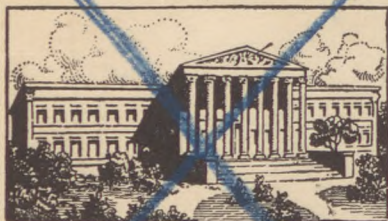


51731





MAGYAR NEMZETI MUZEUM  
ORSZÁGOS SZÉCHÉNYI KÖNYVTÁRA

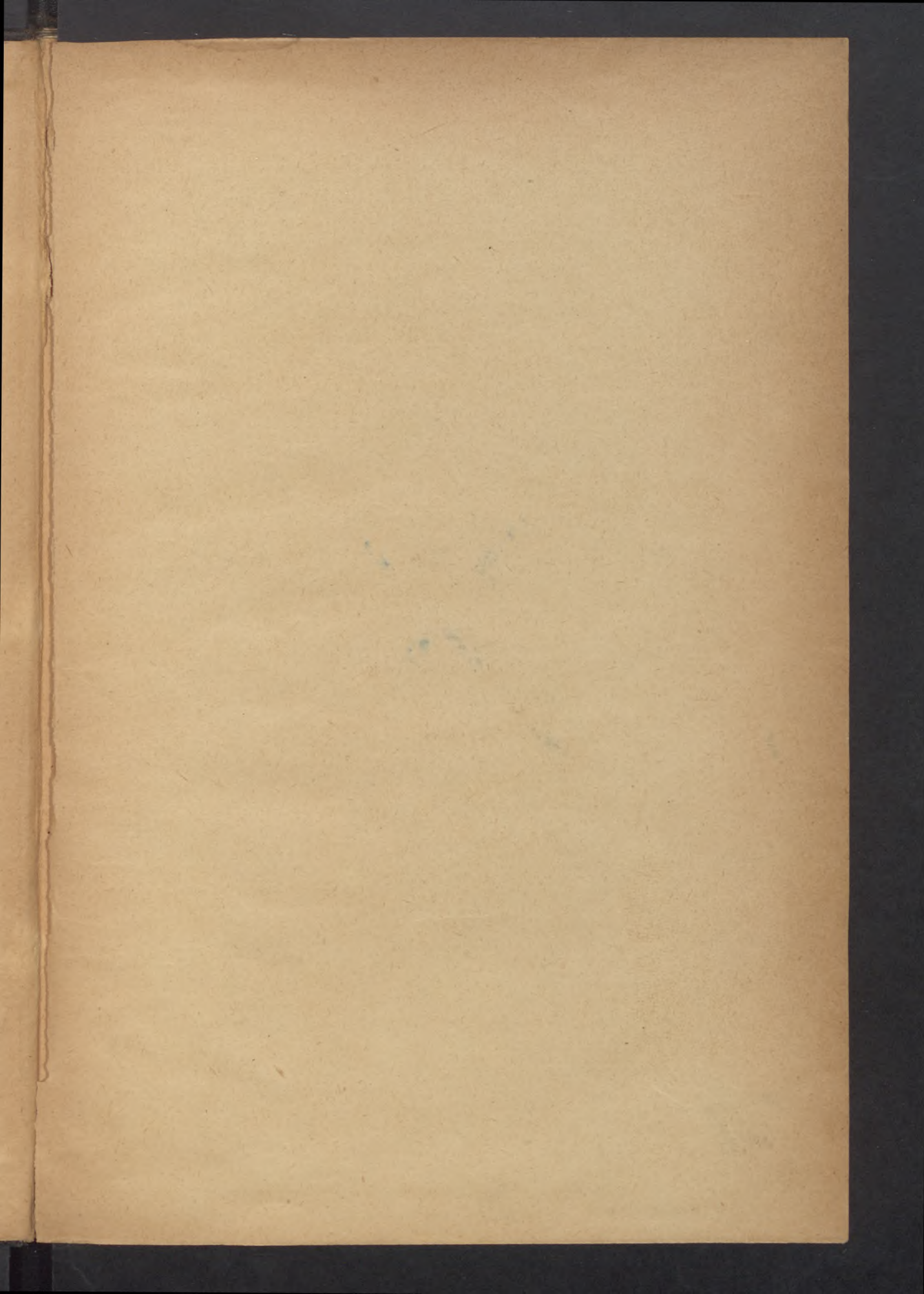


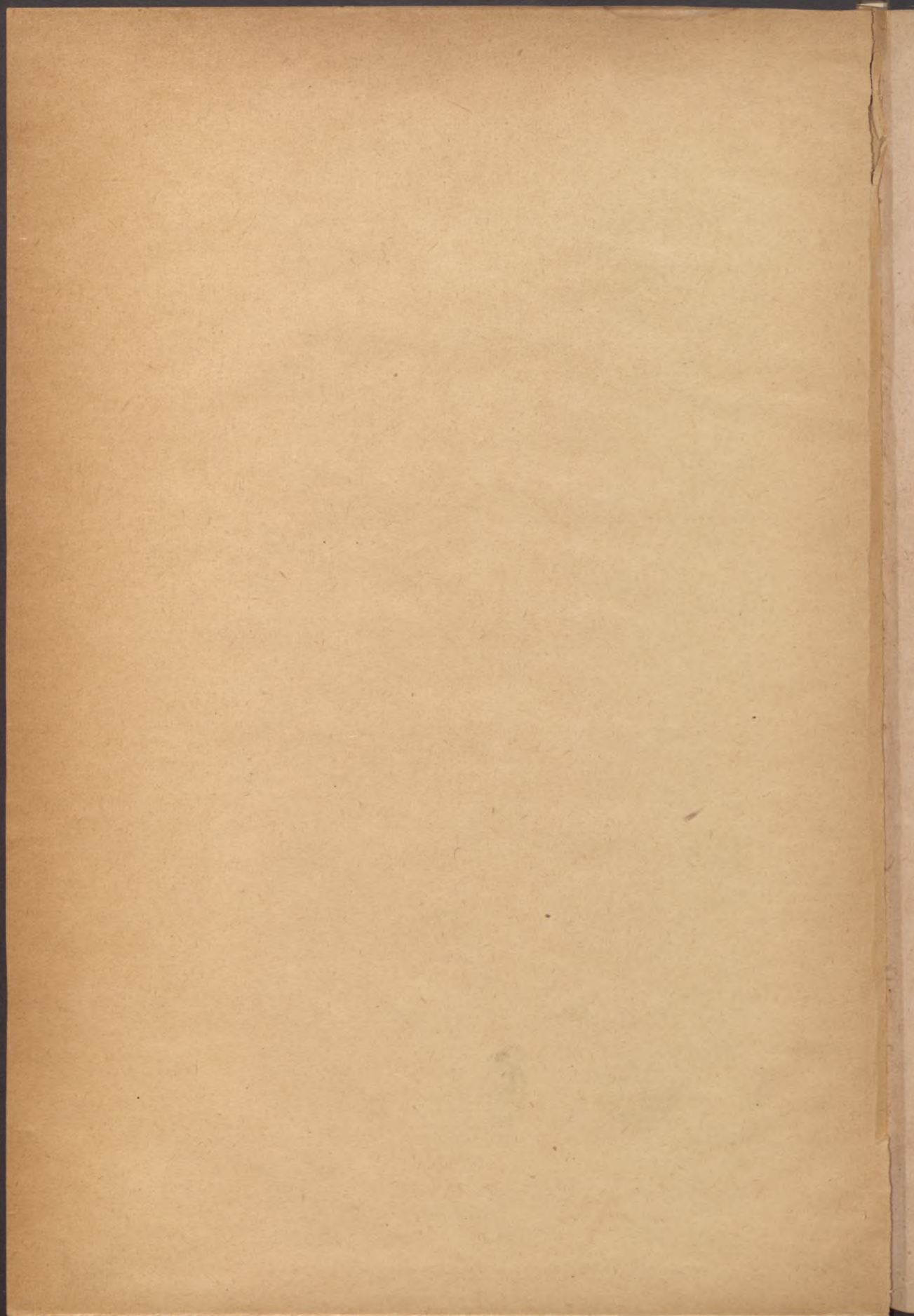
OLVASÓTERMI KÉZIKÖNYVTÁR

014390

KIKÖLCSÖNÖZNI NEM SZABAD









111 40<sub>4</sub>

# GYÓGYSZERÉSZ-GYAKORNOKI TANKÖNYV

GYÓGYSZERÉSZ-GYAKORNOKOK HASZNÁLATÁRA.

IRTÁK

GYŐRY ISTVÁN, SCHILBERSZKY KÁROLY, STRÖCKER ALAJOS.

II. RÉSZ.

FIZIKA.

111 KÉPPEL.

IRTA

DR. GYŐRY ISTVÁN,

A BUDAPESTI GYÓGYSZERÉSZ-GYAKORNOKI ISKOLA VOLT TANÁRA.

