságát az okozza, hogy az ötvözet nagyobb részét képező gamma-fázisban mozgó diszlokációk a gamma-1-fázisú mikrorészecskéken fennakadnak. A kristály rendezettsége miatt ugyanis a rácscsíkokban felváltva találhatók a nikkel- és alumíniumatomok. Így, amint ezt a 2. ábra mutatja, egyetlen diszlokáció elcsúszása az atomoknak ezt a periodikus rendjét megzavarja.



2. ábra

Ehhez nagy energia szükséges, ezért a diszlokációmozgás gátolt. Amennyiben azonban az első diszlokációt egy második is követi, akkor az atomok egymáshoz képest vett rendje visszaáll, s a diszlokációpár már áthatolhat az anyagon. Így a Ni-Al szuperötvözet rendkívüli szilárdságát az okozza, hogy deformálásához tulajdonképpen diszlokációpárok mozgatása szükséges. A két diszlokációt elválasztó rétegben azonban az atomok rendje éppen ellentétes a szomszédos kristályrészekhez képest, s az ilyen ellenfázisú rétegek létrehozásához mindig nagy energia szükséges. További különleges sajátossága a rendezett fázisnak, hogy szilárdsága a hőmérséklet emelkedésével nő. E kísérleti tény elméleti magyarázata még tisztázatlan. Bebizonyosodott, hogy a szuperötvözetek törékenyek. Ha kevés bört kevernek hozzá, megszűnik a törékenyséjük, s nagy lesz a hőállóságuk is. (Ezért gázturbinás repülőmotorokban az égéskamrához közeli részek készítésére használják.)

A kobaltalapú ötvözetek nagyon magas hőmérsékleten is szilárdak. Az ötvözet szemcsehatárán karbidok képződnek, amelyek megnövelik a szilárdságát.

A fémmegmunkálás területén egy másik új eljárás a szuperképlékeny alakítás: a fém előállításakor nagyon kis szemcseméretet (öt mikronnál kisebb) alakítanak ki. Ilyen állapotban ezek a kis részecskék ezer százalékkal is megnyújthatók. Ennek oka, hogy a nagyon kis szemcsék nagyon lassan deformálódnak, törés nélkül elcsúsznak egymáson. Ezért, könnyen felhasználhatók bonyolult alkatrészek mintázására, nem igényelnek gépi megmunkálást. Úgy alakíthatók mint a gyurma. A megformált darab hőkezelhető (magas hőmérsékleten), amittől szilárdá válik.

Megállapították, hogy a szuperképlékeny nyújtáshoz szükséges húzófeszültség nem a deformáció méretétől, hanem a deformáció sebességétől függ.

A szuperképlékeny anyagok megmunkálása olcsó. Angol és francia repülőgépek 1988-ban titán és alumínium szuperképlékeny ötvözeteket fújással történő formázással használtak. Ezzel a technológiával készült elemek gyártásánál nincs szükség kötőelemekre, vagy hegesztésre. Az egymásra préselt alkatrészeket az ú.n. diffúziós kötés hozza létre.

A fémes anyagok családjának egy másik érdekessége az alakmemóriával rendelkező, ú.n. emlékező fémek csoportja. 1958-ban fejlesztettek ki egy nikkel-titán ötvözetet, amelyet "nitinol" néven ismer a technika, s amelyre az jellemző, hogy ha alakját egy T_c kritikus hőmérséklet fölötti hőkezelés során alakították ki, akkor a fém erre az alakra a T_c hőmérséklet alatt bekövetkező maradandó alakváltozás után is emlékezik. Vagyis, ha a T_c fölé hevítjük, felveszi eredeti alakját. Az első ilyen fémeket még 1932-ben fedezték fel: az arany-kadmium, indium-titán, réz és cink ötvözetek.

Az ötvenes években kimutatták, hogy ezek a fémek hőerőgépek készítésénél is felhasználhatók. Légkalapácsot készítettek belőlük. A Ni-Ti ötvözet szalagot 60°C -on S alakúra formálták, lehűtötték, s 40°C -on a fordított S alakot képezték belőle, ma j egyik felét a kalapács nyeléhez, a másikat az ütőfejhez erősítették. Egymás után váltakozó melegítés és hűtés hatására a szalag hol kiegyenesedett, hol összehúzódott, s az ütőfej le-fel járt. Meghatározták, hogy egy 1 cm széles és 10 cm hosszú szalag kiegyenesedése során 6–8 000 N erőt fejt ki. Ez által kő és beton törésére is alkalmas. Mivel megfelelő ötvözéssel a kritikus hőmérséklet az emberi test hőmérsékletére

állítható, ezért gyógyászati anyagként is használhatóak: leszűkült érbe húzva megakadályozza a vérrögök haladását miután a test hőmérsékletén rugóvá ugrik vissza.

Hasonlóan széles körben használják az előötvözött fémporok meleg izosztatikus sajtolását. Ennek során előre meghatározott alakú ötvvényeket tudnak készíteni, és az ötvvények hibáinak, vagy elvékonyodott részeinek kijavítását tudják elvégezni.

Kis mennyiségű ötvöző anyagok egyenletes elosztására használják az ún. mechanikus ötvözési eljárást. A különböző ötvözni szánt anyagokat nagysebességű golyós malomba helyezik. A sok acélgolyót forgató keverő az anyagi részecskéket a golyókkal való ütközésre kényszeríti, s így azok folyamatosan hidegen összehegednek, újra törnek, majd ismét hegednek. Így, egy nagy homogenitású por képződik, amelyet melegen préselnek, megmunkálnak, irányított átkristályosításnak vetnek alá. A fémek anyagok mechanikai tulajdonságainak javítására és előállításuk költségeinek csökkentésére használják az oxidokkal való ötvözést a leírt módon.

Az anyagtudományban és tervezésben végbemenő fejlődés gyorsan kihát a gazdasági élet egészére. A fémeknek meghatározó szerepe volt az emberiség története során. Ezt már G. Agricola 1556-ban közreadott könyvében is olvashatjuk: "... ha az emberiség többé nem használná a fémeket, akkor nem csak a jelenlegi kultúrához méltó élet, hanem az egészség megőrzésének lehetősége is megszűnne. Ha nem lennének fémek, akkor az ember élete a vadállatokéhoz képest is százalomra méltóvá válna. Vissza kéne térni a makkok, bogyók és füvek fogyasztásához. Az emberek éjjel a pusztá kézzel vájt üregekben aludnának, nappal vadállatokként kóborolnának az erdőkben és mezőkön."

A fémek, fémek anyagok aranykora századunk második felére hanyatló tendenciát mutat, sok területen kiszorítják őket a korszerű kerámiák, üvegek, kompozit anyagok. (Jól szemlélteti ezt a vörösréz technikai története: jó vezetőképeségéért sok ideig nőtt a kereslet iránta, ezért már a rossz minőségű érceket is kitermelték. Időközben sok területről kiszorította az alumínium, az elektromos aktív polimérek, az optikai szálak.) Ennek ellenére a fém anyagkutatóknak is még vannak távlati: pl. az amorf fémötvözetek családjában azok, amelyek mágneses tulajdonságaik alapján transzformátor magok készítésére alkalmasak, rossz vezetők, ezért az örvényáramokat rosszul továbbítják, de használatuk nagy energiavesztés csökkentését (75%) biztosít.

Juhász A., Tasnádi P.: *Érdekes anyagok és anyagi érdekességek. Akadémiai Kiadó Bp. 1992., valamint*

J. Clark, M. Flemings, J. Mayo, M. Steinberg, G. Siedel, J.M. Rowell, Bernard Kear, K. Bowen, Tsu-Wei Chon, R.L.Mc. Cullough a Tudomány 1986 decemberi számában megjelent cikkei nyomán összeállította: **Máthé Enikő**

Lézertípusok

Előző lapszámainkban ismertettük a fényforrások, a fénykibocsátás és terjedés mechanizmusát, megismerkedhettünk az újfajta fényforrással: a lézerrel. Bemutásra került a lézerek működésének megértéséhez szükséges kérdések (aktív közeg, pumpálás, rezonátor) után két lézertípus: a rubinlézer és a He—Ne lézer. Az előbbi szilárdtestlézer és impulzusüzemben, az utóbbi gázlézer és folytonos üzemben működik, de mindkettő a látható fénytartományban bocsátja ki lézersugárzását.

Jelen lapszámunkban további lézertípusokat kívánunk bemutatni, a látható színképtartományon kívül működő, de más lézeraktív közeget felhasználó lézereket is.

Ma már nem nehéz lézerelő (lézerhatást nyújtó) anyagokat találni, tulajdonképpen, ha kellő erősségű gerjesztésnek vetjük alá a közegeket, többé kevésbé lézerezni fognak. Nagyobb gondot jelent a fellépő mechanizmusok megmagyarázása. Az alábbi táblázatban a különböző lézertípusokat és a főbb jellemzőiket követhetjük nyomom (a hullámhossz alapján felsorolva):

Hu lámhossz 10^{-6} m	Típus	Kimenő üzemmód ; Teljesítmény
0,152	molekuláris F	imp.; néhány W
0,192	ArF excimér	imp.; néhány W
0,222	KrCl excimér	imp.; ArF-nél kisebb
0,248	KrF excimér	imp.; néhány tíz W
0,266	négyszeres Nd	imp.; 1 W-nál kevesebb
0,308	XeCl excimér	imp.; néhány tíz W
0,325	He — Cd	folytonos; néhány mW
0,337	Nitrogén	imp.; 1W alatt
0,347	kettőzött rubin	imp.; 1W alatt
0,35	Ar vagy Kr ion	folytonos; 2,5 W-ig
0,351	XeF excimér	imp.; néhány tíz W
0,355	tripla Nd	imp.; néhány W
0,3—1,0	nemfolyt. festék	imp.; néhány tíz W
0,4—0,9	folytonos festék	folytonos; néhány W
0,442	He — Cd	folytonos; néhány tíz mW
0,45—0,52	Ar ion	folytonos; mW — 10 W
0,48—0,54	Xe ion	imp.; gyenge közepes
0,51	réz gőz	imp.(pár kHz); néhány tíz W
0,532	dupla Nd	imp. v. folyt.; néhány W
0,543	He — Ne	folytonos; 1 mW alatt
0,578	réz gőz	imp.(pár kHz); néhány tíz W
0,628	arany gőz	imp.(pár kHz); néhány tíz W
0,6328	He — Ne	folyt.; 50 mW-ig
0,647	Kr ion	folyt.; néhány W

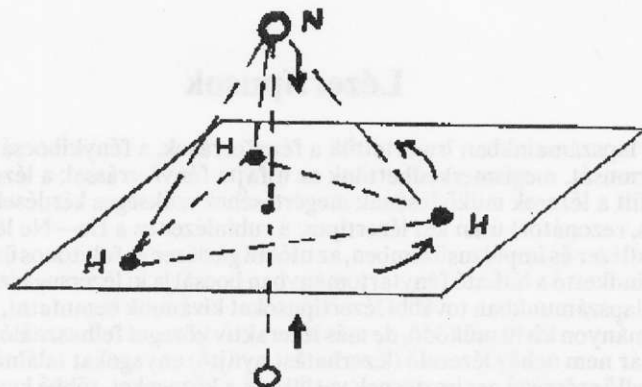
Hu lámhossz 10^{-6} m	Típus	Kimenő üzemmód ; Teljesítmény
0,694	rubin	imp.; néhány W
0,7—0,8	alexandrit	imp.; néhány W
0,75—0,9	GaAlAs dióda	imp. v. folyt.; 1W alatt
0,85	erbiium	imp.; 1W alatt
1,06	Nd—YAG és üveg	imp., folyt.; néhány száz W
1,15	He—Ne	folyt.; mW
1,1—1,6	InGaAsP dióda	imp., folyt.; mW
1,3	jód	imp.
1,32	Nd—YAG	imp., folyt.; néhány W
1,4—1,6	szín közép	folyt.; 100 mW
1,523	He—Ne	folyt.; mW
1,54	Er—üveg	imp.
1,73	Er—kristály	imp.
2—4	Xe—He	folyt.; mW
2,06	holmium kristály	imp.
2,3—3,3	színcentrum	folyt.; mW
2,6—3,0	vegyi HF	imp., folyt.; néhány száz W
2,7—3,0	ólomsó-dióda	folyt.; mW
3,39	He—Ne	folyt.; mW
3,6—4,0	vegyi DF	imp., folyt.; néhány száz W
5—6	szén-monoxid	folyt.; néhány tíz W
9—11	CO ₂	imp., folyt.; néhány tíz kW
10—11	N ₂ O	folyt.; néhány tíz W
40—1000	infravörös gáz	folyt.; 1W alatt

(Hecht, J.: The Laser Guidebook, McGraw-Hill Book Company, NY. 1986)

Az alábbiakban a legelső lézertípust, valójában a mikrohullámok tartományában működő mézert, az infravörös tartományban működő nitrogén gázlézert mutatjuk be, valamint ez utóbbi lézertípussal pumpálható festéklézereket.

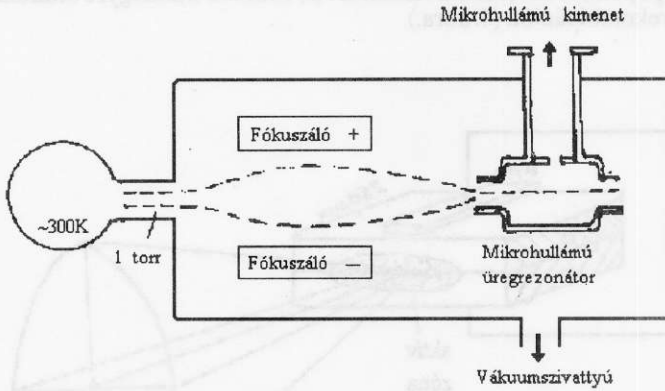
Az ammóniamézer

Működésének alapja az NH₃ molekula rotációs energiaszintjeivel kapcsolatos. A három H atom síkjára merőleges tengely körül forog a molekula, miközben a N atom e síkszerinti tükrőhelyzete között rezgéseket végez. A forgási energiaszint két vonalra szakad (Stark-effektus), ezeken a betöltési szám közel egyenlő. (1. ábra.)