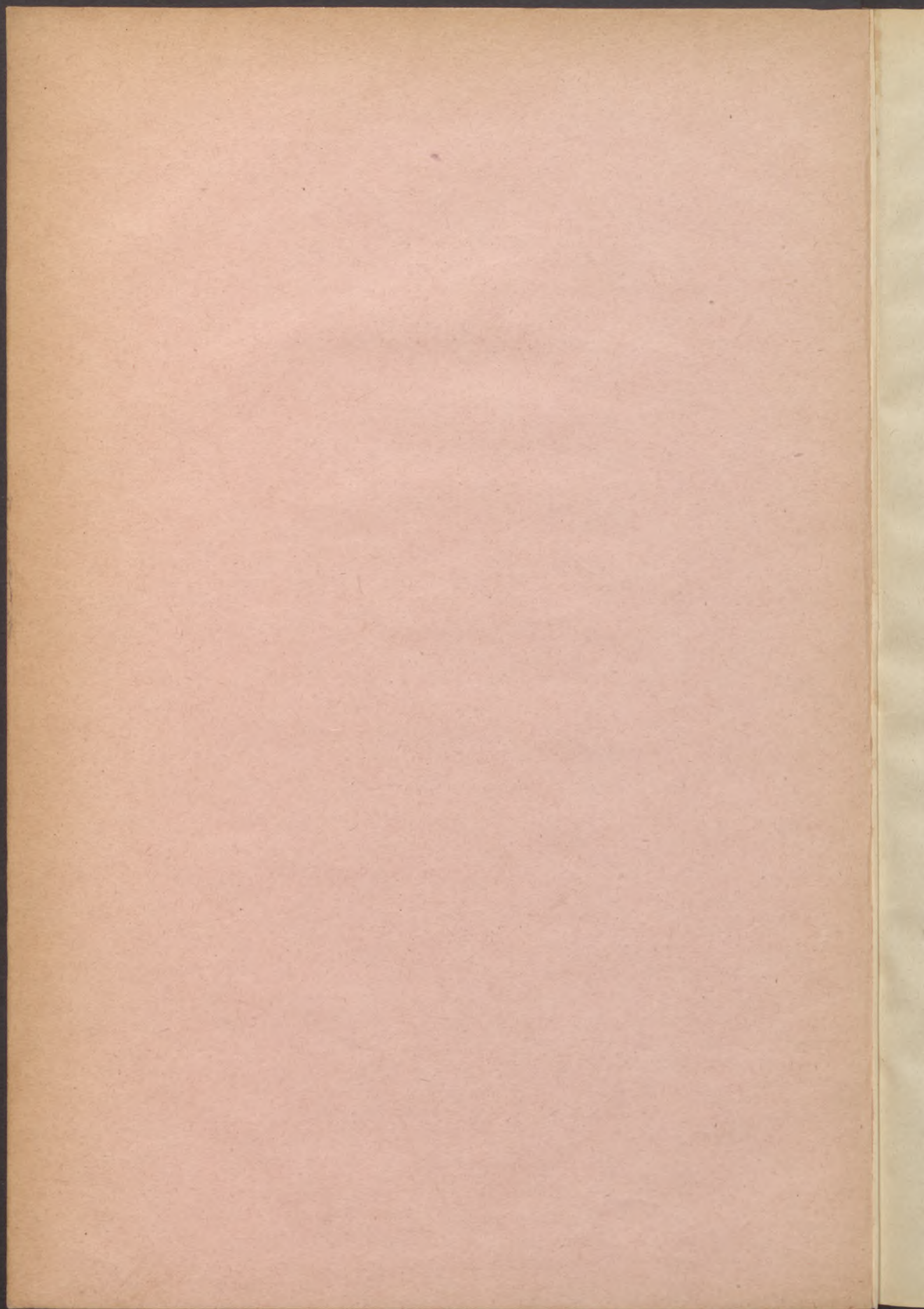
*A teljes mű (I—V. rész) ára 16 korona.*

BUDAPEST.

AZ ATHENAEUM IRODALMI ÉS NYOMDAI E.-T. KÖNYVNYOMDÁJA.

1902.







# GYÓGYSZERÉSZ-GYAKORNOKI TANKÖNYV

GYÓGYSZERÉSZ-GYAKORNOKOK HASZNÁLATÁRA.

IRTÁK

GYÓRY ISTVÁN, SCHILBERSZKY KÁROLY, STRÖCKER ALAJOS.

II. RÉSZ.

FIZIKA.

IRTA

DR. GYÓRY ISTVÁN,

A BUDAPESTI GYÓGYSZERÉSZ-GYAKORNOKI ISKOLA VOLT TANÁRA.



BUDAPEST.

AZ ATHENAEUM IRODALMI ÉS NYOMDAI R.-T. KÖNYVNYOMDÁJA.

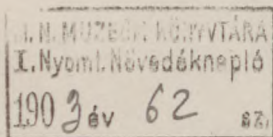
1902.



*has. meel*  
*1873.*



51731





## ELŐSZÓ.

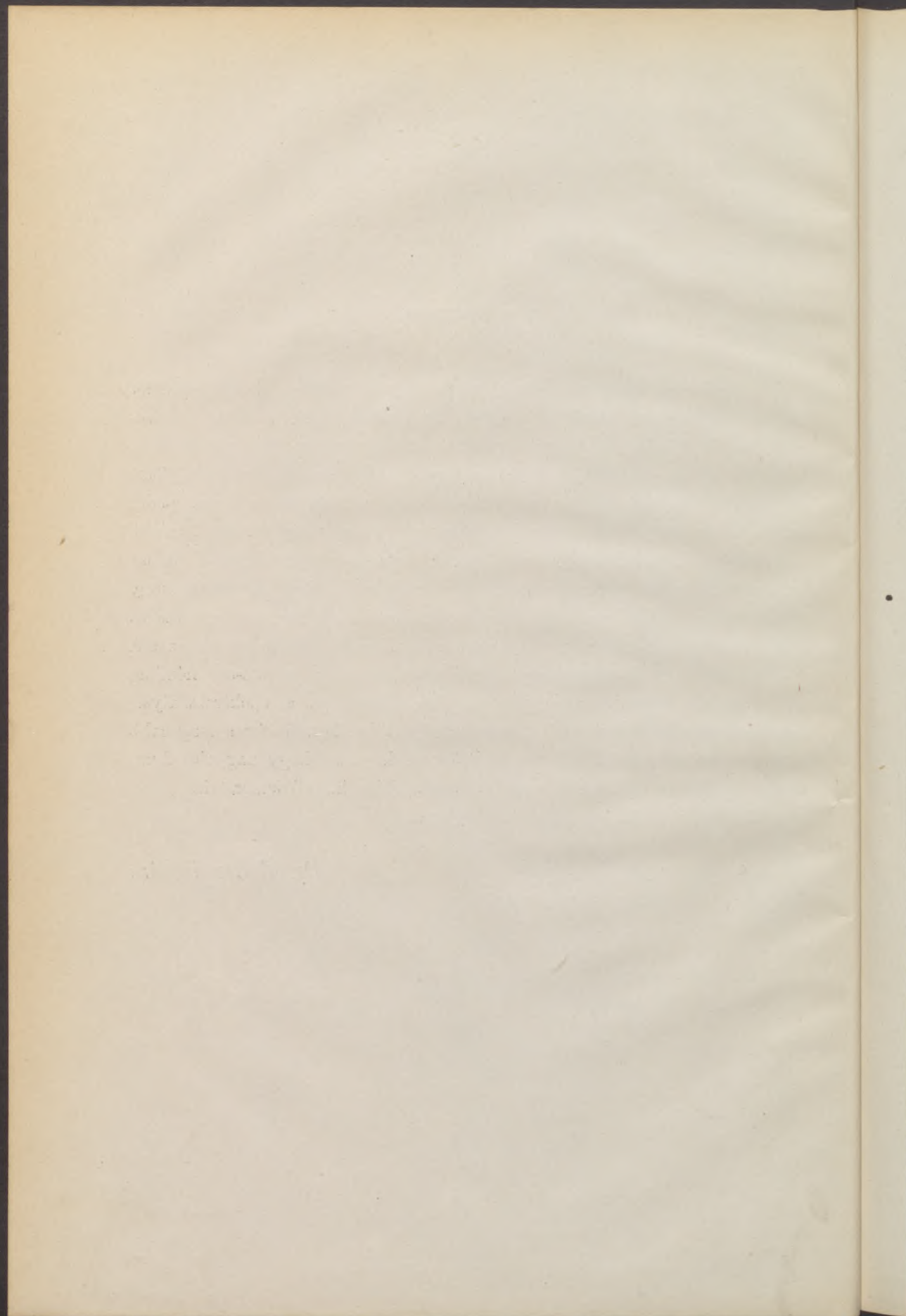
A gyógyszerész-gyakornokok kiképzésére vonatkozó szabályrendelet szerint a gyakornoki vizsgálat tárgyai közt szerepelnek a fizika alapvonalai is. A »Gyógyszerész-gyakornoki tankönyv« sem lett volna tehát teljes, ha abban megfelelő helyet nem juttattunk volna a fizikának. Természetes dolog, hogy e rész megírásánál sem volt kíváncs, sem pedig helyes, egyes tényeket és kisebb részleteket kiszaggatni a fizika köréből, ellenkezőleg szükségesnek látszott annak valamennyi fejezetét — habár szűkre szorítva is, de mégis összefüggő módon — úgy tárgyalni, hogy abból matematikai levezetések és formulák nélkül is meglehetősen tiszta és áttekinthető kép táruljon a szaktanulmányait kezdő ifju gyógyszerész elé.

E szempontok vezéreltek e rész megírásában s ha itt-ott némileg részletesebben foglalkoztam egyes tényekkel, mint pl. a spektralanalýsis elemeivel, tettem azt oly célból, hogy az egyetemre kerülő ifju a magasabb tanulmányokra legalább annyira elő legyen készítve, hogy nagyobb fennakadás nélkül szerezhesse meg egész életpályájára kiható ismereteit.

Budapest, 1902. szeptember hónapjában.

*Dr. Győry István.*







## BEVEZETÉS.

A természetben a testek temérdekféle sajátságaikkal és a rajtok mutakozó jelenségekkel minduntalan felköltik figyelmünket és érdeklődésünket. Önkéntelenül is kutatjuk a jelenségek okát és igyekezünk ezt hasznunkra fordítani.

Ily irányú vizsgálódásokkal a természettudománynak különösen két ága foglalkozik; ezek a *chemia* és a *fizika* (*physica* = természettan).

**Chemia és fizika.** A *chemia* körébe főképpen a testek alkotásának megállapítása s ez alkat (összetétel) változásainak jelenségei tartoznak; ám a *fizika*, tekintet nélkül a testek alkatára, inkább a testek mozgásjelenségeit vizsgálja s azokat a jelenségeket, melyeket fény, hő, elektromosság és mágnesesség elnevezések alatt ismerünk.

**Test, anyag, erő.** A fizikai felfogás értelmében *test* mindaz, a mi anyagból van és tért foglal el. *Anyag* alatt értjük azt, a mi a testeket alkotja és az *erő* hatása alatt áll.

Megfigyeléseink alapján feltételezzük, hogy sem az anyag nem pusztítható el, sem az erő (erély, energia); az anyag pedig az erő hatása nélkül el sem képzelhető. Az erő hatása folytán bizonyos sajátságokat ölt az anyag, mely sajátságok a test tulajdonságaiban nyilvánulnak; ezekről mi érzékszerveink révén tudomást veszünk.