1. ábra

A feladat az, hogy olyan ammóniagázt hozzanak létre, amelynél lényegében csak a felső szint legyen betöltve. Ezt a két különböző állapotban található molekuláknak a szétválasztásával lehet megvalósítani. Mivel a két állapothoz más-más elektromos dipólusnyomaték tartozik, inhomogén elektromos térben szétválnak. Az egyik típusú gázt megfelelően gerjesztve, koherens sugárással mennek vissza egyensúlyi állapotukba, folytonos üzemben oszcillál, vagy erősít. A berendezés vázlatrajza:



2. ábra

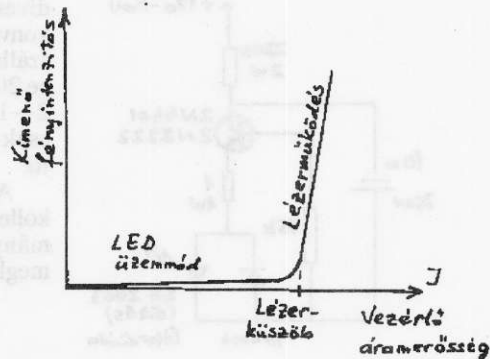
Ez a fajta mézer folytonos üzemben néhány millimikrowatt teljesítményt szolgáltat, frekvenciastabilitása azonban nagyon nagy ($1:10^{10}$), frekvenciastandardnak vagy atomórának alkalmas, de nem hangolható, csak egy frekvencián működik, ami leszűkíti az alkalmazási körét.

Könyvészet: Simonyi Károly, Elektrofizika. Bp. 1969.

A félvezetőlézer

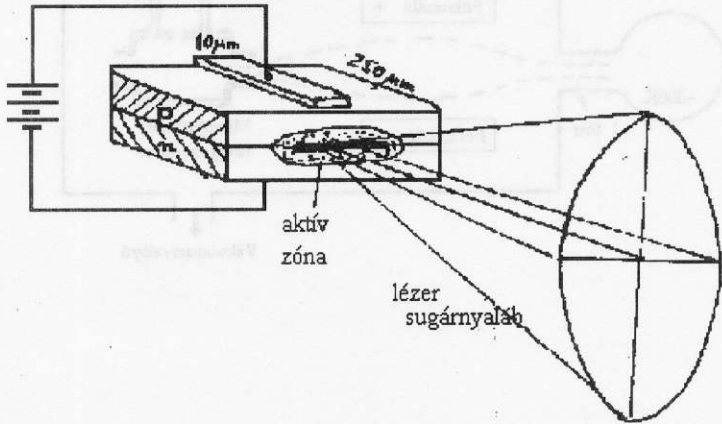
A félvezető lézerciódának két főbb csoportja ismeretes: a Ga As típusú (a periódusos rendszer III. és V. csoportjának elemeiből felépített) valamint az ólomó tartalmúakból felépítettek. Az előbbieket a közeli infravörösben, néha a pirosban, az utóbbiak a távolabbi infravörösben sugároznak. Itt az előbbi típust mutatjuk be.

Amint a neve is mutatja, a félvezető lézerciódája egy fénydióda (LED), amely koherens fényt bocsát ki.



3. ábra

A félvezető p—n átmenetnek csupán egy $10\ \mu\text{m}$ széles tartománya kelti a lézerfényt. Az átmenetet nyitó irányban polarizálva elektronlyuk rekombinációs folyamat játszódik le a határrétegben, amit energiakibocsátás kísér. A szilíciumdiódákban ez az energia többnyire hő formájában jelentkezik, de bizonyos félvezetőknél fénykibocsátás lép fel. A kibocsátott foton energiája durván a két sáv — vezetési, illetve vegyértéksáv — energiakülönbségével egyenlő. A LED-től alapvetően — a hasonlóságok ellenére — a rezonátor kiképzésében — amelyet a félvezető lap lecsiszolásával alakítanak ki —, valamint a sokkal nagyobb áramsűrűségben különbözik. Ez utóbbi révén valósulhat meg a populáció inverzió, a visszaverődő fotonok mindegyre stimulálják az elektron-lyuk rekombinációt. (4. ábra.)

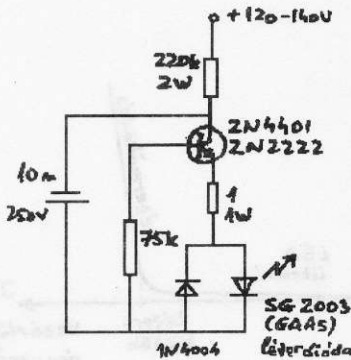


4. ábra

A legismertebb lézerdiódák anyaga a Ga As (904 nm), Ga Al As (720—900 nm), In Ga As (1060 nm körül) és In Ga As P (kb. 1300—1550 nm). Előnyük, hogy alacsony feszültséggel üzemelnek (mint a félvezető eszközök általában), könnyen modulálható

a jelük, amit a fényszálas telefonbeszélgetéseknél használnak. A kibocsátott fény divergenciája ugyan nagy, de megfelelő konvergenciájú lencsével könnyen fókuszálható. Tipikus fényimpulzus-szélessége 20—50 ns, kimenő fényteljesítményük 2—10 W közötti. Láthatóvá tenni nehéz, csak detektorral, vagy hatásában érzékelhető.

A mellékelt kapcsolásban (5. ábra) a kollektor-emitter letörési feszültségtartományban önrezgéssel működő lézerdióda meghajtó áramkört láthatjuk.



5. ábra

A lézerdiodát LED-re cserélve érdekes kísérletek végezhetők az R és a C szerepének a felismerése után. Adatok: ismétlődési frekvencia 200 Hz, impulzusidő 50 ns, a lézerdioda impulzusárama 40 A, kimenő teljesítmény 4—5 W, hullámhossz 904 nm.

Könyvészet:

Hecht, J.: *The Laser Guidebook*, McGraw-Hill Book Company, NY. 1986

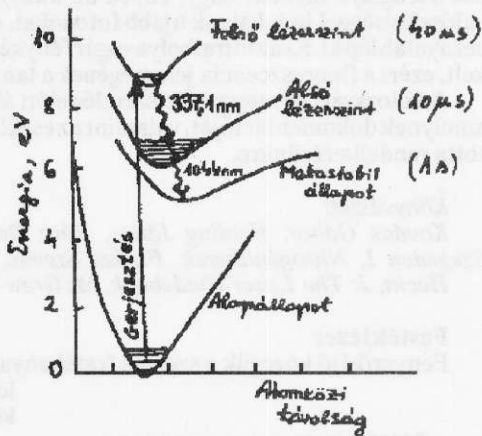
J.T. Verdeyen: *Laser Electronics*, Prentice-Hall International, UK. 1989

Tóth János: *Lézerről rádióamatőröknek*, Rádiótechnika évkönyve, 1990/59.

A nitrogénlézer

A nitrogénlézer aktív anyaga az N_2 gáz, amely 20 torr nyomástól a légköri nyomásig (TEA) működhet. Legtöbb esetben a nitrogén folyamatosan áramlik a kisülési csőben, ahol a pumpálást elektromos kisülés biztosítja. Impulzus üzemmódban működik, a gyors tranzverzális elektromos (TE) gerjesztés légköri nyomású (A-atmospheric) gáz használatát teszi lehetővé, rendkívül rövid idejű impulzusokat (ns alatti) lehet vele előállítani. A kisugárzott nyaláb a közeli ultraibolya színekben található (337,1 nm), és noha a lézer hatékonysága alacsony, a nyaláb viszonylag szélessávú — amely az UV lámpákhoz viszonyítva monokromatikusnak tekinthető —, valamint a kimenő teljesítmény is kicsi (10 μ J — 10mJ impulzusenergia mellett 1 kW — 2 MW csúcsteljesítmény), mégis, a festék-lézerek pumpálásához igényelt olcsó berendezés.

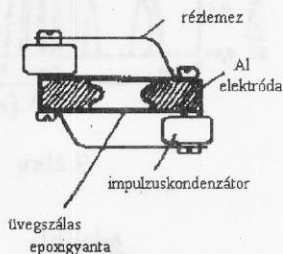
A nitrogén molekulákat a nagyfeszültségű (20kV) kisülésben a felgyorsított elektronok ütközése gerjeszti (pumpálás). A folyamatos pumpálás nem lépheti túl a 40 ns időt, mert ellenkező esetben az alacsonyabb szint populációja túlnó a felső szintjén (önhatárolt rendszer). A lézérátmenet a felső és az alsó lézerszintek között valósul meg (6. ábra).



6. ábra

Az ábráról is látható, hogy az alsó lézerszintről a N_2 molekulák egy metastabil szintre egy újabb lézérátmenettel jutnak le, amelynek az élettartama 1 s körüli. Impulzussorozat generálásakor a N_2 gázt áramoltatni kell, mivel erről a szintről történő gerjesztés nagyon kis hatásokkal érhető el.

A lézer szerkezete viszonylag egyszerű. Két, néhány cm hosszúságú Al elektróda, amelyre nagyfeszültségű impulzust kapcsolunk, közöttük áramlik a légköri nyomású N_2 gáz. (7. ábra)

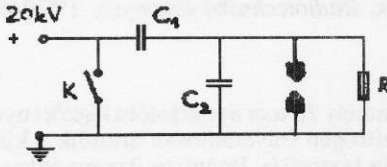


7. ábra

Az Al elektródákra 10 — 20 kV nagyságú feszültségimpulzust kapcsolunk. Ezt a feszültséget egy kondenzátorbank biztosítja, amelyet nagyfeszültségű áramforrás tölt fel. A bank ($C_1 = 10 — 20$ nF) az $R = 10$ kW ellenálláson keresztül töltődik fel, amikor a K kapcsoló (egy nagyfeszültségű tiratron) éppen nyitva van. A kapcsoló

zárásakor rövid idejű nagyerősségű (50 — 100 kA) áram a lézer elektródáival párhuzamosan kapcsolt C_2 (10 — 20 nF) kondenzátorba tölti át a töltéseket, az elektródák között megjelenik a nagyfeszültség és megindul a kisülés a N_2 gázban. A (8. ábra) egy ilyen gerjesztőáramkört mutat be (kapacitástransfer impulzusgenerátor).

A lézer megépítésénél bizonyos körülményeket tekintetbe kell venni: a tiratron bekapcsolásának a lüktető töltőfeszültség maximumánál kell bekövetkeznie (az utó-



8. ábra

kisülések elkerülése végett), ennek az elektronikája viszonylag bonyolult. Másrészt, a nagy feszültségek különleges szigeteléseket, kondenzátorokat, egyenirányító diódákat igényelnek. Figyelembe kell venni a nagy áramsűrűséget stb.

A kibocsátott lézerefény nem rezonátorban keletkezik, hanem az ún. erősített spontán emisszió (ESE) mechanizmusa révén, ugyanis az aktív közeg alakja az optikai tengellyel párhuzamos, hosszú, hengszerű. Így az aktív centrumok száma a lézer hossz tengelye mentén nagy, ebben az irányban terjedő spontán fotonok nagyobb valószínűséggel indukálnak újabb fotonokat, ebben az irányban nagy intenzitású lézernyaláb lép ki. Ez az ultraibolya sugár fényképpapír fotoemulzióján fluoreszcenciát kelt, ezért a fluoreszcencia jelenségének a tanulmányozására is használható.

A kolozsvári egyetemen felszerelés előtt áll egy nitrogénlézer tanulmányi célból, amelynek dokumentációját, valamint az eszközök nagy részét a szegedi JATE bocsátotta rendelkezésünkre.

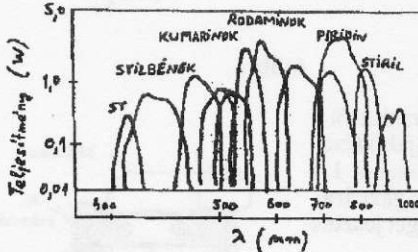
Könyvészet:

Kovács Gábor, Hebling János, Rácz Béla, Bor Zsolt: *Lézerfizikai kutatások Szegeden I. Nitrogénlézerek. Fizikai Szemle, 1986.*

Hecht, J: *The Laser Guidebook. McGraw—Hill Book Company, NY, 1986.*

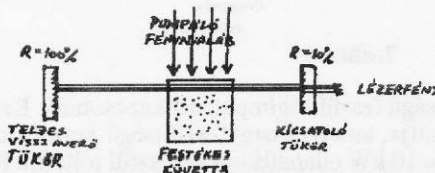
Festéklézer

Fényerősítő közegük a szerves festékanyag híg oldata, működési hullámhosszuk lefedi a közeli infravörös, a látható és a közeli ultraibolya tartományt (0,3 — 1,0 μm) (9. ábra).



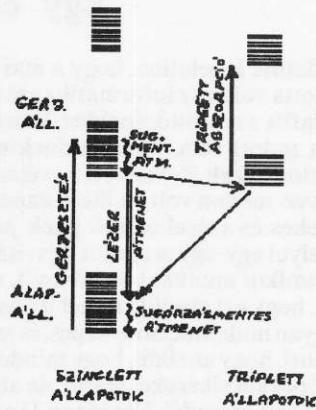
9. ábra

Festékeknek azokat a szerves anyagokat nevezzük, amelyek a látható tartományban erős abszorpcióval rendelkeznek (színesek). Sok festék az elnyelt fényt nagy határfokkal fluoreszcencia formájában ismét kibocsátja. Pumpálásukra egy másik lézert, rendszerint nitrogénlézert, excimér lézert, vagy pedig villanólámpát használnak. Az impulzuslézerrel pumpált festéklézer hatásfoka nagy (30% is lehet), teljesítménye tipikusan 1 — 100 kW közötti, néhány ns impulzusidő mellett (10. ábra).



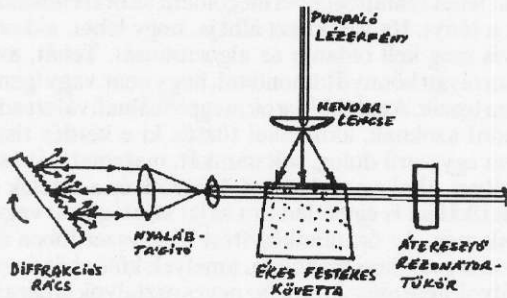
10. ábra

A populációinverzió a festékmolekulák gerjesztett és alapállapotai között valósul meg. Az energiaszint-szerkezetük bonyolult (11. ábra), az elektronok energiaszintjei (vonalcsoportok) rezgési és forgási alszinteket tartalmaznak (előbbieket sötétebb vonalakkal jelölték). A nagyon rövid pumpáló impulzust az indokolja, hogy hosszú idejű pumpálás esetén a tripllett állapot közvetlen abszorpciója és az oldatban fellépő termikus torzulások leállítják a lézerműködést.