Az anyag minémősége megszabja a testek különféleségét; az anyag mennyisége megszabja a test tömegét; az anyagon működő erő változásai megszabják a test állapotát s illetőleg a test állapotának változásait.

**A testek általános tulajdonságai.** *Térfogat.* Minden test az anyagnak bizonyos határolt része; így hát minden testnek van bizonyos térfogata: minden test tért foglal el.

*Áthatatlanság.* Egy időben ugyanazt a tért több test el nem foglalhatja; más szavakkal: minden test áthatatlan.

*Likacsosság.* Csakhogy a testek nem foglalják el és nem töltik ki teljesen anyagukkal azt a tért, a melyet határolnak, vagyis: a testek likacsosak. E tulajdonságot számos olyan testen közvetlenül megfigyelhetjük, melyek felületén nagyobb, tehát szabad szemmel vagy nagyítóval látható nyílások vannak (szivacs, vászon, fa, téglák stb.). Ezek a folyadékokat keresztül bocsátják magukon. A kaucsuk, a fémek és még számos test a folyadékok átszűrkedésének ugyan útját állják, de gázoktól átjárhatók, tehát szintén likacsosak. (A kaucsukcsövön pl. a világító gáz átszivárog; az izzó platinán a hydrogen-gáz átömlik.) Azonban sok ásványos test, valamint



az üveg, a gázoknak is teljesen útját állják; és hogy ezek mégis likacsosak, bizonyítja az, hogy lehüléskor összébb húzódnak, a mi csak úgy értelmezhető, hogy ilyenkor az anyagi részecskék közt lévő betöltetlen tér kisebbedik. A test melegítésekor viszont a részecskék közti tér nagyobbodik és így a térfogat növekedik. Minthogy pedig a hőmérséklet változásai folytán valamennyi test térfogata változik, biztosra vehetjük, hogy egyik test sem folytonos, tehát egyik sem tölti ki teljesen az általa határolt tért.

*Kiterjedés.* A testek kiterjedését 3 egymásra merőleges irányban szoktuk mérni; ez irányok: *hosszúság, szélesség és magasság.*

*Hosszúságmérés.* A hosszúságmérés egysége a meter, mely a Páris fölött elhaladó délkörnegyednek egy tizmilliomodik része (már t. i. közelítő pontossággal, a mint az a gondosan végrehajtott mérésekből kiadódott). A meter részei a tizedes rendszer szerint (a latin számnevek után elnevezve): *decimeter* (0.1 m.), *centimeter* (0.01 m.) és *millimeter* (0.001 m.); többszörösei (a görög számnevek után): a *dekameter* (10 m.) és *hektometer* (100 m.), de ezek nem használatosak, — továbbá a *kilometer* (1000 m.), mely nagy távolságok mérésére szolgál.

*Területmérés.* A területmérés egysége a *négyszetmeter* ( $m^2$ ); oly négyszög ez, melynek minden oldala 1 meter és minden sarka derékszög (90 fok). Használatosak még a *négyszetdecimeter* ( $dm^2$ ), melynek minden oldala 1 decimeter; a *négyszetcentimeter* ( $cm^2$ ), melynek minden oldala 1 centimeter. A dolog természete szerint 1 négyszetmeterben ( $10 \times 10 =$ ) 100 négyszetdecimeter vagy ( $100 \times 100 =$ ) 10.000 négyszetcentimeter van. Igen nagy területek mérésére használják a *négyszetkilometert* ( $km^2$ ), mely ( $1000 \times 1000 =$ ) 1 millió négyszetmeterrel egyenlő. Földbirtokok mérésére az *ar* és *hektar* szolgál; az *ar* egyenlő 100 négyszetmeterrel, a *hektar* (100 *ar*) pedig 10.000 négyszetmeterrel.

*Térfogatomérés.* Térfogat (terjedelem, köbkiterjedés, köbtartalom) mérésére a *köbmeter* ( $m^3$ ) szolgál; ez oly koczka, melynek minden éle 1 meter. Folyadékok mérésére a *köbdecimeter* ( $dm^3$ ) vagyis a *liter* használatos; ebben 1000 köbcentimeter ( $1000 cm^3$ ) van. 100 litert *hektoliternek* szoktunk mondani.

*Halmazállapot.* A testek összetartási módjának megjelölésére 3-féle halmazállapotról beszélünk, u. m. szilárd, folyékony (cseppfolyós) és gáz (légnemű).

*Szilárd* test az, melynek önálló alakja van (fa, kő, vas stb.) *Folyékony* az, melynek önálló alakja nincs, de határozott térfogata van (víz, borszesz, petroleum stb.). *Gáz* vagy *légnemű* az, a mely terjedékeny, tehát a térben eloszolni törekszik (levegő, világító gáz stb.).

A testek halmazállapota nem állandó tulajdonság, mert a legtöbb test megváltozott körülmények közt két- sőt mind a háromféle halmazállapotot felöltheti (pl. jég, víz, vízgőz); van azonban olyan test is, melyet egyféle halmazállapotban ismerünk, — ilyen a szén, melyet idáig sem megolvasztani, sem gőzzé átváltoztatni nem sikerült.



## I. RÉSZ.

### Mechanika. (Erőműtan.)

#### Szilárd testek és mozgási jelenségeik.

A mint a chemiában erről részletesen szó van, a test legkisebb változatlan sajátságú részecskéit molekuláknak nevezzük.

**Molekulákon ható erők.** A molekulákon általában két ellentétes irányú erő hatását tételezzük fel. Az egyik *vonzó erő* (összetartás = *cohaesio*), mely a részecskéket összetartja, — a másik *taszító erő*, mely az összetartás ellenében a részecskéket távolítani igyekszik (utóbbi erőt a testekben működő hővel azonosnak vehetjük).

**Hőhatások.** A hő hatása a testek állapotára különösen szembevetendő, hiszen az nemcsak térfogatváltozásokat okoz, de előidézhetheti a halmazállapotok változásait is. Általában felvesszük, hogy a molekulákon működő taszító erő azonos a hővel, mely egyebek közt az által is valószínű, hogy a melegített test kiterjed, a lehűtött összehúzódik. A szilárd testekben azonban a molekulák távolítására törekvő hő hatása kisebb, mint a molekulákat közelíteni igyekvő összetartás (vonzó erő), mely utóbbi nem engedi, hogy a molekulák a test belsejében egymáshoz képest elfoglalt helyzetüket változtathassák, holott ez a folyadékokban és gázokban könnyen történhetik, a miből következik, hogy ezekben a hő (taszító erő) hatása tetemesebb.

**Szilárdság.** Valahányszor külső erővel a molekulák szétválasztására törekszünk, e törekvésnek az összetartás ellene szegül. Az ellenállás fokaihoz képest a testet kisebb vagy nagyobb szilárdságúnak mondjuk. A szilárdság megállapításánál a testet *összenyomás*, *hajlítás*, *csavarás* és *húzás* (szakítás) tekintetében szoktuk vizsgálni s ilyenmű szilárdságokról beszélünk. A szakítási szilárdságnak például mértékét adja az a legkisebb súly, mely 1 mm<sup>2</sup> keresztmetszetű húzott elszakítani képes (ez az ú. n. szakítási *szilárdsági tényező*, mely az ólomnál alig 2 kgr; holott az öntött aczélnál 80 kgr. körül van).

**Rugalmasság.** Igen fontos tulajdonsága a testeknek a rugalmasság, mely abban nyilvánul, hogy a külső erő kifejtéssel alak- vagy térfogatváltozásra kényszerített test az erők megszűntével eredeti alakját és térfogatát visszakapja (meghajlított aczélrugó, kihúzott kaucsukszalag stb.). E jelenség oka



nyilván az összetartásban (cohaesio) rejlik, mely a részecskék kölcsönös távolodásának ellene szegül. Némely testnél igen nagy a *rugalmasság határa* (kaucsuk), a meddig t. i. el lehet menni, a nélkül, hogy maradandó változás következne be.

Más testek rugalmassági határa sokkal kisebb; ezeknél tehát közelebb a határ, melyen túlmenve, a test többé eredeti alakjába és térfogatába nem tér vissza (pl. az ólom).

**Merevség, nyújthatóság, keménység.** Ha a rugalmasság határát túllépve, a test részecskéi közt az összefüggés megszűnik, vagyis a test eltörik vagy elszakad: úgy a test *merev* (kő, gyorsan hűtött üveg stb.); ha ellenben a test új alakot ölt fel: úgy az *nyújtható* (arany, ezüst, réz, vas). A csekély erő kifejtéssel alakítható test: *lágú* (pl. zsírkő), az ellentétes tulajdonságú test pedig: *kemény* (p. gyémánt, mely az összes ásványok közt a legkeményebb s így azokat megkarcolja, de rugalmatlan vagyis merev és így törékeny). A rugalmatlan, de lágú és nyújtható testet *gyúrhatónak* (plasztikus) mondjuk; ilyen pl. a nedves agyag, melyet a szobrászok mintázásra használnak, a fazekasok pedig edényeket formálnak belőle. Mindezek a tulajdonságok igen nagy mértékben változnak nemcsak a testek anyaga szerint, hanem a feldolgozás módja és a hőmérséklet szerint is (pl. a kiégetett agyag többé nem plasztikus).

**Mozgások. Tehetetlenség. Sebesség. Gyorsulás.** A test mozog, ha helyzetét változtatja. A mozgás történhetik egyenes vagy görbe pályán, egyenes vagy változó sebességgel. *Sebesség* az 1 másodperc alatt megtett út. Változó sebességű mozgásnál a *középssebességet* ( $c$ ) vesszük tekintetbe; ezt megkapjuk, ha az összes utat ( $s$ ) elosztjuk a mozgási időtartammal ( $t$ ) vagyis a másodpercek számával ( $c = \frac{s}{t}$ ). Viszont az *út* egyenlő lesz a sebesség és idő szorzatával ( $s = ct$ ), az *idő* pedig az út és sebesség viszonyával ( $t = \frac{s}{c}$ ).

A nyugvó test önmagától nem indulhat mozgásnak, de a mozgó test sem jöhet nyugalomba. Ez a *tehetetlenség törvénye*, mely szerint: a nyugvó test addig marad nyugalomban és a mozgó test addig marad egyenes vonalú és egyenletes sebességű mozgásban, míg valamely külső erő ezen állapotának megváltoztatására nem kényszeríti. (A tehetetlenséget a *mozgás első törvényének* szokták mondani.)

Egy erő hatása folytán a test csak mozoghat, — több erő hatására mozoghat is, de nyugalomban is lehet, mert ellentétes irányú, de egyenlő nagyságú erők egymás hatását ellensúlyozhatják s így a test nyugvó helyzetben marad.

Az erő hatása lehet pillanatnyi (fölrobbantott puskapor), de lehet állandó is.

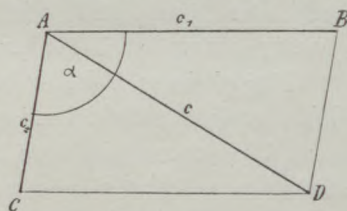
A *pillanatnyi erő* hatása folytán mozgó test kapott sebességét és irányát tehetetlenségénél fogva megtartani törekszik (a valóságban ezt más külső erők: akadályok nem engedik meg). Az *állandó erő* hatása folytán



azonban a kezdő sebességhez másodpercenként ugyanannyi sebesség-szaporulat: *gyorsulás* járul hozzá s így a mozgás gyorsuló lesz.

**Szabad esés.** Az egyenletesen gyorsuló mozgásra igen jó példa a testek szabadon esése, mely a föld állandó vonzásának következménye. Itt a magára hagyott test kezdő sebessége semmi, vagyis  $= 0$ ; de az első másodperc végéig 9·8 meterre nő meg, a *sebességváltozás* (gyorsulás) tehát 9·8 m. Az első másodperc középsebessége 4·9 m., vagyis ennyi út esik a test az első másodperc alatt. A 2-ik mperc kezdősebességéhez (9·8 m.) a mperc végéig ismét 9·8 m. járul s így e mperc végén a sebesség  $2 \times 9\cdot8$  m-re nőtt meg; a középsebesség  $1\frac{1}{2} \times 9\cdot8$  m.  $= 3 \times 4\cdot9$  m. s így ennyi lesz e mpercben a befutott út. A 3-ik mperc kezdősebessége  $2 \times 9\cdot8$  m., végsebessége  $3 \times 9\cdot8$  m.; középsebessége, vagyis a befutott út e mpercben, tehát  $2\frac{1}{2} \times 9\cdot8$  m.  $= 5 \times 4\cdot9$  m. E szerint az egymásután következő (első, második, harmadik stb.) mpercekben befutott utak  $(1 \times 4\cdot9$  m.,  $3 \times 4\cdot9$  m.,  $5 \times 4\cdot9$  m. stb.) úgy aránylanak egymáshoz, mint a páratlan számok (1, 3, 5, 7, 9 stb.); tehát a 4-ik mperc útja lenne  $7 \times 4\cdot9$  m., az ötödiké  $9 \times 4\cdot9$  m. és így tovább. Az első és 2-ik, tehát két teljes mperc útja lesz  $(1 \times 4\cdot9$  m.  $+ 3 \times 4\cdot9$  m.)  $= 4 \times 4\cdot9$  m.; a három első mpercé  $(1 \times 4\cdot9$  m.  $+ 3 \times 4\cdot9$  m.  $+ 5 \times 4\cdot9$  m.)  $= 9 \times 4\cdot9$  m.: vagyis bizonyos (1, 2, 3, 4 stb.) mpercek alatt befutott utak úgy aránylanak, mint a mpercek négyzetei (1, 4, 9, 16 stb.).

**Erők (mozgások) összetétele.** Ha valamely testre egyidejűleg két vagy több erő hat, mindegyik ugyanazt a hatást idézi elő, melyet előidézett volna, ha csak egymaga működött volna (*mozgás második törvénye*) Ezt egyszerű példával igazolhatjuk. Legyen az 1. ábra szerint A pontban egy test, melyre AB irányban működő erő hat, mely erő nagyságával arányos az AB egyenes hossza; az erő hatása folytán a test A-ból B-be fog elmozdulni az AB vonal mentén. Ugyancsak ha az A-ban lévő testre egy másik erő hatna AC irányban (itt az AC hossza megint arányos az erő nagyságával), akkor a test A-ból C-be mozdulna el AC vonal mentén. Ha a két erő egymásután hatna a testre, akkor az A-ból az első erő hatására elmozdulna B-be és onnan a második erő hatására az AC-vel egyenlő s párhuzamos távolságra: D-be; az út tehát lenne: ABD tört vonal. Viszont ha a két erő fordított sorrendben hatna, akkor a test az A pontból egy másik tört vonal: ACD mentén jutna el *ugyancsak* a D-be. Ha a két erő egyszerre hat, az eredmény ugyancsak az lesz, tehát a test A-ból megint a D-be jut el, csak az út lesz más, nevezetesen az A és D közt húzható legrövidebb távolság: AD egyenes, a mi az erőkből és párhuzamosaikból szerkesztett (ABDC) egyközénynek (erők egyközénye, erők paralelogrammja) átszegője. Maga ez az AD átszegő egy oly harmadik: u. n. *eredő erőnek* (AD) felel meg, mely maga ugyanazt a hatást létesíti, mint a két (összetevő) erő együtt-



1. ábra.



véve. Két erőt (vagy mozgást) tehát mindig helyettesíthet egy (az erők vagy mozgások egyközényének átszegője által képviselt) harmadik, u. n. *eredő erő* (mozgás). A két összetevő mozgás  $c_1$  és  $c_2$  sebességeinek eredő sebessége  $c$  lesz. Az eredő a nagyobb összetevővel kisebb szöget képez, mint a másikkal.

Kettőnél több erőből (vagy mozgásból) hasonló eljárással szintén megszerkeszthetünk egy azokat helyettesíthető erőt (vagy mozgást), a mi végett előbb kettőből szerkesztjük meg az egyközényt, azután ennek átszegőjéből (tehát a két erő eredőjéből) és a harmadik erőből szerkesztünk megint egy egyközényt, melynek átszegője a három erő eredője lesz, oly erő, melynek hatása akkora, mint a három erőé együttvéve. Ebből és egy negyedik erőből megint négy erő eredőjét szerkesztjük meg és így megy ez tovább, míg végül az utoljára kapott átszegő az összes erők eredője lesz: oly erő, melynek hatása ugyanaz mint valamennyié együttvéve.

Ez eljárásnál — mint láttuk — az erőket oly egyenes vonalakkal mértük, melyek iránya az erők irányával azonos, hosszuk arányos az erők nagyságával, kezdő pontjaik, melyekre az erők hatnak, az erőknek u. n. *támadási pontjaik*.

**Hajítás.** Hajított testek mozgása két erő hatásából adódik ki, ezek a hajító erő és a föld vonzó ereje (nehézség). A hajító erő pillanatnyi lévén, ez a testet egyenes vonalú és egyenletes sebességű mozgásra készíti; a föld vonzása állandó lévén, ez meg a testet a szabad esés jelenségei szerint gyorsuló mozgásnak indítja.

Függőiesen lefelé irányuló hajítás oly gyorsuló mozgás lesz, melynél a szabadon esés által elért sebességhez hozzájárul a hajító erő állandó sebessége, mert itt a két erő iránya összeesik.

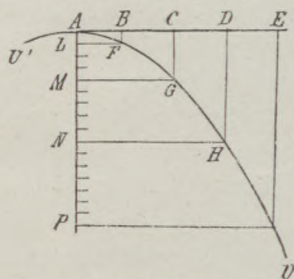
Függőiesen felfelé irányuló hajításnál a két erő iránya ellentétes, tehát a mozgás első felében a test felfelé lassuló mozgást végez s akkor szűnik meg felfelé mozogni, a mikor a szabadon esés folytán beálló sebességcsökkenés a hajítási sebességet felemésztette; e pillanattól kezdve a test az elért legnagyobb magasságból egyszerűen szabadon aláesik vagyis a mozgás másik felében a föld felé egyenletesen gyorsuló mozgást végez.

Vízszintes irányban vagy ferde szög alatt történő hajításnál a két erő irányai egymással vagy derék- vagy ferde szöget képeznek s a mozgás iránya (az út) görbe vonalú (parabolikus) lesz. Vízszintes hajításnál a hajító erő a testnek vízszintes irányban állandó sebességet kölcsönöz, ennek hatása alatt a mozgó test másodpercenként:  $AB = BC = CD = DE$ , tehát egyenlő utakat futna be (2. ábra); a másik erő a föld vonzó ereje, mely folytonosan hat és a melynek hatása alatt a mozgó test másodpercenként  $AL$ ,  $LM$ ,  $MN$ ,  $NP$  stb. utakat futna be, melyek viszonya egymáshoz  $1:3:5:7 \dots$  vagyis mint a páratlan számoké. A mozgás e szerint egyenlőtlenül változó s a pálya ( $AFGH \dots$ ) a föld felé hajló görbe vonalú (félparabola). A test ugyanannyi idő alatt esik a földre, mintha csak szabadon esett volna.

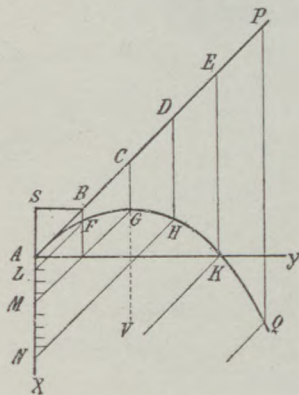


A ferde szög alatt lefelé való hajításnál az esési idő rövidebb lesz, mint a szabad esésnél; a ferdeszög alatt felfelé való hajításnál ellenben hosszabb. Ez esetben a test a görbe pályán ( $AFGHK\dots$ ) egy ideig emelkedik, azután süllyed (3. ábra) s az esetben megy legmesszebbre, ha  $45^\circ$  alatt hajítjuk el. (A lövés irányának változtatásával a katonai fegyvereken elérik azt, hogy a löveg a kívánatos helyen esik a földre.)