11. ábra

A rövid impulzusidő, a nagy teljesítmény mellett a festéklézerek előnyeikhez tartozik a széles tartományú hangolhatóság, azaz a kilépő lézertény frekvenciája (színe) folyamatosan változtatható a festékek cseréjével, illetve a rezonátorba helyezett diszperzív (színszóró) elemmel. Egy ilyen hangolási elrendezést mutat be a 12. ábra, amelyen a kvarcküvetében található festékanyagot egy kvarc hengerlencsével szétterített nitrogén lézernyaláb gerjeszt oldalról, amely az edény falához közel gyorsan elnyelődik. Az elnyelődési hosszban kialakuló látható festéklézernyaláb az enyhén ékes küvetéből (a falon való visszaverődés érdekében) a részben áteresztő tükröt és a nyalábtágítót kívül elhelyezkedő diszperzív elemet (prizma, diffrakciós rács) tartalmazó rezonátorba jut. A lézerhatás csak a diszperzív elem által kiválasztott egyetlen frekvenciára érvényes, az elem folyamatos elforgatásával változtatható a lézertény frekvenciája is. Ez a tulajdonsága a többi más felhasználásán kívül elsősorban a spektroszkópiai analízisben teszi hasznossá a festéklézereket.



12. ábra

A kolozsvári Tudományegyetemen a nitrogénlézer építése lehetővé teszi festéklézerek (rodamin 6G, kumarin) pumpálását is.

Könyvészet:

Mátrai Tibor, Csillag László: Kísérleti spektroszkópia, Bp. 1990.

Bor Zsolt, Rácz Béla, Szabó Gábor, Klebniczki József: Lézerfizikai kutatások Szegeden. Festéklézerek. Fizikai Szemle, 1986.

Hecht, J.: The Laser Guidebook, McGraw—Hill Book Company, NY. 1986.

Kovács Zoltán

Egy érdekes analógia*

Szinte lehetetlen, hogy a mai fejlődő társadalmunkban lenne valaki, aki még ne hallotta volna az informatika szót, vagy valamilyen úton-módon ne került volna kapcsolatba a számítógépekkel. Viszont lehetséges az, hogy ez megtörtént, csak az illető nem tudott róla. Mindenkinél megvan a véleménye ezekről a "csodabogarakról", lehetnek ezek jó, vagy rossz vélemények, attól függően, hogy hol, mikor, mennyit és milyen módon volt az illető kapcsolatban a számítógépekkel. Egyeseknek sok, szép, érdekes és szórakoztató játék jut eszébe, másoknak viszont az a sok eltöltött idő, amelyet egy-egy program kijavítására fordított. A számítógép akkor válik segítőtárs-sá, amikor munkánkon könnyít, vagy azt teljes egészében elvégzi helyettünk. De ahhoz, hogy ezt elérjük, minél jobban meg kell ismernünk a számítógépet, tudnunk kell, hogyan működik, mire képes, és azt, hogy milyen feladatokat bízhatunk rá. Ez nem azt jelenti, hogy anélkül, hogy minden egyes alkatrészét ismernénk, ne tudnánk a számítógépekkel sikereket elérni, de alap nélkül egy házat se építenek, és ha igen, akkor az könnyen összedől. Neumann János volt az, aki rájött arra, hogy magát a programot is a memóriában kell tárolni, mert így az sokkal több feladat, feladatcsoport megoldására lesz alkalmas. Azóta számtalan típusú számítógépet gyártottak és gyártanak. A napjainkban gyártott számítógépek működésének alapelve megegyezik elődjeivel, csupán a kivitelezés, valamint a gyártástechnológia változott. Új tudományágak jelentek meg, tudósok százezrei kutatják, hogy ezeket a gépeket egyre hatékonyabban állítsák az emberek szolgálatába, hogy új módszereket fedezzenek fel különböző feladatok megoldására, valamint algoritmusokat dolgozzanak ki, amelyek emberi intelligenciát igénylő feladatok megoldására legyenek alkalmasak.

Mit nem adnának a matektanárok, igazgatók, ha megszabadulhatnának azoktól a gondoktól és munkától, amit minden tanév elején az órarend készítése okoz számukra. Sok osztály, sok tanár, még több igény nehezíti munkájukat. Ha elemezni kezdenék a számítógépek tulajdonságait, akkor az egyik így szólna: sok adatot képes kezelni, elég rövid idő alatt. Vajon nem ugyanaz a munkája az órarendkészítőnek is, tehát nem lehetne-e az órarendkészítést is a számítógépre bízni? Erre a kérdésre még nem válaszolhatunk, mivel válaszunkat nem tudjuk megindokolni. Tehát bárki, aki azt állítja, hogy nem lehet számítógéppel megoldani az órarendkészítést, annak bizonyítania is kell ezt a tényt. Ha valaki azt állítja, hogy lehet, akkor ezt szintén bizonyítania kell, vagyis meg kell oldania az algoritmusát. Tehát, az informatikában, matematikában nem olyan könnyű kimondani, hogy nem, vagy igen mint ahogyan azt egyesek a közéletben teszik. Az alábbi sorok megpróbálnak válszt adni erre a kérdésre, esetleg ötleteket adni azoknak, akik célul tűzték ki e kérdés tisztázását. Ennek a megválaszolása nem egyszerű dolog, sok munkát, matematikát és akaratot igényel. Mint a matematikában, ahol egy feladatot ötleteink és a tételek segítségével bizonyítunk, az informatikában is egy feladatot saját stratégiával vagy különböző módszerekkel oldhatunk meg. Az órarendkészítést legegyszerűbben úgy határozhatjuk meg, hogy olyan tantárgyak kombinációja, amelyek különböző szabályokat elégítenek ki. Ezek a szabályok nem mások, mint az egyes osztályok tanárai, a tantárgyak heti óraszám, stb. Legtöbb ilyen kombinációs feladatnál jó megoldáshoz vezet az ún. "backtracking" (visszalépéses keresés) módszere, amelynek alaptöltete az, hogy generálja a megoldások összes lehetséges kombinációit, kiválasztva a jó megoldást. Mivel algoritmusaink egyik fő jellemzője az ún. futási idő — az az idő, amely elegendő a legbonyolultabb feladat megoldásához —, könnyen rájöhetünk arra, hogy miért is nem alkalmazható a fentebb említett módszer a mi esetünkben. Az adatok számának növekedésével exponenciálisan nő a próbálgatások száma, ami nagyon megnöveli a futási időt. Jobban elmélyülve az órarendkészítésben rájövünk, hogy nem csak az okoz gondot, hogy olyan algoritmust készítsünk amelynek futási ideje optimális, hanem a feladat mennyire függ az adott iskolától is. Tehát, számos olyan döntés hárul a számítógépünkre, amely az órarendkészítőnek banálisnak tűnik, vagyis egyes dönté-

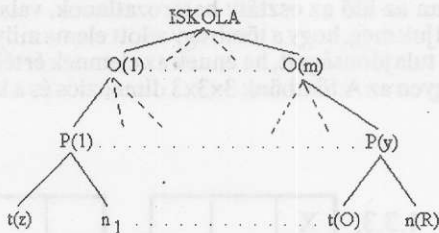
* A Firka-pályázaton dícséretben részesített dolgozat.

sekben a számítógépünknek szüksége lenne emberi intelligenciára, ha feladatunkat a szokásos módon próbáljuk megoldani. Két lehetőségünk van: félretesszük a feladatot, és megvárjuk, amíg az emberi intelligenciával rendelkező számítógépet feltalálják, és majd akkor nehézségek nélkül megoldhatjuk feladatunkat; vagy megpróbáljuk olyan módszerekkel leírni, amelyek a most létező számítógépek számára érthető és ugyanakkor elegendő információt tartalmaznak ahhoz, hogy a feladat megoldható legyen.

Egy algoritmus elkészítésénél nagyon fontos lépés a bemeneti adatok meghatározása. Ezek minimálisak kell hogy legyenek, de azért teljes egészében tükrözzék az adott problémát. A bemeneti adatokat aszerint, hogy algoritmusuk milyen módon használja fel őket, két csoportba oszthatjuk: információk és kényszerek. Az információk olyan bemeneti adatok, amelyeket algoritmusunk feldolgoz, szükség esetén át is alakít. A kényszerek a bemeneti adatok azon csoportját képezik, amelyek olyan feltételek, amelyeket ki kell elégíteni a feladat megoldása során. Az információk közé sorolhatjuk azokat az adatokat, amelyek a különböző osztályok és tanárok közti viszonyt tükrözik. Ezek az információk határozottak, vagyis minden iskolában ugyanolyan formában kell bekérni, tehát ábrázolásuk nem okoz gondot számunkra. Az osztályok, tantárgyak, tanárok közötti kapcsolatok ábrázolását többféle képpen is megoldhatjuk. Ezen kapcsolatok ábrázolására alkalmas, könnyen kezelhető és tárgyigénye is minimális, a gráf. Ezt a gráfot a továbbiakban jelöljük G-vel és a következőképpen alkotjuk meg:

- gyökérnek tekintjük magát az iskolát
- a gyökérnek van annyi alcsomópontja, ahány osztály van az iskolában (az osztályokat a továbbiakban jelöljük $O(i)$ -vel, $i = 1, m$)
- minden osztálycsomópontnak van annyi alcsomópontja ahány tantárgyat tanulnak (a tantárgyakat a továbbiakban jelöljük $P(j)$ -vel, $j = 1, n$)
- minden tantárgyhoz kapcsolódik két alcsomópont, ahol az egyik az illető tantárgyat tanító tanár, a másik a heti órák száma az adott tantárgyból (a továbbiakban a tantárgyakat jelöljük $T(k)$ -vel, $k = 1, q$)

Abban az esetben, ha az adott tantárgyat több tanár tanítja, akkor több alcsomópontja lesz a tantárgycsomópontnak. Két esetet különböztetünk meg, ha a tantárgyat úgy tanítja több tanár, hogy az osztály feloszlik, és párhuzamosan folyik a tanítás (pl. az idegennyelv órák), vagy a tanárok különböző időben tanítják ugyanazt az osztályt, ugyanabból a tantárgyból. Az utóbbi esetben előnyösebb a tantárgyat több tantárgynak elképzelni, ezzel könnyítve algoritmusunkon. Általánosan a G gráfunk a következőképpen nézne ki:



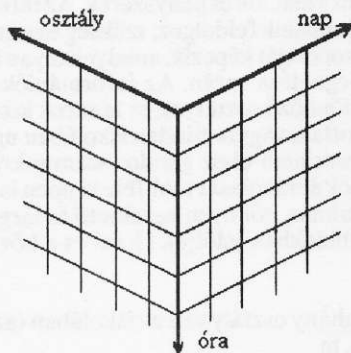
A kényszerek ábrázolása már nem olyan egyszerű, mivel ezek iskolától függőek. Nem tudjuk pontosan meghatározni, hogy milyen típusúak lehetnek, tehát adódhat olyan eset, amikor egy kényszert számítógépünk, algoritmusunk nem tud feldolgozni. Újból két lehetőségünk van, az első az, hogy olyan algoritmust dolgozunk ki, amely ismeri véges számú iskola tanításrendszerét, tehát ezekben az iskolákban a programunk problémamentesen fog futni, vagy olyan módon próbáljuk meg ábrázolni ezeket a kényszereket, hogy a mi feladatunkban lehetséges bármely feltételnek megfeleljen. Az órarendkészítő számára a kényszerek így nézhetnek ki:

1. Ugyanabban az időben csak két osztálynak lehet tornaórája. (Ez a feltétel már nem érvényes abban az iskolában, ahol a tornaterem nagyobb.)

2. $O(i)$, $O(j)$, $O(k)$ osztályoknak idegennyelv órája ugyanabban az időben kell legyen. (Ez szintén nem érvényes más iskolában.)

3. T(i) tanárnak hétfőn nyolctól nem lehet órája azért, mert ekkor ő a szolgálatos. Talán ezekből a kijelentésekből következtethetünk arra, hogy miért is annyira iskolafüggőek ezek a kényszerek, de hogy ezt a problémát megoldhassuk, szükségünk van újabb információkra, amelyek az órarendkészítő algoritmusra vonatkoznak.

Amilyen fontosak a bemeneti adatok, pont olyan fontosak kimeneti adataink is. Ezek meghatározása is egy fontos és szükséges lépés. Ha az algoritmust szeretnénk definiálni, akkor az így nézne ki: olyan műveletek sorozata, amely a kimeneti adatokat egy adott kezdeti állapotból a végső állapotba konvertálja a bemeneti információk



felhasználásával és a kényszerek betartása közben. A mi esetünkben eléggé előnyös és könnyen áttekinthető, ha a kimeneti adatokat egy háromdimenziós tömb segítségével ábrázoljuk, amelynek indexei sorra a nap, óra, osztály, valamint értéke az a tantárgy, amelyen tantárgya van az adott osztálynak azon a napon és abban az órában. A továbbiakban ezt a tömböt jelöljük A-val (1. az ábrát).

Kezdeti állapotnak tekintjük az üres tömböt vagy feltöltve a következő szabály szerint: a tömb egy adott elemének $A(i,j,k)$ értéke 0, ha i -én, j -órától, k -dik osztálynak lehet órája, vagy ellenkező esetben a tömb elemének értéke -1 . Ezt a szabályt olyan

kor kell alkalmazni, ha az iskolában, például délelőtt és délután is folyik tanítás, az ehhez szükséges adatokat szintén az információk kell tartalmazzák. Eléggé hosszadalmas az adatok bevitele, ha minden osztálynál külön-külön végezzük ezt. Sokkal előnyösebb az adatok olyan bevitele, hogy az osztályokat tulajdonságaik alapján több csoportba osztjuk.