**Súly és tömeg.** Ha a test esése alátámasztás vagy felfüggesztés által meg van gátolva, akkor a föld vonzása vagyis a nehézségi erő hatása nem a test mozgatózásában, hanem annak nyomásában vagy húzásában nyilvánul. Az a nyomás, melyet a nyugvó test vízszintes alapzatára gyakorol, a test súlya. Ez annál nagyobb, minél nagyobb a test tömege. Ezért a testek tömegeinek összehasonlítása súlymérések alapján történhetik, a midőn *súlyegységül az 1 köbcentiméternyi  $+4^\circ C$  hőmérsékletű lepárolt víz súlya szolgál*; ez neveztetik 1 grammnak. (Ennek részei:  $0.1\text{ gr.} = \text{decigramm}$ ,  $0.01\text{ gr.} = \text{centigramm}$ ,  $0.001\text{ gr.} = \text{milligramm}$ ; többszöröse: 10



2. ábra.



3. ábra.

$\text{gr.} = \text{dekagramm}$ ,  $100\text{ gr.} = \text{hektogramm}$ , vagyis 10 dekagramm,  $1000\text{ gr.} = \text{kilogramm}$ ,  $100\text{ kgr.} = 1\text{ q} = \text{metermázsa}$ ,  $1000\text{ kgr.} = 1\text{ tonna} = 10\text{ metermázsa}$ ).

**Fajsúly, sűrűség.** Gyakran a tömegeket a testek faja szerint akarjuk megítélni és összehasonlítani; ilyenkor a fajsúlyokat állapítjuk meg.

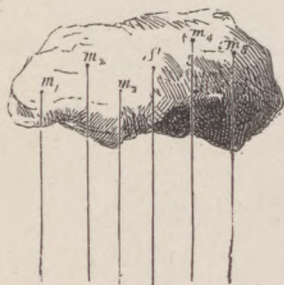
*Fajsúly alatt a test térfogategységének (1 köbcentiméterének) súlyát (grammokban) értjük bizonyos állandó körülmények közt, pl. meghatározott hőmérsékleten.* Ennek megtudása végett megmérjük a test súlyát grammokban és térfogatát köbcentiméterekben és a grammok számát elosztjuk a köbcentiméterek számával. (A módszerek később következnek.)

Természetes, hogy az a test sűrűbb, a melyiknek nagyobb a fajsúlya. Úgy hogy a sűrűség nem más, mint a fajsúlyok viszonya. Például a higany fajsúlya: 13.6, a zinké: 6.8, a vízé: 1, mert belőlök 1—1 köbcentiméter ennyi grammot nyom. E szerint legsűrűbb a három közt a higany, mely 2-szer oly sűrű mint a zink ( $\frac{13.6}{6.8} = 2$ ), de 13.6-szerre sűrűbb mint a víz ( $\frac{13.6}{1} = 13.6$ ), mert a víz fajsúlya 1 és így: a vízre vonatkoztatott sűrűség számértéke ugyanaz mint a fajsúlyé.

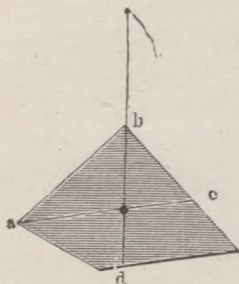


**Súlypont. Egyensúlyi helyzet.** A föld vonzása a test valamennyi molekulájára egyenlően hat és így valamennyi test — tekintet nélkül tömegére és fajsúlyára — egyenlően (egyenlő gyorsan) esik alá, ha megtámasztva nincs; természetesen csak levegőhíjas térben s általában ott, a hol a mozgásnak akadályai nincsenek.

Az összes molekulákra ható nehézségi erők eredőjét a test *súlyának* nevezzük. Ennek a támadási pontját a test *súlypontjának* mondjuk. A súlypont mindig a *tömeg középpontja* (4. ábra *S*), mely körül a test tömege egyenletesen van eloszolva. Ez a súlypont mindenkor igyekszik a legmélyebb helyzetet elfoglalni és így a testben meg van az a törekvés, hogy



4. ábra.



5. ábra.

úgy forduljon s helyezkedjék el, hogy ez által a súlypont a legmélyebb helyzetbe kerüljön. Éppen ezért a szabadon felakasztott test mindenkor úgy helyezkedik el, hogy a súlypontja a felakasztási pontból bocsátott merőleges mentén esik. (Ezen alapul a kőművesek stb. által használt függőőn, mely a függélyes

irány kitűzésére szolgál, ugyancsak a vízszintező háromszög, mely a függőőnnel kombinálva a vízszintes irány megállapítására alkalmazható.)

A *súlypont kísérleti megállapítása* ez alapon egyszerű feladat. E végből a testet egymásután két különböző pontjában felfüggesztjük s a függesztési pontokból húzott függélyeseket megjelöljük (5. ábra); a hol ezek egymást keresztezik, ott lesz a súlypont, mert a fentebbiek szerint a súlypont mindkét függélyes mentén esik, tehát csak ott lehet, a hol a két függélyes egymást metszi.

A *felfüggesztett vagy alátámasztott test egyensúlya* a súlypont helyzetéhez képest. *közönbös*, *biztos*, (állékony) és *ingátag* (esékeny) lehet. *Közönbös* akkor, ha éppen a súlypontjában van megtámasztva; az ilyen test, ha fordítunk is rajta (pl. a kerék a tengelyen), egyensúlyban marad, mert a súlypontja változatlan magasságban marad. *Biztos* a test egyensúlya akkor, ha a súlypontja felett van megtámasztva (pl. az óra ingája, felakasztott testek); az ilyen test, ha fordítunk rajta, igyekszik visszatérni előbbi helyzetébe, mert a kimozdításnál a súlypontja emelkedett, pedig ez a legmélyebb helyzetbe igyekszik. *Ingátag* az egyensúlyi helyzete az alátámasztott testnek, mely alapzaton nyugszik, mert ennek súlypontja a kimozdításkor sülyed; az ilyen a kimozdítás után vagy visszatér az eredeti helyzetébe vagy felborul; visszatér addig, míg csak a súlypontjából bocsátott függélyes az alátámasztott rész határában belül esik; de feldől akkor, ha azon kívül esik, vagyis ha a súlypont többé alátámasztva nincs. Az így



megtámasztott test egyensúlyának biztossága arányos a test súlyával és a támasztólap nagyságával, fordítva arányos a súlypont magasságával. (Például: a nagy keréktávulú, igen súlyos és mélyen megterhelt kocsí, valamint a fenékterherrel ellátott hajó, léghajó nehezebben borul fel.)

**Visszahatás.** Lépten nyomon tapasztalhatjuk, hogy »minden hatás egyenlő nagyságú, de ellenkező irányú visszahatást szül«. Például: az elsütött fegyver, ágyú, midőn a golyót előre kidobja, maga visszaugrik; az asztalra ütésekor kezünk megfájdul, mert az asztallap az ütest visszaadja; ha járásnál, ugrásnál lábunkkal a földet, melyen állunk, el akarjuk taszítani, rúgni: az visszahat és minket felemel; úszáskor a vizet toljuk hátrafelé s az minket előre visz; a repülő madarak a levegővel ugyanígy vannak. Sőt a föld vonzása azonos jelenség a testek egymásra való vonzásával, mely kölcsönös, a mint azt a nap, a föld és hold viszonyán tapasztalhatjuk; a nap vonzása a földet, a föld vonzása a holdat bizonyos körpályán mozogni kényszeríti, de a hold is vonzza a földet, a mint ezt a tengerár dagadásában és apadásában nyilvánulni látjuk; sőt az összes testek mind kölcsönösen vonzzák egymást s e vonzás a tömeggel arányos, míg a távolsággal csökken.

**Ingamozgás.** Inga minden oly szilárd test, mely a súlypontjával össze nem eső vízszintes tengely körül forgathatólag van felfüggesztve (például fonálra függesztett golyó, függőőn stb.). Ha az ilyen testet egyensúlyi helyzetéből kimozdítjuk, ide oda lengő, ingó mozgást fog végezni.

Ugyanis a kimozdított test súlypontja emelkedvén, a magára hagyás pillanatában süllyedni kezd, vagyis a test, mely meg van támasztva s így függélyes irányban szabadon nem eshetik, — körív mentén növekedő sebességgel fog egyensúlyi helyzete felé mozogni s itt a legmélyebb helyzetében elért legnagyobb sebességet tehetetlenségénél fogva megtartván: az ellenkező oldal felé tovább mozog a föld vonzása ellenében, tehát (mint a felfelé hajított test) csökkenő sebességgel mindaddig, míg a kiindulási ponttal egy vízszintes magasságba került, a hol sebessége teljesen felemészthető; innen visszaesni kezd s az előbbihez hasonló módon fog visszafelé mozogni a kiindulási pontig s megint ide oda, míg csak a mozgását akadályozó külső erők (levegő ellenállása, a felfüggesztésnél a surlódás stb.) folytán lengési tágassága folyton kisebbbedvén, végül nyugalomba tér.

Ha az inga lengési tágassága (vagyis két szélső helyzete közé zárt szög) 5 foknál nem nagyobb, akkor: a mozgató erő arányos a lengő pontnak a nyugalmi helyzettől való távolságával; a lengési idő független az inga tömegétől, de arányos az inga hosszúságának négyzetgyökével s a lengések a lengési tágasságtól függetlenül egyenlőidejűek.

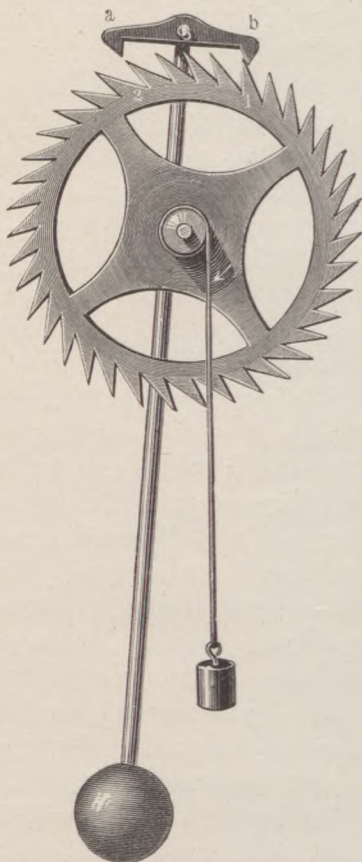
Éppen mert a csekély tágasságú lengések egyidejűek, alkalmas az inga az időmérésre, vagyis az órák járásának egyenletessé tételére. Az inga-órákon ugyanis a felhúzott súly vagy összezsavart rúgó által mozgatott gépezetet a meglóditott inga szabályozza, mert ide oda lengésekor a vele kapcsolatban lévő *ab* akasztó egy-egy pillanatra beleakad a forgó fogas



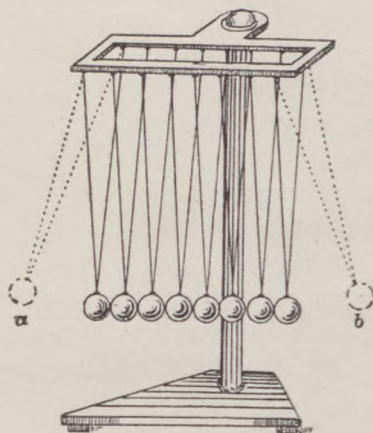
kerékbe (6. ábra) és ez által visszalöketik, úgy hogy az inga minden lengésnél új lökéseket kap, a kerék pedig pillanatra meg-meg áll és így nem indulhat gyorsuló mozgásnak. Az inga hosszúságának növelése (súlypontjának lejjebb tolása) a lengést és így az óra járását lassítja, rövidítése pedig gyorsítja.

**Forgó mozgás.** Ennél a test bármelyik pontja mozgás közben egy vonaltól: a forgástengelytől változatlan távolságban marad. Két ellen-

tétes irányú, de egyenlő nagyságú erő hatását figyelhetjük itt meg; az egyik a központfelé húzó (centripetalis), mely a test szilárdságától van, — a másik a központtól húzó (centrifugalis), mely a test tehetetlenségéből származik s melynél fogva az — ha az első erő megszűnik (pl. megforgatott parittyánál az egyik zsinórt kieresztjük; vagy ha a test szilárdsága nem elég nagy), érintői (egyenes) irányú mozgást fog létesíteni (kiröpült parittyakő). A köz-



6. ábra.



7. ábra.

ponttól húzó erő hatása a forgás sebességével emelkedik; ezért földünkön legnagyobb az egyenlítőnél, a hol legnagyobb a forgási sebesség s a hol ennek folytán az egykor cseppfolyós föld kidudorodott, míg a sarkoknál belapult. A centrifugalis erő hatását felhasználják a kristályosított anyagoknak az anyalúgtól való megszabadítására, a méznek a sonkolytól való elválasztására stb., az u. n. pörgetővel. (A pörgető átlíktatott oldalú forgó dob, melyből gyors forgatáskor a folyadék az oldalnyílásokon át kiröpíttetik.)



**Ütközés.** Ez akkor történik, mikor mozgó test másik mozgó vagy nyugvó testtel találkozik.

Teljesen rugalmatlan (lágú) testek az ütközésnél ellapulnak és ha egyenlő tömegűek és egyenlő sebességűek voltak, vagy akkor is, ha a kisebb tömegűnek arányosan nagyobb sebessége volt, tehát ha a tömeg és sebesség szorzata (mozgásmennyiség) egyenlő volt: nyugalomba jönnek.

Teljesen rugalmas testek az ütközésnél első pillanatban szintén lapulnak, de rögtön visszakapják alakjukat és térfogatukat s a kölcsönösen kapott nyomásoknak ugyanakkora visszanyomásokat felelve meg: az ütköző testek sebességei megváltoznak és pedig tömegeikkel fordított arányban.

E szerint a falhoz ütődő rugalmas golyó (pl. a billiárd-golyó), ha  $90^\circ$  alatt (derékszög alatt) ütközött, ugyanakkora szög alatt pattan vissza; ha hegyes szög alatt ütközött, akkor a beesési függélyes ellenkező oldalán ugyanakkora szög alatt ugrik vissza. Egyenlő tömegű golyók ütközésénél: ha a mozgó golyó állóba ütközött, akkor a mozgó megáll, a nyugvó pedig a mozgó sebességével és irányában mozogni kezd; ha egyenlő sebességgel mozgó golyók ütköztek, mindkettő változatlan sebességgel pattan vissza; ha különböző sebességgel ütköztek, kicserélik egymás sebességét és mozgásirányát; ha mozgó golyó álló golyó sorba ütközött, mind állva marad, csak a legutolsó, a legtávolabbi fogja az ütköző golyó mozgásirányát és sebességét átvenni (7. ábra). Ilyenformán terjed a hang is és általában a hullámos mozgások mind.

**Mozgások akadályai.** Ilyenek a surlódás, a közeg ellenállása, a tapadás, esetleg a mozgásnál alakjukat folyton változtató testek (pl. hajtószíjak, kötélek) merevsége. Mindezek akadályozzák a mozgásokat.

A *surlódás* oka a testek felületének egyenetlensége, melynél fogva a felületekből kiemelkedő részek egymásba illeszkednek, kapaszkodnak. *Csúszó mozgásnál* különösen nagy lehet a surlódás okozta mozgási akadály, melynek elhárítása végett a testeket minduntalan ki kell a kölcsönös összeilleszkedésből emelni, vagy pedig a kiemelkedéseket félretolni vagy letörni.

Jóval kisebb a surlódás a *gördülő mozgásnál*, a hol az összeilleszkedett felületi egyenetlenségek fogaskerekek fogainak módjára kiemelkednek egymásból. Ugyancsak kisebb a surlódás nem egyenlő anyagú testek között mert ezek felületi egyenetlenségei nem egyformák s így nem illeszkednek oly könnyen egymásba. Végül csökkenteni lehet a surlódást a surlódó felületek gondos kicsiszolásával, kenésével, mert a kenőszer a felületeket simábbá teszi.

A *közeg* (levegő, víz stb.) *ellenállása* arányos a mozgó test homlokfelületével és a közeg sűrűségével; a sebességgel együtt szintén nő. (Halak, hajók hosszúkás, keskeny alakja a közeg ellenállását csökkenti.)

A *tapadás* (adhaesio) oka tulajdonképpen a különálló testek közt létrejövő kölcsönös vonzás, mely csak igen közel hozott testeket tarthat össze.

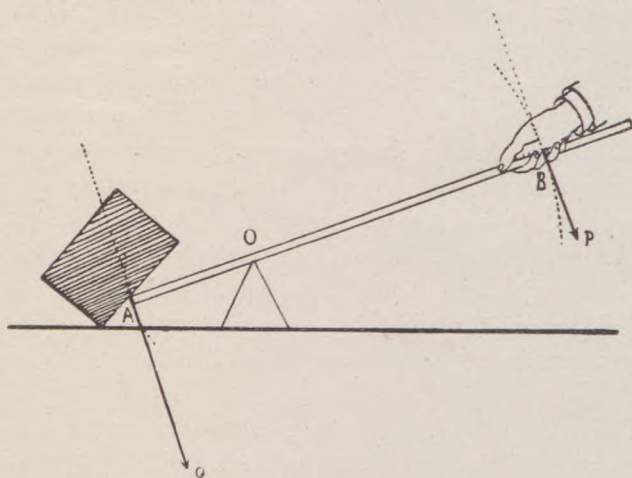


Így tapasztaljuk azt igen síma felületű testek összeillesztésénél (pl. 2 csiszolt s összeszorított üveglap erősen egybetapad); szilárd test és bizonyos (azt megnedvesítő) folyadékok közt (üveg és víz); szilárd test és folyékonyyá tett vagy meglágyított, de ismét megszilárduló ragasztó szerek közt (enyv, pecsétviasz, kitt, festék).

**Munka, erély.** Munka alatt értjük az erő működését bizonyos úton át. A munka egysége a *meterkilogramm*, tehát egy kilogrammnyi tömeg mozgása egy meternyi függélyes magasságig. Ez történhetik vagy rövidebb vagy hosszabb idő alatt, a mi a munka nagyságára mindegy, de a gyakorlatra fontos. Ezért a gyakorlati életben az időegység alatt végzett munkát, vagyis a hatásképességet szokták mérni s ennek az egysége a *lóerő*, mely

másodpercenként 75 meterkilogrammnak felel meg. (A munkás ember hatásképessége ennek átlag csak  $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{6}$ -a.)

A mozgó tömegek mind munkát képesek végezni; annál többet, minél nagyobb a mozgó tömeg és a sebesség, vagyis az *eleven erő* vagy másikként: *mozgási erély*. Nyugvó, de előnyös helyzetű test is alkalmas munkavégzésre; ennek *helyzeti erélye* van, pl. a



8. ábra.

felhúzott súlynak, megfeszített rúgnak, zsilippel felfogott víznek stb. Hogy a helyzeti erély munkát végezzen, át kell alakulnia mozgási erélyllyé; de a mozgási erély visszaalakulhat helyzetivé. Mindez esetekben az erélyek összege állandó (*erély megmaradása*), vagyis mozgás közben a mozgási és helyzeti erély összege állandó. A kémiai hatásképesség, pl. a puskaporban lappangó robbantó erő, szintén helyzeti erélynek (energia-nak) tekintendő; ezt kémiai erélynek szokás mondani.

**Gépek.** Oly eszközöket nevezünk gépeknek, a melyek révén a rendelkezésünkre álló erővel ellenállásokra hatunk.

A gépeknek temérdek sokfélesége két egyszerű típusra vihető vissza; ez a két egyszerű gép: az *emelő* és a *lejtő*.

Mindkettőnek többféle módosulata van s az összetett gépek (gőzgép, varrógép stb.) e módosulatok összetételéből (kombinációjából) állanak.