Mindezek után visszatérhetünk a kényszerek tárgyalására. Ha megpróbáljuk elemezni az eddigi példáinkat, észrevehetjük, hogy a következő öt elem fordul elő bennük: nap, óra, osztály, tanár és tantárgy, és az elemek közti különböző kapcsolatok határozzák meg a kényszereket, lehetnek határozottak vagy határozatlanok. Az 1. példában az idő az osztály határozatlanok, valamint a tantárgy határozott (torna). Vizsgáljuk meg, hogy a tömb egy adott eleme milyen mértékben és hogyan változtatja a tömb tulajdonságait, ha ennek az elemnek értéket adunk.

Legyen az A tömbünk $3 \times 3 \times 3$ dimenziós és a következő értékeket tartalmazza:

1,3,3,	X		
1,2,3,	Z		
	X		

Y			

X			

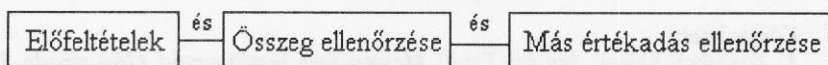
1,1,3 1,1,2 1,1,1

Következő lépésünkben az $A(1,1,3)$ elemnek adjuk X értéket. Ekkor a tömbünkben a következő változások mennek végbe:

1. Nő az X órák száma az $1,1,i$, $i = 1,3$ sorban, valamint az X órát tartó tanár száma az $1,1,i$, $i = 1,3$ sorban.

2. Nő az X órák száma az $1,i,3$ oszlopban, valamint az X órát tartó tanár száma az $1,i,3$, $i = 1,3$ oszlopban.

A feladat megoldása során egy műveletünk van: az A tömbünknek értéket adunk. Az informatikai feladatokban operátornak nevezünk minden egyes olyan műveletet, amely az adatokat egyik állapotból a másik állapotba konvertálja. Az órarendkészítéshez csak egy operátora van, tehát a kényszerek csakis ezen operátor által kiváltott változásokra vonatkozhatnak. Még fennállhat az az eset, hogy a tömb egyik elemének értékadása még más elem értékadását is magával vonja. Tehát, még mielőtt megtörténne az aktuális értékadás, szükség esetén más értékadás lehetőségét is le kell ellenőrizni, és ha ezek lehetségesek, akkor történhet meg az értékadás. Az előbbieken említett öt elem (határozott vagy határozatlan) elem közti kapcsolatot nevezzük előfeltételnek. Az előfeltétel a kényszer egy része, amely meghatározza, hogy az adott kényszer milyen esetben kell fennálljon. Ezen kívül még két elem tartozik a kényszerhez, az egyik a sorokban és oszlopokban található tanárok vagy tantárgyak összegére vonatkozik, valamint más értékadás lehetőségének a leellenőrzése. Ha grafikusán szeretnénk a kényszereket ábrázolni, akkor ezek így néznének ki:



Az előfeltételeken kívül a másik kettő közül az egyik elhanyagolható.

Előttünk már csak az A tömb feltöltése áll. Ezeket a sorokat olvasva, bárki felteheti a kérdést, hogy milyen kapcsolat van a cím és az eddig leírtak között. Analógiáról, érdekes analógiáról nem volt szó, tehát választ kell adjunk a címre, a feladat megoldására.

Az 1980-as évek elején Kirckpatrick, Gelatt & Vecchi bevezették a kombinatorikus feladatok optimalizálásának az alapjait. Ezek a fogalmak egy érdekes analógiára alapszanak, a fizikában található egyes folyamatok és a széleskörű optimalizálási feladatok megoldása között. A kondenzált anyag fizikájában a hevítés olyan termikus folyamat, amelynek során a forró fűrdőben a szilárd anyagok alacsony energiaszintű állapotait lehet elérni. A folyamat két fontos lépésből áll:

— Növelhetjük a fűrdő hőmérsékletét, amíg eléri azt a maximális értéket, amelyen a szilárd anyag megolvad.

— Figyelmesen csökkentjük a meleg fűrdő hőmérsékletét, mialatt a részecskék saját maguktól elhelyezkednek a szilárd anyag alapállapotába.

A folyadékfázisban minden részecske véletlenszerűen helyezkedik el. Alapállapotban a részecskék egy jól strukturált rácsban helyezkednek el és a rendszer energiája minimális. A szilárd anyag csak akkor kerül alapállapotba, ha a maximális hőmérséklete elég nagy és a lehűlés figyelmesen történik. Ellenkező esetben a szilárd anyag egy metastabilis állapotba kerül, amelynek energiaszintje nagyobb mint az alapállapotnak. 1953-ban Metropolis, Rosenbluth, Teller & Teller közöltek egy algoritmust, amely segítségével nagyon jól lehet szimulálni egy szilárd anyag átalakulásait termikus egyensúlyi állapotba meleg fűrdőben. Az algoritmus alapötlete a következő: legyen az anyag egy adott i állapotban, akkor azt a változást, amely az anyagot i állapotból j állapotba juttatja (ez a változás lehet egy részecske helyettesítése) akkor fogadjuk el, ha $E_j - E_i \leq 0$, ahol E_j a j állapotnak megfelelő energiaszint. Ha az $E_j - E_i$ nagyobb mint 0, akkor a változást az

$$\exp\left(\frac{E_i - E_j}{k_b T}\right)$$

valószínűséggel fogadjuk el, ahol T az abszolút hőmérséklet és k_b a Boltzmann állandó. A fent említett elfogadási kritérium a Metropolis kritérium, és az algoritmus amely ezzel fut, a Metropolis algoritmus.

Ami esetünkben is az A tömböt elképzelhetjük úgy, mint egy sok részecskéből álló rendszert, amelynek állapotát az elemeinek értéke határozza meg. Célunk egy olyan állapot elérése, amely optimális számunkra. Legyen f egy függvény, amelyet arra fogunk felhasználni, hogy megállapítsuk a rendszer állapotát. Minden egyes i, j, k, A tantárgy (vagy neki megfelelő tanár) i -napon, j -órában, k -osztályban megtartható-e, pontosabban milyen mértékben tartja be az általunk megszabott kényszereket, ez az érték annál nagyobb, minél több kényszernek szegül ellen. Természetesen különböző prioritásokat kell meghatározni (tanulók, tanárok), amelyek a programkészítő feladatai. Ezen függvényértékek összege kifejezésre juttatja, hogy az adott állapot mennyire optimális. Ha ezt az értéket a rendszerünk energiájának tekintjük, akkor az órarendkészítő algoritmusunk nem más mint a Metropolis algoritmus. Ebben az esetben az A tömbünk kezdeti értékét úgy kapjuk meg, hogy véletlenszerűen feltöltjük a tömböket. Az optimális megoldáshoz úgy jutunk el, hogy az A tömb elemeinek a cserélgetésével próbáljuk csökkenteni a rendszer energiáját.

Tehát algoritmusunkat visszavezettük egy fizikai átalakulásra.

Surányi Béla, Bolyai Farkas Líceum, Marosvásárhely

Könyvészet:

1. *Yoshikai Shirai, Jun-ici-Tsuji: Mesterséges intelligencia (Novotradé 1987)*
2. *Fizika - tankönyv a XII. osztály számára*
3. *Emile Aarts, Ian Korst: Simulated annealing & Boltzmann Machines*

Számoljunk a megfelelő pontossággal

Kémiai tanulmányaink során sokszor kell számításokat végeznünk az irodalomban (tankönyvben) megadott számokkal, vagy saját méréseink eredményeit kell hasonló számítások segítségével a megfelelő módon kifejezni. A megfelelő mód arra vonatkozik, hogy mind a készen kapott számok, mind a saját mérési eredményeink hibákkal terheltek (véletlen hibákkal), így csak bizonyos pontossággal (valószínűséggel) közelítik meg a valódi (hibamentes) értéket. Ez utóbbit elvileg sohasem ismerjük, kivéve egyes tárgyak, személyek megszámlálását (pl. pontosan 12 diák van a csoportban), vagy a definiált mennyiségeket (pl. a szén bizonyos izotópjának atomtömege pontosan 12,0000). Ha nem is ismerhetjük meg a valódi értéket, statisztikai megfontolások alapján megadhatjuk (kiszámíthatjuk), hogy számolásunk eredménye mekkora valószínűséggel közelíti meg ezt az értéket. Vagyis, föl kell tüntetnünk eredményeink pontosságát, megbízhatóságát. Erre nézve több lehetőség van. Nemzetközi megállapodás szerint (szignifikáns-számjegy konvenció) a pontosságot az *eredmény kifejezésmódjával* tüntetjük fel oly módon, hogy csak annyi számjegyet írunk ki, hogy az utolsóelőtti még pontos (biztos) legyen, az utolsó pedig *helyi értékének* 1 egységével bizonytalan. Így pl. az 5,00 szám azt jelenti, hogy valódi értéke $5 \pm 0,01$ intervallumban van. Más szóval, ha "csak" ennyire pontos az eredmény, nincs jogunk kettőnél több (pl. 5,000) tízedessel kifejezni. Ez látszólagos pontosságot jelentene, ami éppolyan hiba mint egyéb pontatlanság.

Innen adódik a probléma, ugyanis kézi, vagy nagy számítógéppel végezve számításainkat, az eredmény rendszerint annyi számjeggyel jelenik meg, ahányra hely van a készülékben, s hogy bizonyítsuk, hogy milyen "pontosan" számoltunk, mindezt ki is írjuk. Helyesen eljárva, számításaink eredményét arra a megfelelő számjegyszámra kell hozni, csökkenteni, le- vagy felkerekíteni, amerre az adott pontosság feljogosít. A továbbiakban erről lesz szó.

Közelítsük meg a kérdést lépésenként, s előbb újítsunk fel néhány alapfogalmat. Egy mérés hibáján (h) a méréseredmény (x) és a valódi érték (V) közti különbséget értjük:

$$h = x_i - V \quad (1)$$

Mivel a V -t nem ismerjük, e helyett egy legvalószínűbb értéket, \hat{x} -et (olvasd: x becslült) kell tekintenünk, amelyet a helyes értéknek fogadunk el. Így módon a mérés hibája:

$$h = x_i - \hat{x} \quad (2)$$

A helyesnek elfogadott érték is sokszor bizonytalan lehet, ezért igen nehéz a mérés hibájának reális felbecsülése. Első megközelítésben, ha a méréseredményeink csak véletlen hibákkal terheltek, a párhuzamos méréseredmények számtani középértékét tekintjük a legvalószínűbb helyes (valódi) értéknek:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_1^n x_i \quad (3)$$

Így, az egyes mérések hibája (a középértéktől való eltérése, deviációja):

$$h = x_i - \bar{x} \quad (4)$$

Az (1), (2), (4) egyenletekkel kifejezett hibát *abszolút hibának* nevezzük. Nyilvánvaló, hogy a hiba mértéke nem ugyanaz, ha például 2 cm-t tévedünk 30 cm, vagy pedig 3 km mérésekor. Ezért célszerű a hibát a mért mennyiség helyes értékére vonatkoztatni. Az így kapott kifejezést *relatív hibának* nevezzük, s rendszerint %-ban adjuk meg:

$$\text{rel.hiba} = \frac{x_i - \bar{x}}{\bar{x}} \cdot 100 \quad (5)$$

E hiba nagysága dönti el a végeredményben kiírható számjegyek számát a szignifikáns-számjegy konvenciónak megfelelően. A számban a számjegyek különböző szerepet töltenek be. Az 1-től 9-ig terjedő számjegyek *szignifikánsak* (= jelentenek valamit). A zérus lehet szignifikáns, vagy nem szignifikáns. Minden zérus, amely az 1–9 számjegyek előtt áll, nem szignifikáns. Pl. 14 cm = 0,14 m = 0,00014 km. Mindhárom szám csak két szignifikáns számjegyet tartalmaz, az utóbbi kettőben a zérusok csak a tízedespont helyének a kijelölésére szolgálnak. Ez könnyen belátható, ha ugyanazt a három számot a következő formában írjuk fel: 14 cm = 14 · 10⁻² m = 14 · 10⁻⁵ km. Az első szignifikáns számjegy utáni zérusok szignifikánsak, pl. 1,0035 öt szignifikáns számjegyet tartalmaz. De tekintsük az Avogadro-számot: 6,022 · 10²³ atom (molekula)/mól. Ez négy szignifikáns számjegyet tartalmaz. A 6, 0, 2 pontosan ismert, a következő számjegy bizonytalan, valószínűleg szintén 2. Következésképpen a 6022 utáni számjegyek nem ismeretesek, ezeket húsz darab zérussal helyettesítjük (6022 · 10²⁰). Nyilván, ezek a zérusok nem szignifikánsak, csak a szám nagyságát jelzik.

Lássuk most néhány példán, hogyan alkalmazzuk a számjegy-konvenciót? A számfeladatok megoldása során készen kapott számokkal számolunk (pl. atomtömegek, molekulatömegek, térfogatok, stb.), s mivel ezek is kísérleti, mérési adatok, nem pontos számok. Tegyük fel, hogy e számok is az említett konvenciónak megfelelően vannak feltüntetve. Így, a számolásokat rendszerint különböző pontosságú számokkal végezzük, s a kérdés az, hogy mekkora lesz a végeredmény hibája, hány számjeggyel kell feltüntetnünk a végeredményt?