**Emelő.** Ez lényegileg oly szilárd szerkezet (legegyszerűbb alakjában rúd), mely egy pontja körül forgathatólag van megtámasztva. A legegyszerűbb esetben két erő hat az emelőn, melyek ellenkező irányú forgást igye-



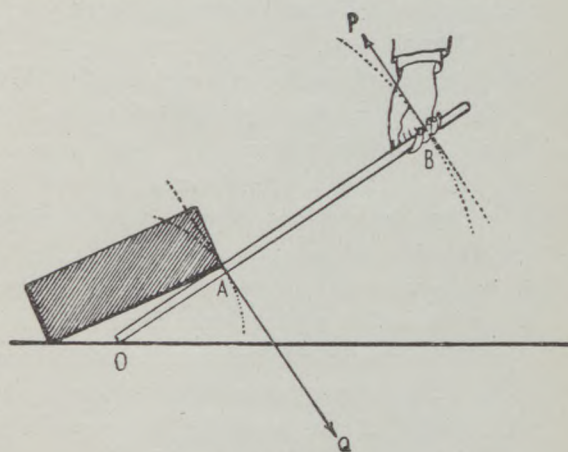
keznek létesíteni; az egyiket, melylyel hatni kívánunk, erőnek ( $P$ ), a másikat, melynek ellenében hatni akarunk, tehernek ( $Q$ ) szoktuk mondani.

Az emelő lehet *kétkarú* és *egykarú*. Kétkarú akkor, ha a forgáspont ( $O$ ) az erők támadási pontjai ( $A$  és  $B$ ) közé esik (8. ábra); egykarú, ha nem esik azok közé (9. ábra).

Igen fontos az emelőn az erőkarok (erőkar és teherkar) viszonya, mert ezzel fordítva arányos az egyensúlyt tartó erők (erő és teher) viszonya. Erőkar (teherkar) alatt pedig értjük a forgási pontból az erő (teher) irányára húzott merőlegest ( $OB$  és  $OA$ ).

Egyensúly akkor áll be, a mikor az erő és teher eredője éppen a forgási ponton megy át, vagyis a mikor az erő és az erőkar szorzata akkora, mint a teher és teherkar szorzata: tehát  $P \times OB = Q \times OA$ ; vagy  $P:Q = OA:OB$ , vagyis az erő úgy aránylik a teherhez, valamint a teherkar aránylik az erőkarhoz.

Ez alapon az emelővel erőt takaríthatunk meg, mert azzal többszörte nagyobb teher is egyensúlyozhatunk, csak az emelőkart vegyük a teherkarnál többszörte nagyobbra. De a mit meggazdálkodunk a munka egyik tényezőjében: az erőben, azt megfizetjük a munka másik tényezőjében: az útban, és így *munkamegtakarítás nincsen* és nem is lehet, az emelőnél épp úgy, mint bármiféle gépnél,



9. ábra.

melyek célja az, hogy a rendelkezésre álló erővel a meglévő akadályok ellenében célunknak megfelelő munkát végezhessünk. Az *örökmozdony* (perpetuum mobile) tehát képtelenség.

Az emelőnek sokféle alkalmazása van: a feszítő rúdak, evezőlapátok, szeghúzó, diótörő, biztosító szelepek, fogaskerek stb. alakjaiban. De emelőnek tekintendők a *hengerkerék*, az *emelő csigák* és a *karos mérleg* is.

**Hengerkerék.** Ilyet látunk a kerek kútakon vízemelésre, építkezésnél súlyos tárgyak emelésére alkalmazva. Ez oly hosszanti tengely körül forgó henger, melyre központosan egy nagyobb küllőjű (sugarú) kerék, vagy a keréknek csak egy küllője van megerősítve s a henger felületén a láncz vagy kötél egyik vége, míg ennek másik végére a felemelendő súlyos tárgy (vízvödör stb.) akasztódik (10. ábra). Ha a kerék peremén (talpán) vagy a küllő végén megerősített markolatnál fogva a hengert forgatjuk, a kötél (láncz) felcsavarodik a henger palástjára és a teher felemelkedik. Itt az erő ( $P$ ) a kerék peremén támad, a teher ( $Q$ ) a henger felületén, az erőkar tehát a kerék sugara:  $R$ , a teherkar pedig a henger sugara:  $r$  lesz; e szerint



egyensúly esetén  $P:Q = r:R$ , vagyis a hányiszorta nagyobb a kerék sugara (az erőkar) a henger sugaránál (teherkar), annyszorta kisebb erő kell a teher egyensúlyozására. — Tehát itt is erőmegtakarítás történik.

**Álló csiga.** Ez oly helyben maradó korong vagy kerék, melynek központosan elhelyezett tengelye egy villában forog, peremén pedig vágulat van a kötélnél számára, melynek egyik végén a teher, másikon az erő hat (11. ábra). A forgási pontból az erő és a teher irányára húzott merőlegesek, vagyis úgy az erőkar mint a teherkar azonos a korong sugarával ( $r$ ), miért is egyenlők lévén az erőkar és a teherkar, a teher egyensúlyozására ugyanakkora erő kell:  $P = Q$ . Itt tehát erőmeggazdálkodás nincs, de az erő irányát változtatjuk meg czélszerűen, mert a lefelé ható  $P$  erővel a  $Q$  tehernek felfelé való mozgását létesítjük.

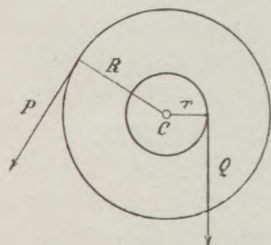
**Mozgó csiga.** Ez a teherrel együtt emelkedik vagy süllyed és ezzel erőt lehet meggazdálkodni. Ez egy megfordított csiga (12. ábra), melynek villája lefelé lóg és a teher felvételére szolgál. A kötélnél egyik végét ( $s_1$ ) szilárdan rögzítjük, másik végén ( $s_2$ ) pedig a mozgó erő hat. Itt a forgási pont ott van, a hol a csiga az  $s_1$  jelzésű kötélnél fekszik, mert itt fordul el a csiga a kötélnél képest, a mint süllyed vagy emelkedik. Ezért a teherkar ( $r$ ) felényi mint az erőkar ( $2r$ ), mihez képest:  $P:Q = r:2r$ , vagyis a teher egyensúlyozására felényi erő kell; nem is lehet másként, mert a teher itt a kötélnél mindkét részét egyenlően feszíti s így azok közt megoszlik. A mozgó csiga alkalmazásánál czélszerű a kötélnél szabad végét egy álló csigán átvetni, a mi az erőviszonyokon nem változtat, de az erő irányát czélszerűen megváltoztatja. Az ilyen álló és mozgó csiga együtt u. n. csigapárt képez (13. ábra.)

**Csigasorok.** Egy álló csigát több mozgó csigával is lehet összekötni, a mint azt a 14. ábrán látható *különbéző* (differentialis) csigasor mutatja. Itt a legalsó mozgó csiga, melyen a teher függ, az erő felét meggazdálkodja (tehát  $P = \frac{Q}{2}$ ), de ez a második mozgó csigára hatván, ismét fele meggazdálkodik (tehát  $P = \frac{Q}{4}$ ), a harmadik mozgó csigán megint fele erőt meggazdálkodjuk (tehát  $P = \frac{Q}{8}$ ), a negyedik mozgó csigán hasonlóan:  $P = \frac{Q}{16}$  stb. Persze a teher ugyanannyiszorta lassabban fog emelkedni.

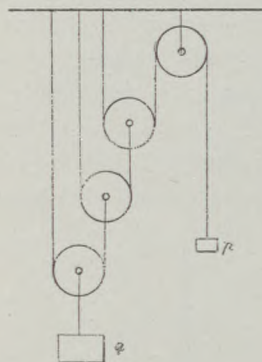
Gyakran használatosak az u. n. *közönséges csigasorok* (15. ábra), melyek egy közös villában egymás alá vagy mellé elhelyezve több álló csigát, egy másik (mozgó) villában ugyanannyi mozgó csigát tartalmaznak. A teher ( $q$ ) a mozgó közös villára akasztódik, a kötélnél az álló közös villához erősítődik s innen átmegy az első mozgó csigán, aztán az első álló csigán, a második mozgó, majd a második álló csigán, megint a harmadik mozgó s végül a harmadik álló csigán és így tovább, míg szabad végén az erő,  $p$ , hat. Itt mindenik csigapár egyenlő hatású s az erőszükséglet a csigapárok arányában csökken; tehát míg egy álló és egy mozgó csiga (csigapár) esetén felényi erő kell a teher egyensúlyozására, 2 álló és 2 mozgó csigával csak  $\frac{1}{4}$ -résznnyi erő, 3 álló és 3 mozgó csigával  $\frac{1}{6}$ -résznnyi erő és így



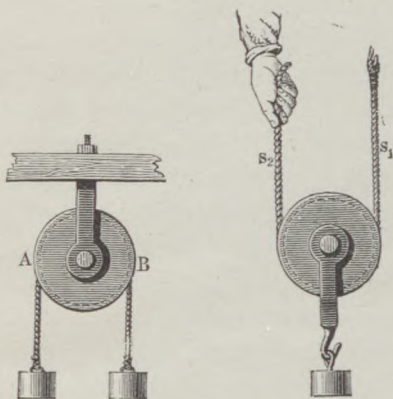
tovább; tehát  $P = \frac{Q}{n}$ , ahol  $n$  az összes csigák számát (a rajzon 6) jelenti. A teher itt a kötél valamennyi ága közt (az ábrán 6 ág közt) egyenlően oszlik meg.



10. ábra.

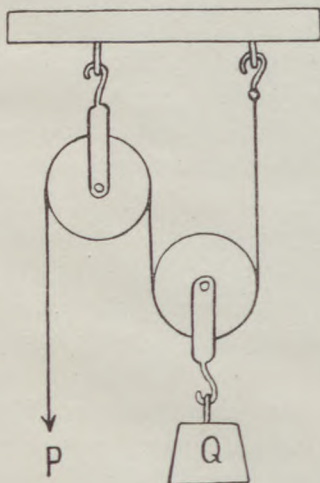


14. ábra.



11. ábra.

12. ábra.



13. ábra.



15. ábra.

**Karos mérlegek.** A gyógyszerészeknek egyik legfontosabb eszközük a mérleg, melylyel a testeket súlyaik szerint mérik.



A karos mérlegek részint egyenlő karúak, ilyen a tára és kézi mérleg, részint egyenlőtlen karúak, ilyenek a római mérleg vagy mázsáló és a hidmérlegek. A gyógyszerházakban az orvosi rendelvények elkészítésénél csakis az egyenlő karú mérlegek használhatók.