Számításaink során a hibák bizonyos törvényszerűség szerint halmozódnak (hibaterjedés törvényei). Ez mindenek előtt az alkalmazott műveletektől függ.

a) **Összeadás és kivonás** esetén a végeredmény abszolút hibája a tényezők abszolút hibájának összegével egyenlő. Hogyan fejezzük ki helyesen az alábbi összeadás végösszegét:

$$\begin{array}{r} 30,1 - \\ 1,04 \\ 0,1759 \\ \hline 31,3159 \end{array}$$

Nyilvánvaló, hogy igen különböző pontosságú számokról van szó, s a végeredmény nem lehet 31,3159. Alkalmazzuk a szabályt. Az abszolút hibák összege: $0,1 + 0,01 + 0,0001 \approx 0,1$. Ez azt jelenti, hogy az első tizedes már pontatlan, ennél többet nem írhatunk ki, így az eredmény $31,3 \pm 0,1$. Mivel a hibák összegének a kerekítésénél a legnagyobb hiba a döntő, a szabályt olyan formában is alkalmazhatjuk, hogy a végeredmény abszolút hibája a legpontatlanabb tényező abszolút hibájával egyenlő. Így is eljáráhatunk, hogy a tényezőket az összeadás (kivonás) előtt a legpontatlanabb pontosságára kerekítjük, s a műveletet csak azután végezzük el. A fenti példa esetében:

$$\begin{array}{r} 30,1 - \\ 1,0 \\ 0,2 \\ \hline 31,3 \end{array}$$

Nem ritka eset, hogy olyan számokkal kell számolnunk, amelyek pontossága jobban ismert, pl. $0,50 (\pm 0,02)$. A zárójelben szereplő szám a (véletlen) hibát jelenti standard deviációban kifejezve (több mérés középértékének ún. középhibája). Ez azt jelenti, hogy az adott szám valódi értéke nagy valószínűséggel (ezt olykor meg is adják) $0,50 \pm 0,02$ tartományban van. A standard deviációnak nem tulajdonítunk határozott előjelet, ugyanis, véletlen hibákról lévén szó, egyenlő a valószínűsége, hogy a hiba pozitív vagy negatív. Ebből következik, hogy a számított eredménynek számos lehetősége standard deviációja (hibája) lehet. Vegyük az alábbi példát:

$$\begin{array}{r} + 0,50 (\pm 0,02) \\ 4,10 (\pm 0,03) \\ - 1,97 (\pm 0,05) \end{array}$$

A feladat tehát ilyen alakú: $y = a + b - c$. Az összeg hibája (bizonytalansága):

a) *maximálisan* $\pm 0,1$ lehet, ha a standard deviációk mind pozitívak, vagy mind negatívak (nem tudjuk)

b) *minimálisan* zérus lehet, ha a három hiba úgy kompenzálódik, hogy összege zérus legyen (ezt sem tudjuk)

c) *legvalószínűbb*, hogy az összeg hibája a két szélsőséges érték közé esik. Statisztikai megfontolások alapján kiszámítható, hogy az eredmény legvalószínűbb hibája (standard deviációja, s_y):

$$s_y = \sqrt{s_a^2 + s_b^2 + s_c^2} \quad (6)$$

Az s^2 neve variancia. A mi esetünkben tehát:

$$s_y = \sqrt{(\pm 0,02)^2 + (\pm 0,03)^2 + (\pm 0,05)^2} = \pm 0,06$$

Tehát, a keresett összeg $2,63 \pm 0,06$.

b) **Szorzásnál és osztásnál** más szabály érvényes: a végeredmény *relatív hibája* a tényezők relatív hibájának összegével egyenlő. A relatív hiba: a szám hibája osztva magával a számmal. Pl. $1,04 \cdot 97,18 = 101,0672$. Kérdés, hogy az eredmény megadható-e ebben a formában? Az első tényező relatív hibája $0,01:1,04 = 0,01 = 10^{-2}$. A másodiké $0,01:97,18 = 1 \cdot 10^{-4}$. A kettő összege $10^{-2} + 10^{-4} \approx 10^{-2}$. Az eredmény hibája (bizonytalansága) tehát, $101,0672 \cdot 10^{-2} \approx 1$. A szorzás végeredménye tehát, 101. A relatív hibák összegében is rendszerint a legnagyobb a döntő, s ilyenkor a szorzat relatív hibája is a legpontatlanabb tényező relatív hibájával egyenlő. Osztásnál ugyanúgy járunk el. Pl. $174:97,18 = 1,79049$. Az első tényező relatív hibája $1:174$

= $5,7 \cdot 10^{-3}$. A végeredmény bizonytalansága tehát, $1,79049 \cdot 5,8 \cdot 10^{-3} = 0,01$. A végeredmény: 1,79. Pontosabban megadott számokkal (ismerve a standard deviációt) is hasonlóan azámolunk. Pl.:

$$y = \frac{a \cdot b}{c} = \frac{4,10 (\pm 0,02) \cdot (\pm 0,0001)}{1,97 (\pm 0,04)} = 0,0104 (\pm ?)$$

Először kiszámítjuk az egyes tényezők relatív hibáit (standard deviációját):

$$(s_a)_r = \frac{\pm 0,002}{4,10} = \pm 0,00049$$

$$(s_b)_r = \frac{\pm 0,0001}{0,050} = \pm 0,020$$

$$(s_c)_r = \frac{\pm 0,04}{1,97} = \pm 0,020$$

Ebben az esetben is az eredmény relatív varianciája, $(s_y)^2$ (6. egyenlet) egyenlő az egyes relatív varianciák összegével:

$$(s_y)^2_r = (s_a)^2_r + (s_b)^2_r + (s_c)^2_r \quad , \text{ így}$$

$$(s_y)_r = \sqrt{(\pm 0,049)^2 + (\pm 0,020)^2 + (\pm 0,020)^2} = \sqrt{0,00084} = \pm 0,029$$

A végeredmény abszolút standard deviációja tehát $s = 0,0104 \cdot (\pm 0,029) = \pm 0,0003$. Így a végeredmény: $y = 0,0104 (\pm 0,003)$.

c) **Hatványozás és gyökvonás.** Legyen:

$$y = a^x$$

Ha az exponens $1/x$, akkor gyökvonásról van szó, továbbá feltételezzük, hogy x pontos szám, nem tartalmaz bizonytalanságot. Levezethető, hogy ha a hibája Δa , akkor az eredmény hibája:

$$\frac{\Delta y}{y} = x \frac{\Delta a}{a} \quad (7)$$

vagyis a számítási eredmény $\Delta y/y$ relatív hibája egyenlő az a alap $\Delta a/a$ relatív hibája szorozva az x exponenssel. A relatív hibát standard devianciában megadva:

$$(s_y)_r = x \cdot (s_a)_r \quad (8)$$

Így, pl. négyzetgyökvonásnál, mivel $x = 1/2$, egy szám négyzetgyökének a relatív pontossága feleakkora, mint magának a számnak a pontossága. Pl. $\sqrt{32} = ?$ 32 relatív pontossága 1 : 32, így a gyökéé 1:64. Zsebszámológéppel azt kapjuk, hogy $\sqrt{32} = 5,6568542$. Ennek pontossága: $5,6568542 \cdot 1/64 = 0,088 \approx 0,1$. Tehát helyesen $\sqrt{32} = 5,7$. Más példa számolásra: $\sqrt[3]{1,00} = ?$ Mivel 1,00 bizonytalansága 0,01, a megadott szám pontos értéke 1,01 és 0,99 között van. Mivel $\sqrt[3]{1,01} = 1,005$, és $\sqrt[3]{0,99} = 0,995$, a gyökben csak a harmadik tizedes pontatlan, tehát $\sqrt[3]{1,00} = 1,000$. Még egy példa: egy gömb $d = 2,15$ cm átmérőjének a mérésekor a standard devianció $\pm 0,02$ cm. Mekkora a V térfogat standard deviációja és pontos értéke?

$$V = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{d}{2} \right)^3 = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{2,15}{2} \right)^3 = 5,20 \text{ cm}^3 (\pm ?)$$

A relatív standard deviáció:

$$\frac{sv}{V} = 3 \frac{sd}{d} = 3 \frac{0,02}{2,15} = 0,028$$

A V abszolút standard deviációja $sv = 5,20 \cdot 0,0028 = 0,15 \cong 0,2$. Tehát $V = 5,2(\pm 0,2)$.

d) **Hibaterjedés logaritmus számításakor.** Legyen:

$$y = \log a = 0,434 \ln a$$

$$\Delta y = 0,434 \Delta a / a \quad , \text{ s így}$$

$$s_y = 0,434 (s_a)_r \quad (9)$$

vagyis y abszolút hibáját az a relatív hibája határozza meg. Pl.:

$$y = \log [2,00 (\pm 0,02) \cdot 10^{-3}] = -2,6990 \pm ?$$

A (9) alapján:

$$s_y = 0,434 \frac{0,02 \cdot 10^{-3}}{2,00 \cdot 10^{-3}} = \pm 0,004$$

Tehát $\log y = -2,699 (\pm 0,004)$. Az eredmény általánosítható is. Ha egy szám pontossága 0,01 (mint a példánkban), úgy logaritmus 0,004 egységre bizonytalan. Megfordítva, ha $\log x$ pontatlansága 0,004 egység, úgy x relatív pontatlansága 0,01. Ezt a pH-számításoknál értékesíthetjük úgy, hogy a számított pH ($-\log H$) értékeket csak két tizedes pontossággal adjuk meg. Ha három tizedes pontossággal adnánk meg, pl.: pH = 5,042, az ennek megfelelő hidrogénion-koncentráció pontossága 0,0025 lenne a tényleges 0,01 helyett, ami azért sem valószínű, mert a számítás alapjául szolgáló egyensúlyi állandók relatív pontossága ennél jóval kisebb.

Függelék

I. A standard deviáció kiszámítása. Ha több párhuzamos mérésünk eredménye rendre x_1, x_2, \dots, x_n , a mérések számtani közepe \bar{x} (lásd a 3. egyenletet). Az egyes mérések eltérése (deviációja) a középértéktől rendre $d_1 = x_1 - \bar{x}; d_2 = x_2 - \bar{x}; \dots, d_n = x_n - \bar{x}$, az egyes mérések standard deviációja:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum d_i^2}{n}}$$

A középérték standard deviációja pedig $\sigma_{\bar{x}} = \sigma / \sqrt{n}$.

II. A kerekítés szabályai.

a) Ha az elhanyagolandó számjegy nagyobb, mint 5, az előtte levő számot 1-gyel növeljük. Pl.: 32,147 helyesen kerekítve 32,15.

b) Ha az elhanyagolandó számjegy kisebb, mint 5, egyszerűen elhagyjuk. Pl.: ha a 7362-es számot, amely $\pm 0,001$ pontosságú 0,01 pontosságra kerekítjük, az eredmény $7,36 \cdot 10^3$. Ezt helytelen lenne 7360 formában felírni, mert ez ismét 0,001 pontosságú lenne.

c) Ha az elhagyandó számjegy pontosan 5, s ha az előtte álló számjegy páros, akkor az utolsó számot elhagyjuk. $4,865 \rightarrow 4,86$. Ha az előtte álló számjegy páratlan, azt megnöveljük 1-gyel, s az utolsót elhagyjuk. $17,035 \rightarrow 17,04$.

Kékedy László

Arcképcsarnok, tudományok története

Az atomelmélet történetéből

Már ósidők óta megfigyelték, hogy a különböző anyagok egymásba hatolhatnak. Ha vízbe sót teszünk, az abban feloldódik. A só behatol a vízbe, abban szétszóródik és láthatatlanná válik. A sós vízből a víz elpárologhat, a víz behatol a levegőbe, abban széteszik és ugyancsak láthatatlanná válik. Ennek és sok más hasonló jelenségnek a magyarázatára az emberek egy hipotézist állítottak fel, egy tudományos modellt képzeltek el, amely szerint az anyagfajták apró, szabad szemmel nem látható részecskékből állnak, és az anyagok egymásba hatolása nem egyéb, mint e parányi részecskék összekeveredése. Ezzel az elképzeléssel már több mint 3000 évvel ezelőtt találkozunk a főniciaiaknál, Indiában, a médeknél és jó 2500 éve megjelenik az ókori görögöknél. Leukipposz szerint a világban két alapelv uralkodik, a teltség és az üresség. A teltség parányi, tovább már nem osztható anyagi elemekből áll, és a közöttük levő hézagból jön létre az űr. Tanítványa, Démokritosz kimondja, hogy semmi más nem létezik csak a tovább már nem osztható parányok, az atomok és az űr. A világ sokféle tárgy és jelensége az állandó mozgásban levő atomok különböző csoportosulásának, egymáshoz való kapcsolódásának és szétválásának az eredménye. Démokritosz tanait Épikurosz fejlesztette tovább, akinek természetbölcseletét a római Titus Lucretius Carus foglalta költői formába "A dolgok természetéről" című tankölteményében. A sokféle anyag nagyon különböző tulajdonságait Lucretius az atomok alakjával magyarázta. Így például, a különböző ízek okáról így ír:

"... mindaz a tárgy, ami kellemes érzést
Szül: síma, gömbölyű részekből vagy on összevetődve,
Míg a csípős, keserű dolgok mind szögletesek s még
Sok horgas-kapcsos részekkel függenek össze,
S éppen ezért érzékszervünket bántva hasítják
És bosszantják, hogyha az emberi testbe bejutnak."

Ez a természetfilozófiai atomizmus a természet jelenségeit magával a természettel igyekszik magyarázni és egy olyan tudományos modellt szerkeszt, amelynek segítségével a közvetlen szemlélet által adott és a mindennapi életben megismert jelenségeket értelmezni lehet. Minthogy az atomizmust lényegében materialista, ateista felfogásnak lehetett tekinteni, Démokritosz könyvei már az ókorban is a tiltott írások közé tartoztak, legnagyobb részüket meg is semmisítették.

A keresztény középkorban az atomizmus üldözött tan volt, de mindegyre felbukant és igyekezett a világ jelenségeire racionális magyarázatot szolgáltatni. Az egyház mindent megtett, hogy meggátolja az atomista nézetek terjedését. Egy párizsi koncilium 1210-ben megtiltotta a görög atomista filozófusok írásainak olvasását, 1225-ben elégették Erigena egy művét, mert benne az atom eszméjét védelmezte. 1348-ban a francia Nicolaus de Ultricuris könyvet írt, amelyben a világ jelenségeit az atomok folytonos mozgása, egyesülése és szétválása alapján magyarázta. A párizsi egyetem megállapította, hogy a mű nem kevesebb, mint hatvan eretnek tételt tartalmaz. A könyvet elégették és szerzőjét arra kényszerítették, hogy tételeit nyilvánosan vonja vissza.

A reneszánsz korában elszaporodtak az atomista elképzelések. A XVI. században Giordano Bruno könyvet is írt az atomról, de életét 1600-ban az inkvizíció máglyáján végzi. A fő vád ellene Kopernikusz tanainak a hirdetése, de egyéb eretnekségekkel is vádolták, közte nem utolsó sorban atomizmussal.

A haladást nem lehetett megállítani és a XVII. században már megváltozott a helyzet. Pierre Gassendi a világ jelenségeit az atomok mozgásával magyarázza. Robert Boyle a gázok viselkedését értelmezi az atomizmus segítségével, és szerinte a kémiai reakciók lényege is az atomok szétválása és egymáshoz kapcsolódása. Ez az újkori atomizmus lényegében az ókorinak a felújítása és alkalmazása a tervszerűen végzett tudományos kísérletek eredményeinek az értelmezésére.

Az atomelmélet történetében fontos állomás volt a kémiai atomelmélet kidolgozása. A XVIII. század végén és a XIX. század elején megfogalmazták a kémia alaptörvényeit: az anyamegmaradás törvényét, az állandó súlyviszonyok és többszörös súlyviszonyok törvényét, valamint a vegyülő gázok térfogati törvényét. Ezeknek a törvényeknek az értelmezését adta meg John Dalton a kémiai atommodell segítségével. Dalton elképzelése szerint minden kémiai elem meghatározott tömegű atomokból áll, amelyeknek a tömegen kívül van még egy mennyiségi sajátossága, a vegyérték, amely megmutatja, hogy az illető elem atomja hány hidrogénatommal tud vegyülni, vagy hányat tud vegyületeiben helyettesíteni. A gondosan végzett analízis alapján, a legkönnyebb elem, a hidrogén atomtömegét egységnek választva, Dalton meghatározta az általa ismert kémiai elemek atomtömegét.

Az atomtömegekre Dalton közel egész számokat kapott, és ennek alapján Prout egy érdekes hipotézist állított fel. Elképzelése szerint a nehezebb elemek atomjai végső fokon nem oszthatatlanok, hanem hidrogénatomokból tevődnek össze. A pontos atomtömeg-meghatározások nem látszottak igazolni ezt a feltevést, és így a hipotézis hosszú időre feledésbe merült.

Az atomtömegek és a vegyértékek megállapítása tette lehetővé a periódusos rendszer felfedezését. Az elemek osztályozására számos kísérlet történt, végül is Mengyelejevnek sikerült megállapítania, hogy ha az elemeket az atomtömeg növekvő sorrendjében írjuk fel, bizonyos kémiai tulajdonságok periódikusan ismétlődnek. Az ismétlődéskor új sort kezdve, olyan táblázathoz jutunk, amelyben a hasonló tulajdonságú elemek egymás alá kerülnek. A periódusos rendszer felfedezése egyrészt lehetővé tette az egész akkori kémiai ismeretanyag rendszerezését, másrészt kiderült, hogy a kémiai elemek összessége egy egységes rendszert képez, amelyen belül meghatározott törvényszerűségek uralkodnak. Ugyanakkor ez azt sugalmazza, hogy az eredetileg oszthatatlannak vélt atomok a valóságban bonyolult belső szerkezettel rendelkeznek. Minthogy a tulajdonságok periódikusan ismétlődnek, kézenfekvő az a feltevés, hogy az atomok réteges felépítésűek.

A múlt század közepe táján a kémikusok jelentős része az atomelmélet híve volt, de számos kiváló kémikus határozottan elvetette. Az atomista elképzelések szerint az elemek atomjai egymáshoz vegyértéküknek megfelelően kapcsolódva molekulákat képeznek. A molekulában levő atomok száma, minősége és kapcsolódásuk sorrendje határozza meg a megfelelő vegyület tulajdonságait. Az atomizmus ellenfelei mindezt a képzelet szüleményének tekintették és tagadták az atomok reális létét.

Az atomelmélet egyik lelkes híve volt Jacobus Henricus Van't Hoff, a molekulák térbeli szerkezetével foglalkozó sztereokémia megalapítója. Elképzelése szerint a szénatom négy vegyértéke a térben orientálva van. Ha a szénatomot egy szabályos tetraéder középpontjába képzeljük, négy vegyértéke a tetraéder négy csúcsának az irányába mutat. Az atomizmus ellenfeleit mélyszélesen felháborította ez a hipotézis. Így például, Hermann Kolbe a neves szerves kémikus az atomelméletet fantazmagóriának nevezte, a szénatom tetraéderes modelljét pedig hallucinációnak. Ezzel kapcsolatban Kolbe a következőket írta: "Egy bizonyos Dr. J.H. Van't Hoff, aki az utrechti állatorvosi iskolán működik, úgy látszik nem híve az egzakt kutatásnak. Kényelmesebbnek találta, hogy felüljön egy, nyilván az állatorvosi iskolától kölcsönkért pegazusra és művében meghirdesse, hogy a kémiai parnasszusra való repültében hogyan látta az atomokat a világűrben elhelyezkedni. . . Ezt a munkát bírálni azért sem lehetséges, mert a benne éregetett fantáziajátékok minden reális alapot nélkülöznek, és komoly kutató számára tisztára érthetetlenek."

Az idő nem Kolbét igazolta, hanem Van't Hoffot, aki a múlt század végének egyik legkiválóbb tudósa volt. A fizikai kémia terén elért eredményei alapján 1901-ben neki ítelték oda a legelső kémiai Nobel-díjat.

Az atomelmélet segítségével jól lehetett értelmezni a kémiai jelenségeket, de az atomok létéről semmilyen közvetlen bizonyíték nem volt. Ezért egyesek kétségbe is vonták a létüket. Goldstein szavai szerint: "Jelenleg az atomizmust munkahipotézisnek kell tekintenünk, . . . amelynek a segítségével emlékeztünkben és képzeletünkben a maximális számú tudományos tényt tudjuk megőrizni, a minimális gondolkodási energiát fogyasztva el." De a bizonyítékok nem késtek sokáig. Igen jelentős volt ebből a szempontból a Brown-féle mozgásnak a felfedezése. Vízbe szórt virágporszemcsék mikroszkóp alatti megfigyelése közben Brown azt észlelte, hogy azok szakadatlanul egy szabálytalan zezugos vonal mentén mozognak. A jelenség magyarázata az, hogy az állandó mozgásban levő vízmolekulák mindegyre hozzáütődnek a virágporszemcsékhez, meglökve azokat. 1909-ben Jean Perrin számításokat végzett ezen modell alapján, és a virágporszemcsék pályájából kiindulva eljutott az Avogadro állandóhoz, ami nem egyéb, mint az egy mól anyagban, pl. 18 g vízben levő molekulák száma. Megpróbálta ugyanezt az állandót más fizikai jelenségek alapján is kiszámítani, és végül 1912-ben egy könyvet jelentetett meg "Az atomok" címmel. Ebben a munkájában leírja az Avogadro állandó meghatározását tizenhat különböző módszer segítségével, egymástól teljesen különböző fizikai jelenségek vizsgálata alapján, mint például a gázok viszkozitása, a Brown-féle mozgás, a kritikus opaleszcencia, az ég kék színe, a fekete testek sugárzása stb. Az így kapott értékek megegyezően jól egyeztek egymással, és ebből levonta a következtetést: "A molekulák realitása a teljes bizonyossághoz igen közelálló valószínűséggel rendelkezik. Az atomelmélet diadalmaskodik."

Még Wilhelm Oswald, az atomelmélet kérlelhetetlen ellenfele is így ír: "Most meggyőzöttem arról, hogy az utóbbi időben sikerült megszerezni az anyag nem folytonos vagy szemcsés jellegének azt a kísérleti bizonyítékát, amelyet az atomhipotézis évszázadokon és évezredekken át hiába kutatott. . . Így az atomhipotézis a tudományosan megalapozott elmélet színvonalára emelkedett."

Zsakó János

Tudod-e?

Áramkörök rezonanciája

Jól ismert tény a rezonancia jelensége váltakozó áramú áramkörökben. A középiskolás tankönyvből tudjuk, hogy a rezonancia feltételét a Thomson képlettel szokás megadni, amit úgy értelmezhetünk, hogy a rezonancia a váltakozóáramú áramkörben akkor lép fel, ha az áramkör ω_0 saját körfrekvenciája megegyezik az áramforrás ω_S körfrekvenciájával.

Az $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$ összefüggés (Thomson képlet) alapján kiszámítható az áramkör sajátkörfrekvenciája, az áramkör C kapacitása és L induktivitása ismeretében.

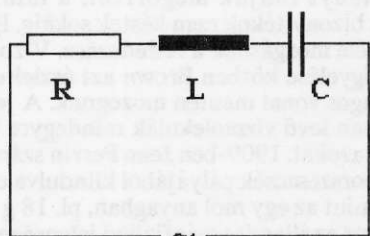
Ha a rezonancia jelenségét általánosabb áramkörre vizsgáljuk, akkor arra a meglepő eredményre jutunk, hogy a Thomson képlet nem minden esetben írja le a jelenséget.

Vizsgáljunk olyan áramköröket, amelyek egy R ohmikus ellenállást egy C kapacitású kondenzátort és egy L induktivitású tekercset tartalmaznak. Ezeket az áramköri elemeket különböző módon kapcsolhatjuk össze egy zárt áramkör keretében. Összesen nyolc különböző kapcsolási mód lehetséges, a mellékelt ábra feltünteti ezeket a lehetőségeket. Az ábrákra a következő összefüggések érvényesek:

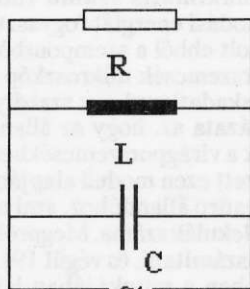
$$1-4 \text{ ábrákra: } \omega_S = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \omega_0 ; [0, \infty]$$

$$5. \text{ ábrára: } \omega_S = \sqrt{\omega_0^2 - \frac{R^2}{L^2}} ; [0, \omega_0] \quad 6. \text{ ábrára: } \omega_S = \sqrt{\omega_0^2 - \frac{1}{C^2 R^2}} ; [0, \omega_0]$$

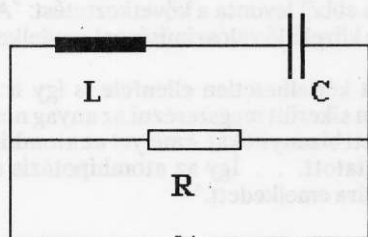
7. ábrára: $\omega_S = \frac{\omega_0}{\sqrt{1 - \frac{L}{CR^2}}}$; $[\omega_0, \infty]$ 8. ábrára: $\omega_S = \frac{\omega_0}{\sqrt{1 - \frac{CR^2}{L}}}$; $[\omega_0, \infty]$



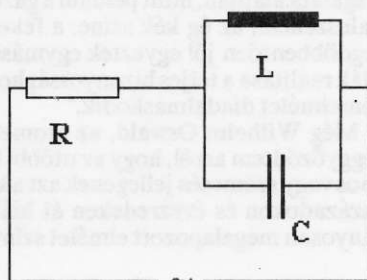
1.



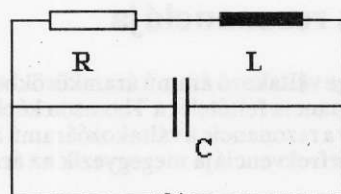
2.



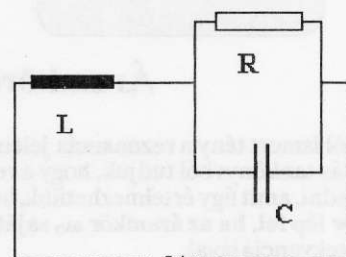
3.



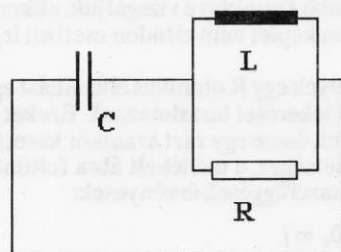
4.



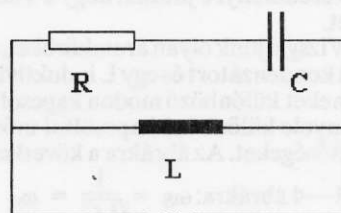
5.



6.



7.



8.

Határozzuk meg az egyes áramkörökre jellemző ω_s rezonáns-frekvencia (saját-frekvencia) értékét. Hogyan lehet az áramkörök sajátfrekvenciáját kiszámítani?

Tudjuk, hogy rezonancia esetén az egész áramkör tiszta ohmikus ellenállásként viselkedik, tehát az áramkörnek nincs reaktív ellenállása. Fejezzük ki az egyes áramkörök impedanciáját vagy admittanciáját, — legcélszerűbb, ha ezt komplex számok formájában tesszük. Ha a reaktív tagot (a komplex szám imaginárius része) zéróval tesszük egyenlővé és az így nyert egyenletből kifejezzük a körfrekvenciát, ez a kifejezés éppen az áramkör sajátkörfrekvenciáját adja meg. A számításokat elvégezve, kapjuk az ábrán, az egyes áramkörök mellett feltüntetett összefüggéseket, amelyek az áramkör sajátkörfrekvenciáját adják meg.

Az első négy esetben (1—4 ábra) az áramkör ω_s sajátkörfrekvenciája a Thomson képletnek megfelelően adódik, míg a következő négy esetben (5—8 ábra) a Thomson képlettől eltérő összefüggést kapunk.

Megfigyelhető, az 1—4 áramkörökben, ahol a Thomson képlet fejezi ki a rezonáns-frekvenciát, a két reaktív elem (C és L) közvetlenül sorba vagy párhuzamosan vannak összekapcsolva, ezek az áramkörök mindig rezonanciába hozhatók — az ilyen típusú áramkörök sajátfrekvenciája tartománya $[0, \infty]$.

Az 5—8 áramkörök esetén valamelyik reaktív elem közvetlenül sorba vagy párhuzamosan kapcsolódik az aktív taghoz (R), ebben az esetben az ω_s sajátfrekvencia imaginárius értékű is lehet. Az (5) és (8) áramkörök esetében ω_s imaginárius lesz, ha $C R^2 / L > 1$, ezeknél az áramköröknél a rezonancia frekvenciatartománya $[\omega_0, \infty]$, míg a (6) és (7) áramköröknél ez akkor áll fenn, ha $L / C R^2 > 1$, esetben az esetben a rezonancia frekvenciatartománya $[0, \omega_0]$. Az imaginárius sajátfrekvencia azt jelenti, hogy a rendszer túlcillapított, ekkor nem léphet fel a rezonancia jelensége.

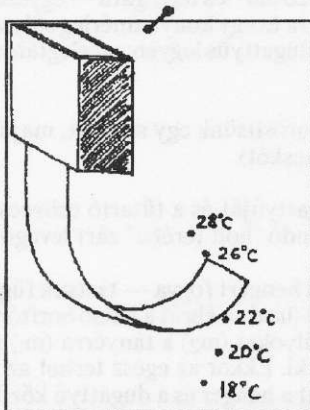
Puskás Ferenc

Kísérlet, labor, műhely

Hőmérők készítése

Fémhőmérő

Az ikerfémrel (bimetállal) működő fémhőmérőkhöz hasonló nagyon érzékeny hőmérőt készíthetünk magunknak házilag. Ehhez egy 2—3 cm széles, 15—20 cm hosszú gyüretlen papírcsíkot vágunk ki rugalmasabb fajtajú kérvénypapírból, aminek



az egyik felére papírragasztóval egy vele azonos nagyságú sztaniolcsíkot ragasztunk. Ez utóbbit csokoládé kisimított csomagolásából, vagy alufóliából vágjuk ki. Az így kapott "ikerfémcsíkot" gyufásdoboz hátoldalához dugjuk be, a gyufásdobozt pedig egy gémkapoccsal fűzetlap nagyságú kartonlaphoz fogjuk hozzá, amit szegre függesztünk fel. Ezután egy szobahőmérőt használva elkészítjük a mi hőmérőnk skélabeosztását néhány hőmérsékletértékre. Ügyeljünk arra, hogy kellő ideig várjunk a hőegyensúly beállítására a szobahőmérő leolvasásánál, és arra, hogy a hőmérőnk ne érje légáramlat!

Folyadékös hőmérő

Kéltiteres kólásüveg dugójának a közepén lángban felforrósított szeggel lyukat fúrunk, amibe egy műanyag szívószál végét szorosan illesztjük bele. Belülről a forró szeggel a szívószálvéget a dugóhoz ragasztjuk, hogy a víz, ami színültig tölti meg a kólásüveget, a dugó erős rászorítása után ki ne szívároгjon. Az üveget kezdetben hideg csapvízzel töltjük fel. Megfigyeljük, amint a víz felmelegedésével a szívószálban felfele emelkedik, egy idő után pedig ki is folyik. Ezután, a szoba hőmérsékletének a változása szerint — nagy hőtehetetlenséggel ugyan — követi a vízszint a külső hőmérsékletet. Szobahőmérő segítségével ezt is skálával láthatjuk el.



Folyadékös hőmérő

Gázhőmérő

Az előbbi kísérlethez használt kólásüveget gázhőmérő készítésére is felhasználhatjuk. A kólásüveget néhány percig hűvös helyen tartjuk (hűtőgép), a kólásüveg dugóját a szívószáltól tartva kétujjnyi vizet tartalmazó pohárba merítjük, a szívószál végét az ujjunkkal bedugva kiemeljük a vízből, hogy a szívószálban kevés víz maradjon. Az üveget vízszintesen tartva rácsavarjuk a dugóját. Megfigyeljük, hogy a felmelegedő kólásüveg esetén hogyan mozdul el a szívószálban a folyadékoszlop. A gázhőmérőnk sokkal érzékenyebb a folyadékös hőmérőnél, de nehéz skálát készíteni hozzá. Megpróbálhatod!



Gázhőmérő

Kovács Zoltán

Mérjük meg a légköri nyomást!

Földünk vonzó hatása fogva tart egy gázburkot, a légkört — melynek súlya nyomást gyakorol minden benne levő testre. Ez a légnyomás. Értékét először 1643-ban Toricelli mérte meg. Mérésénél a légnyomást egy higanyoszlop hidrosztatikai nyomásával egyensúlyozta ki. Mivel e kísérlet elvégzése fokozott elővigyázatosságot igényel és a higany beszerzése is körümenyes, helyette egy általatos is könnyen elvégezhető mérési eljárást ajánlunk. Mérésünk alapjául az az észrevétel szolgál, hogy a napjainkban gyártott műanyag fecskendő dugattyúja tökéletesen zár, s így felhasználható légritkítás létrehozására.

Anyagszükséglet:

A mérés elvégzéséhez mindössze egy 10—20 cm³-es térfogatú — egyszer használatos — orvosi fecskendőre, egy mérlegtányérra és egy konyhamérleg súlysorozatára lesz szükségünk (a fecskendő lehetőleg gumi-dugattyús legyen; mérlegtányér helyett egy műanyag zacskót is használhatunk).

A mérési berendezés összeállítása:

A fecskendő dugattyúja szárának végére erősítsünk egy spárgát, majd erre kössünk egy mérlegtányért (vagy egy műanyag zacskót).

A mérés menete:

— Nyomjuk be teljesen a fecskendő dugattyúját és a tűtartó csövecske végére szorítsunk rá egy radírgumit. Ekkor a fecskendő "holt terébe" zárt levegő térfogata kevesebb mint 20 mm³.

— A továbbiakban — csak a külső részt, a hengert fogva — tartuk függőlegesen felemelve a midvégig zárva tartott fecskendőt (lásd az ábrát a hátsó borítón).

— Rakassunk segítő társunkkal mérlegsúlyokat (m_2) a tányérra (m_1) mignem a dugattyút a maximális térfogatig húzhatjuk ki. Ekkor az egész terhet az S felületű dugattyúra felfelé ható p légnyomás, valamint a henger és a dugattyú közötti F_s sűrítési erő tartja egyensúlyban:

$$p \cdot S + F_s = (m_2 + m_1) \cdot g$$

— Ezután szedessünk le — fokozatosan — a mérlegsúlyokból éppen annyit, hogy a légnyomás hatására a dugattyú kezdjen felfele mozogni. Ebben az esetben a dugattyúra ható légköri nyomást a kissé megkönnyített (m_1) teher és — a most lefele irányuló — súrlódási erő egyensúlyozza ki:

$$p \cdot S = (m_1 + m_2) \cdot F_s$$

— Az egyenletrendszer megoldva a légköri nyomás kifejezése:

$$p = \left(\frac{m_1 + m_2}{2} + m_1 \right) \cdot \frac{g}{S}$$

— A dugattyú S felületét egy bizonyos V térfogathoz tartozó l dugattyúlöket megméréseivel számítjuk ki: $S = V/l$.

Észrevétel:

A dugattyú kihúzásával a hengerben található levegő térfogatát (20 mm^3 -ről 20 cm^3 -re) több mint ezerszeresére növeltük, ezáltal a kihúzott állapotban nyomása elhanyagolhatóvá vált.

Két mérés adatai (két különböző fecskendővel):

V (cm^3)	l (cm)	S ₂ (cm^2)	m ₂ (g)	m ₁ (g)	m _t (g)	p		
						(Pa)	(torr)	
10	5,05	1,98	2050	1350	240	96020	720	
20	5,13	3,90	4310	2700	240	94105	706	
a középérték:							95062	713

Következtetés:

Összehasonlítás végett leolvastuk egy hitelesített higanyos barométer mutatta légnyomás értékét is: $p_{\text{bar}} = 730 \text{ torr} = 730 \cdot 133,3 \text{ Pa} = 97309 \text{ Pa}$

Mérésünk abszolút, valamint relatív hibáját kiszámítva:

$$\Delta p = p_{\text{bar}} - p = (730 - 713) \text{ torr} = 17 \text{ torr}; \quad \delta_p = \frac{|\Delta p|}{p_{\text{bar}}} = \frac{17}{730} = 0,023 = 2,3 \%$$

Mint láthatjuk, mérési eljárásunkkal sikerült a légköri nyomás elfogadható értékét megkapnunk!

Bíró Tibor

Megjegyzések két, véletlen számokat előállító módszerhez

Az ú.n. MID_SQUARE METHOD-ot John von Neumann gondolta ki véletlen (random) számsorozatok előállítására az alábbi algoritmus szerint:

(1) Legyen $r = \overline{abcd}$ tetszőleges négyjegyű szám

(2) Emeljük négyzetre: $r^2_1 = \overline{klmnpqrs}$

(3) Emeljük ki ez utóbbi számból a közbűlső 4 számjegyet, ezekkel alkossuk meg a sorozat következő tagját: $r_2 = \overline{mnpq}$

(4) Most a sorozat második tagját emeljük négyzetre és "belezzük ki" a négyzetét a leírt módon, és így tovább.

A módszer nem vált be a gyakorlatban: észrevették ugyanis, hogy a sorozatban csakhamar "eluralkodnak" a kicsi számok, vagyis, hogy az eljárás gyakrabban produkál 5000-nél kisebb mint annál nagyobb számokat (a számok empirikus eloszlása nem egyenletes).

Megjegyzéseim: A. Elméleti úton - mindaddig - sem cáfolni, sem igazolni nem tudom a fenti sejtést;

B. Annyi bizonyos, hogy a sorozatnak nem lehet több mint 10000 egymástól különböző tagja (hiszen csak ennyi különböző négyjegyű szám írható fel 0000-tól 9999-ig, nem több)

C. Mihelyt a sorozat valamelyik tagja egy későbbi sorszám alatt megismétlődik, attól kezdve ismétlődni fog a kettejük közti egész "szekvencia": úgy mondanám, hogy a sorozat kvázi-periodikus olyan értelemben, hogy $(\exists) n_0, T \in \mathbb{N}^*, n_0, T < 1000, (\forall) n \in \mathbb{N}^*, n \geq n_0, r_n = r_{n+T}$.

D. Bizonyos startszámok (r_1) esetén a sorozat adott ponton "lefullad", pl. $r_1 \leq 0009$ -re már a második tagtól kezdődően $r_2 = r_3 = \dots = 0000$. Ez nyilván $T = 1$ periódusnak felel meg. Nem tudom, hogy a 0000 startszámon kívül vannak-e más olyan startszámok is, amelyekre a sorozat "önmagába fül"?

E. Ha készíteni akarnék egy programot a Neumann-számok generálására, adott startszámról, leállíthatnám a megjelenítést mielőtt a ciklus bezárul (mihelyt tehát, "beüt" az első ismétlődés)

F. A sorozat akármelyik tagjától indítható, vagyis ha egy bizonyos startszám már fellelhető valamely előző startszám sorozatában, akkor a neki megfelelő sorozat egyszerűen átvehető az előbbiből. Ez igen jelentős időmegtakarítást jelentene.

Fentieket –és természetesen a saját észrevételeket is– felhasználva, készítsünk és futtassunk le egy programot amely mindegyik abcd startszámra ki jelezné a hozzárendelt kvázi-random sorozat tagjait az első ciklus "hosszát" (a T periódust), kiírná a kicsi meg a nagy számok számarányát egy cikluson belül, azután összeszedné az egész irdatlan számtáblázatból és külön tabellálná a rendre $T = 1, 2, 3, \dots$ hosszúságú ciklusokat, végül külön kiírná azokat a startszámokat, amelyekre a sorozat "lefullad" zéróra (megjelölve a lefulladási szintet/rangot is).

Feltételezésem szerint valamely transzcendens függvény értékeinek tizedesjegyei, úgy a másodiktól-harmadiktól kezdődően, már teljesen véletlenszerűen következnek egymásra. El tudnám tehát képzelni random számok generálását a következőképpen:

- (1) Választok egy transzcendens függvényt (f);
- (2) Az argumentumot FOR...NEXT ciklussal megfuttatom egy intervallumon, tetszőleges, kicsike növekménnyel (STEP-pel);
- (3) A függvény megfelelő értékeiből leszakítom az első két tizedesjegyet, vagyis képezem a $100 * f(x) - \text{INT}(100 * f(x))$ számokat.

Készítsünk programot egy-két ezer random szám előállítására ezzel az eljárással és teszteljük le, hogy egyenletes eloszlásúak-e.

Krámlai József, tanár Marosvásárhely.

Megjegyzés:

Az $f: [0, 1] \rightarrow \mathbb{R}, f(x) = e^x$ függvény segítségével 1 000 számot generáltam, ezeket az első tizedesjegyük szerint osztályoztam és számláltam meg. A felállásuk

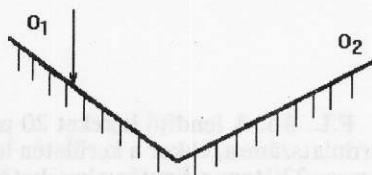
[0, 0, 1) -on	94 szám
[0, 1, 0, 2) -on	103 szám
[0, 2, 0, 3) -on	100 szám
[0, 3, 0, 4) -on	97 szám
[0, 4, 0, 5) -on	105 szám
[0, 5, 0, 6) -on	95 szám
[0, 6, 0, 7) -on	101 szám
[0, 7, 0, 8) -on	107 szám
[0, 8, 0, 9) -on	95 szám
[0, 9, 1, 0) -on	103 szám volt, ami nem is olyan rossz.

F.G. 38. Egy autó a Kolozsvár–Dés közötti 60 km távolságot menet 30 m/s sebességgel teszi meg, jövet 20 m/s sebességgel. Mekkora volt a teljes útszakaszra számított közepes sebessége?

F.G. 39. Egy ellenállás huzalból három darabot vágunk le, amelyek hosszai l , $2l$, $3l$, és párhuzamosan kapcsoljuk a feszültségforrásra. Melyik melegedik nagyobb mértékben? Az ellenállásokon átfolyó áramerősségek hogyan aránylanak egymáshoz?

F.G. 40. Két egymásra merőleges tükreletes tükröző felület képezi egy edény két oldalát. Rajzoljuk meg az O_2 tükör felületéről visszavert fénysugarat, ha:

- az edény üres,
- az edény 1,33 törésmutatójú vizet tartalmaz.



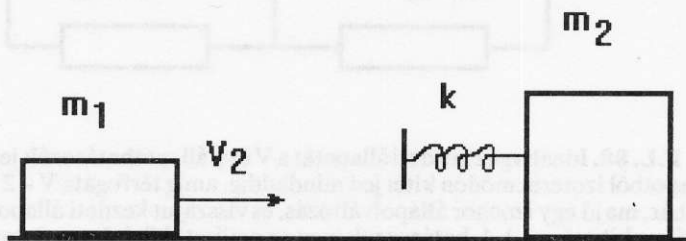
F.G. 41. Az $a = 10\text{ cm}$ oldalú négyzet csúcaiban $q = +1,1 \cdot 10^{-6}\text{ C}$ elektromos töltések találhatóak, határozzuk meg a négyzet középpontjában a térerősséget.

F.G. 42. Az 50 lóerő teljesítményű autó üzemanyag tartalya 45 l térfogatú. Az autó motorjának hatásfoka 23%, a benzin sűrűsége 680 kg/m^3 és fűtőértéke $q = 46,1\text{ MJ/kg}$. Mekkora utat tehet meg, üzemanyag felvétele nélkül?

F.L. 83. Tehetetlenségi rendszerhez viszonyítva állandó $v = 4/5\text{ c}$ sebességgel egyenes vonal mentén mozgó rakétából haladási irányára merőlegesen fénysugarat bocsátunk ki. A tehetetlenségi vonatkoztatási rendszer megfigyelője milyen irányúnak látja a fénysugarat.

F.L. 84. Az $m = 1\text{ kg}$ tömegű és $v = 10\text{ m/s}$ sebességű test ütközik a nyugalomban levő $m_2 = 2\text{ kg}$ tömegű nyugalomban levő testhez rögzített $k = 300\text{ N/m}$ rugalmassági állandójú rugóval. Eltekintve a súrlódástól, határozzuk meg:

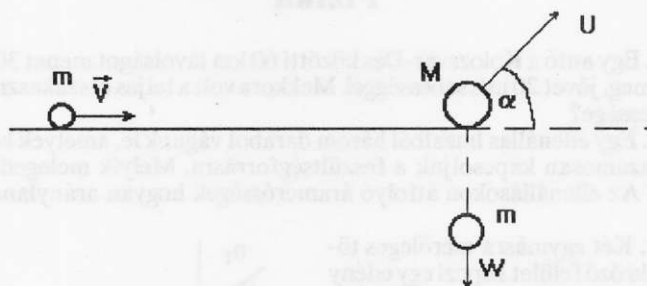
- a rugó maximális összenyomódását
- a testek ütközés utáni sebességét.



(az F.L. 83–84 feladatok szerzője Varga László; Békéscsaba)

F.L. 85. Az $m = 1 \text{ kg}$ tömegű $v = 10 \text{ m/s}$ sebességgel haladó test rugalmasan ütközik a nyugalomban levő $M = 2 \text{ kg}$ tömegű testtel. Az ütközés után az m -tömegű test kezdeti mozgásirányára merőlegesen halad. Határozzuk meg:

- a testek ütközés utáni sebességét
- az ábrán feltüntetett α szög értékét.

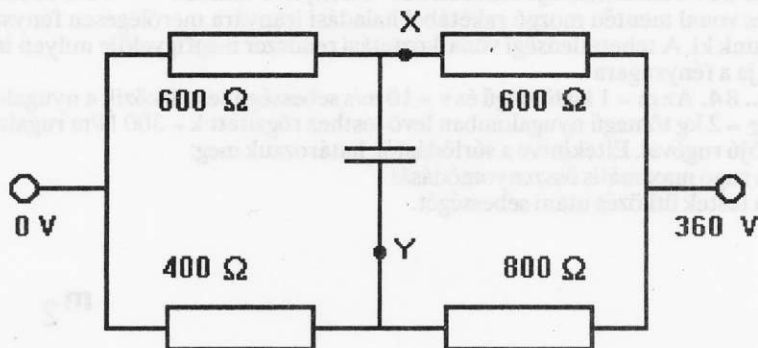


F.L. 86. A lendítő kereket 20 perc alatt pörgeti fel a motor 1650 percenkénti fordulatszámra, ekkor a kerületén levő pontoknak a sebessége 859 km/óra , a kerék tömege 230 tonna . Ezután a kereket áramfejlesztőre kapcsolják, amely 10 másodperc alatt 400 kWh elektromos energiát termel, közben fordulatszáma 1270 -re csökken. Mennyi idő szükséges ahhoz, hogy az eredeti fordulatszámra pörgessék?

(xxx)

F.L. 87. Mennyi töltés halad át az ábra szerinti kapcsolás Y pontján, ha a vezeték az X pontban megszakítjuk?

(KÖMAL)



F.L. 88. Ideális gáz kezdeti állapotát a V és p állapotjelzők jellemzik. Ebből az állapotból izoterm módon kiterjed mindaddig, amíg térfogata $V = 2V$. Ezt követi egy izobár, majd egy izochor állapotváltozás, és vissza jut kezdeti állapotába. Ha az adiabatikus kitevő $\gamma = 1,4$, határozzuk meg az említett körfolyamat szerint működő hőerőgép hatásfokát.

(xxx)

Kémia

K.G. 82. 200 cm^3 térfogatú és 4°C hőmérsékletű vízbe óvatosan, kevergetés közben 56 g égetett meszet adagolunk. Határozzuk meg az oldat töménységét!

K.G. 83. Ezüsből és alumíniumból egy-egy 1 cm élű kockát készítettek. Melyik kockában található több fématom, amennyiben az ezüst sűrűsége $10,4\text{ g/cm}^3$ és az alumíniumé $2,7\text{ g/cm}^3$ és a fématomokról feltételezzük, hogy a teret szoros illeszkedéssel töltik ki?

K.G. 84. Mekkora a sűrűsége a 40% -os NaOH oldatnak, ha dm^3 -enként $14,3\text{ mol}$ NaOH -ot tartalmaz?

K.G. 85. Magyarázd meg, hogy a CO_3^{2-} , HCO_3^- , H_2CO_3 részecskesorban hogyan változnak a sav-bázis tulajdonságok.

K.G. 86. Hány gramm ammónium-karbonát hőbontásakor keletkezik ugyanakkora mennyiségű ammónia, mint $0,5$ molnyi ammónium-klorid hevítésekor?

K.G. 87. Az anilin egy szerves anyag. Vegyelemzéssel szenet, hidrogént és nitrogént találtak benne. 1 g tömegű próbát elemezve $2,84\text{ g}$ széndioxidot és $0,677\text{ g}$ vizet nyertek. Meghatározták a relatív atomtömegét: 93 a.t.e. Határozd meg az adatok alapján az anilin molekulaképletét!

K.L. 122. Egy liszt-minta nitrogéntartalmának meghatározására $0,4\text{ g}$ lisztet kénsavval elroncsolnak. A keletkező ammóniumsóból az ammóniát erős lúggal felszabadítják, s $20,05\text{ cm}^3$ $0,1\text{ N}$ -os sósavoldatban átdestillálják. A savfelesleg meghatározására $5,5\text{ cm}^3$ $0,1\text{ N}$ -os NaOH oldatot fogyasztottak. Mekkora a liszt százalékos nitrogéntartalma?

K.L. 123. Számítsd ki, milyen mennyiségű 2 -metil-propént lehet oxidálni kénsavas közegben 8 ml 2 moláros kálium-permanganát oldattal!

K.L. 124. Az alkének homolog sorából két szomszédos tag elegyének 98 gramm ja normál körülmények között 56 dm^3 térfogatot foglal el. Határozd meg az elegyet alkotó szénhidrogének molekulaképletét és az elegy térfogatszázalékos összetételét!

K.L. 125. Írd fel a szerkezeti képletét annak a szénhidrogénnek, amelynek molekulatömege 114 , a hidrogén-szén tömegaránya $3:16$ és klórozva csak egyféle monoklór származékot eredményezhet!

K.L. 126. Mekkora térfogatú 2 atm nyomású és 127°C hőmérsékletű vízgőz keletkezik $10,0\text{ g}$ olyan propán-bután elegy elégetésekor, amelyben a gázok molaránya $4:3$?

K.L. 127. Egy oxálsavat tartalmazó próba savtartalmát 18 cm^3 $0,1\text{ N}$ -os NaOH oldattal határozzák meg. Egy ugyanolyan mennyiségű próba milyen térfogatú $0,1\text{ N}$ -os KMnO_4 oldatot képes elszinteleníteni kénsavas közegben?

K.L. 128. Egy $0,2\text{ m}^3$ -es zárt edénybe 25% CO_2 -t, 20% N_2 -t és metánt tartalmazó gázelegyet vezetnek. Számítsd ki:

a) az elegy sűrűségét 6 atm nyomáson és 27°C hőmérsékleten

b) az edényben levő nyomást, miután a gázelegyet 2% levegőfelesleggel égettük, miután a hőmérséklet 800°C -ra emelkedett, s a levegő 20% térfogatszázalék O_2 -t tartalmazott

K.L. 129. 100 cm^3 1 M -os AgNO_3 oldatba egy 2 g -os vaslemezt merítettek. Egy bizonyos idő után az oldatból kivéve megállapítható, hogy a lemez tömege $1,6\text{ g}$ -al nőtt. Hogyan változott a sóoldat töménysége?

K.L. 130. Egy A alkinnt Tollens reagenssel kezelve $3,22\text{ g}$ csapadék keletkezik miközben a reakcióelegy semlegesítésére $40,0\text{ cm}^3$ 1 N -os HCl oldat fogy. Határozd meg az alkin szerkezeti képletét!

Informatika

(A Nemes Tihamér Számítástechnikai Verseny 1994. évi, második fordulóján kítűzött feladatok)

IX. — X. osztály

I. 32. Készíts programot egy természetes szám prímtényezős felbontásának előállítására! A program olvassa be billentyűzetről N értékét ($N >= 1$), majd írja ki a prímtényezős felbontását a képernyőre!

Példa:

$N = 7$	$N = 7$	
$N = 16$	$N = 2^4$	vagy $N = 2 * 2 * 2 * 2$
$N = 24$	$N = 2^3 * 3$	vagy $N = 2 * 2 * 2 * 3$
$N = 1$	$N = 1$	

I. 33. Hamupipőke különböző színű lencsákat válogat. Az egyező színűeket azonos tálkába kell tennie. Előre sajnos nem tudja, hogy hány darab tálat kell előkészítenie. Készíts programot, amely segít neki: megadja a lencsefajták számát, valamint leszámolja, hogy melyikből mennyi volt!

A program egy szekvenciális állományból olvassa a lencsesorozatot (a színeket kisbetűvel írjuk, az állományban soronként egy szín szerepel, csak a sorvég karakter választja el őket egymástól, szóköz az állományban sehol sincs), s a képernyőre írja az eredményt!

A megoldáskor figyelembe kell venni azt is, hogy a színek neve nagyon hosszú is lehet (maximum egy sor hosszúságú).

Példa:

File:	sárga
	sárga
	zöld
	sárga
	fehér
	sárga
	zöld
	sárga
kép:	3-féle lencse fordult elő
	sárga: 5 db
	zöld: 2 db
	fehér: 1 db

I. 34. Egy bacillusfajta a következő jellegzetességekkel rendelkezik:

- keletkezése után egy órával szaporodóképessé válik;
- a szaporodóképes bacillus minden óra végén osztódással szaporodik; a keletkező két új bacillus közül az egyik "öreg" — ez már nem öregszik tovább, a másik "fiatal" — ez csak egy óra múlva lesz szaporodóképes "öreg" bacillus;
- a szaporodás elhanyagolható idő alatt megy végbe.

Ha adott pillanatban egy addig csíramentes környezetbe kerül egy újszülött bacillus, akkor hány bacillus lesz a tenyészetben N ($N \geq 1$) óra múlva? A program olvassa be a billentyűzetről N értékét, majd írja ki a bacilusok óránként várható számát a képernyőre!

Példa:

$N = 6$, a bacilusok száma:

Óra:	0	1	2	3	4	5	6
Bacilusok:	1	1	2	3	5	8	13

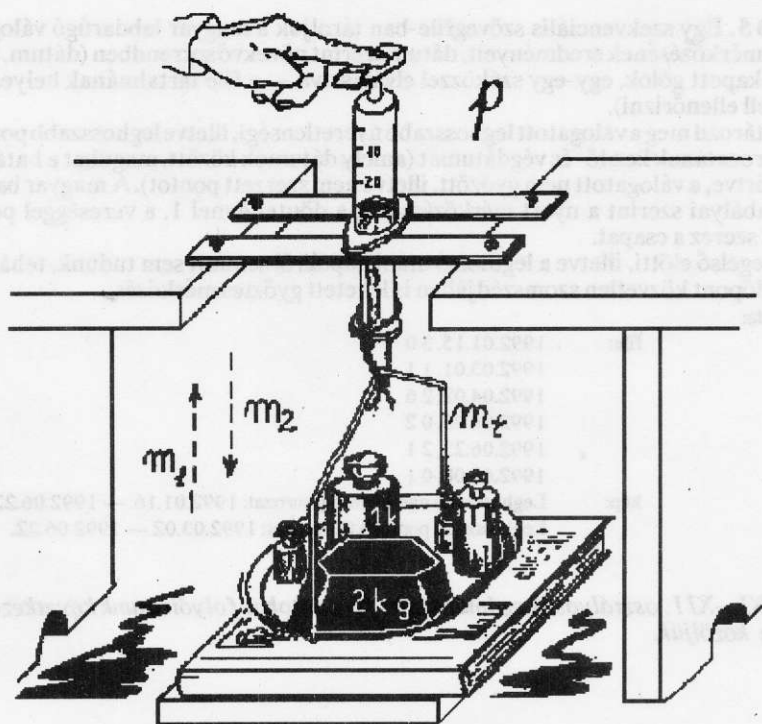
is beleértve, a válogatott nem győzött, illetve nem szerzett pontot). A magyar bajnokság szabályai szerint a nyert mérkőzéssel 2, a döntetlennel 1, a vereséggel pedig 0 pontot szerez a csapat.

A legelső előtti, illetve a legutolsó utáni napokról semmit sem tudunk, tehát akár a két időpont közvetlen szomszédjában is lehetett győztes mérkőzés.

Példa:

file:	1992.01.15. 3 0
	1992.03.01. 1 1
	1992.04.02. 2 6
	1992.04.05. 0 2
	1992.06.23. 2 1
	1992.08.08. 0 1
kép:	Leghosszabb nyeretlenségi sorozat: 1992.01.16. — 1992.06.22.
	Leghosszabb pontnélküli sorozat: 1992.03.02 — 1992.06.22.

A XI.–XII. osztályosok számára kiírt feladatokat folyóiratunk következő számában közöljük.



Mérjük meg a légköri nyomást! című cikk ábrája (132. oldal).

EINT

- Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság
- RO - Cluj - Kolozsvár, B-dul. 21 decembrie 1989 nr. 116
- Levélcím: RO - 3400 Cluj - Kolozsvár, C.P. 140.
- Telefon/ Telefax: 4/064/194042