Az *egyenlő karú mérleg* (16. ábra) lényegileg kétkarú, egyenlő karú emelő. Részei: a mérlegrúd, mely a közepén lévő ék élén ( $O$ ) foroghat; az  $A$  és  $B$  pontokban felfüggesztett csészék (serpenyők) és a forgási pont irányában felfelé (16. ábra) vagy lefelé (17. ábra) irányuló mérlegnyelv; végül *kézi mérlegen* (16. ábra) a villa, melyben a mérlegrúd nyugszik s *táramérlegen* (17. ábra) az oszlop, melynek vájulatában ugyancsak a mérlegrúd nyugszik.

Helyesen szerkesztett mérlegnél  $A$ ,  $B$  és  $O$  egy egyenes mentén fekszenek; a mérlegrúd súlypontja a forgási pont alatt van, a rudat 2 egyenlő félre osztó szimmetria-síkban.

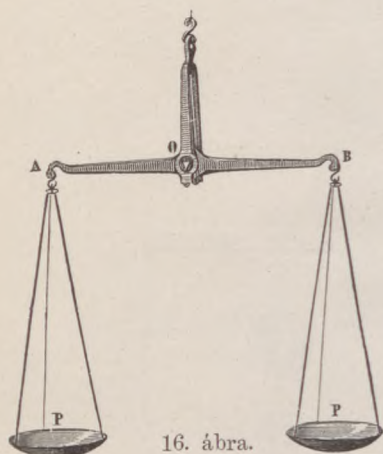
Mikor egyensúly van, akkor a mérlegrúd vízszintes helyzetben van, vagyis a nyelv függélyes irányba mutat. A csészék egyenlő súlyúak legyenek és az egyensúly akkor is megmaradjon, ha a csészékre egyenlő súlyokat helyezünk.

A mérlegtől a következő kellékeket kívánjuk meg:

1. Legyen a mérlegrúd biztos egyensúlyban, tehát kimozdítás után ingaszerű lengéseket végezzen; ezért súlypontja a forgási pont alatt legyen. Ha ugyanis a mérlegrúd éppen a súlypontjában volna megtámasztva, akkor egyenlő megterhelés esetén a mérleg közönbös egyensúlyban lenne, tehát nem lengene, nem játszanék; ha pedig a súlypont alatt volna megtámasztva, ingatag (esékeny) egyensúlyban lenne és csekély túlterhelés vagy kimozdítás esetén felfordulni igyekeznék.

2. Legyen a mérleg igazságos, vagyis egyenlő megterhelés esetén a rúd vízszintesen s a nyelv függélyesen álljon; ez akkor történik, ha a rúd két karja minden tekintetben egyenlő (úgy hosszúság és súly, valamint a részek arányos elosztása tekintetében), továbbá ha a csészék egyenlő súlyúak. Ellenkező esetben a mérleg hamis.

3. Legyen a mérleg a célhoz képest elég érzékeny. Nem elegendő érzékenység a mérést pontatlanná teszi, túlérzékenység meg a mérést késlelteti. Az a mérleg az érzékenyebb, a mely egyenlő túlsúly esetén nagyobb kitérést (kilengést) mutat. Az érzékenység nagyságát az a törtszám mutatja, melynek számlálója 1, nevezője pedig az a hányados, melyet kapunk, ha a teljesen megterhelt mérleg kitérésére szükséges túlsúllyal elosztjuk a terhelő súlyt; például, ha a mérleg terhelési képessége (egy-egy csészén)

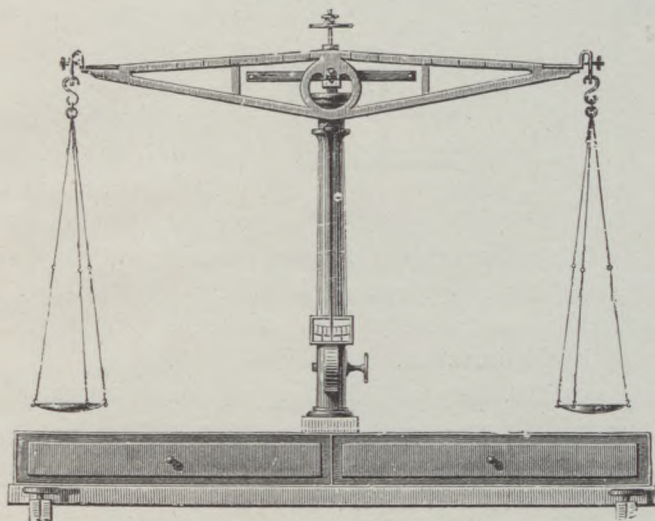


16. ábra.



500 gramm, s az így megterhelt mérleget 0,1 gramm biztosan kitéríti, akkor az érzékenység  $\frac{1}{5000}$  mert a terhelésnek  $\frac{1}{5000}$  része kitérítette a mérleget.

Az érzékenység egyébiránt egyenesen arányos a kar hosszával, fordítva arányos a mérlegrúd súlyával és súlypontjának a forgásponttól való távolságával. Hosszabb, könnyebb mérlegrúd, melynek súlypontja közel esik a forgásponthoz, érzékenyebb tehát, mint a rövid, súlyos mérlegrúd, melynek súlypontja távol esik a forgásponttól. De a surlódás is csökkenti az érzékenységet, miért is a mérlegrúd forgási pontjánál és a csészék felfüggesztéseinél az elérendő célhoz képest igyekeznek a surlódást csökkenteni, sőt a legérzékenyebb elemző kémiai mérlegeknél e pontokon finom élű aczéllhasábok élén achátlapokon történik a mérleg játéka.



17. ábra.

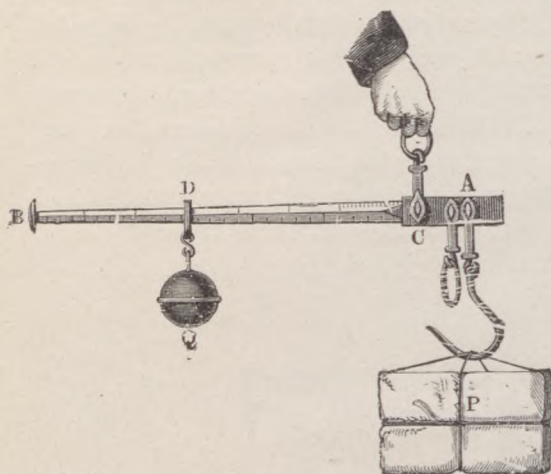
A gyógyszerértári mérlegeket használatba vétel előtt meg kell vizsgálni. E végből a táramérleget vízszintes asztalra helyezzük, a kézi mérleget pedig szabadon felfüggesztjük s lengésbe hozván, megfigyeljük, egyenlők-e a mérleg kilengései jobbra és balra, s ha megállapodott, a nyelv függélyesen mutat-e? Azután egyenlő súlyokat tévén a serpenyőkre, hasonló módon járunk el; sőt felcserélvén a súlyokat, akkor is hasonlatosan kell a mérlegnek viselkedni.

Hibás, egyenlőtlen karú mérlegen is teljesen pontosan mérhetünk a kitérálással, azért pontos méréseknél ezen eljárás alkalmazandó. Ezt úgy végezzük, hogy a lemérendő test befogadására szolgáló edényt az egyik csészére állítjuk s melléje teszünk annyi súlyt, a mennyit lemérni kívánunk; ezután a másik csészét felrakott súlyokkal pontos egyensúlyba hozzuk (kitéráljuk) s ennek megtörténtével az edény mellől leemelvén a lemérni kívánt súlyokat, az edénybe addig öntünk vagy rakunk az illető testből,



míg az egyensúly beáll. Az elv tehát az, hogy a leemelt súlyok helyére visszük a lemérni kívánt testet. Ha pedig egy adott test pontos súlyát kívánjuk tudni, kitaráljuk azt s ekkor levévén a testet, helyére rakunk

fel súlyokat; a mennyi súly kell az egyensúly beállítására, annyi lesz a test pontos súlya.



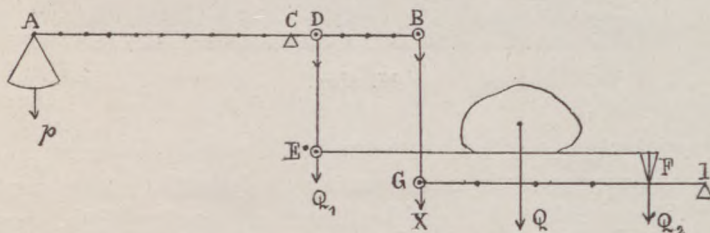
18. ábra.

A *chemiai elemző mérlegek* a táramérlegtől nagyobb érzékenységgükkel különböznek és azaz, hogy kiiktatójuk van, melylyel a használaton kívül álló mérleget felemeljük az oszlopról és a csészéket is alátámasztjuk.

A *római vagy gyors mérleg*, más néven: *mázsáló* (18. ábra), oly egyenlőtlen karú mérleg, melynek hosszabb (osztályozott) karján egy körte-súlyt ide oda eltolunk, úgy, hogy itt állandó súlylyal az által

mérünk, hogy a körte távolsága a forgási ponttól (vagyis a változó erőkar hossza) mutatja a teher nagyságát a rúdon lévő tapasztalati osztályzaton. Ilyen eltolható súlyokat némely kézi mérlegen, sőt hídmérlegeken (pl. Fairbanks-félén) is alkalmaznak.

A *hídmérlegen* (19. ábra) a teher egy rövidebb karra nehezedő hídra jön s ezt a hosszabb karra akasztott csészén alkalmazott súlyokkal egyen-



19. ábra.

súlyozzuk. Ez tehát egyenlőtlen karú emelő; pl. a tizedes mérlegen az erőkar tízszerre hosszabb mint a teherkar, a százados mérlegen százszorta hosszabb, másokon pedig tetszőlegesen hosszabb, de a súlyok is ugyanoly arányban kisebbek a tehernél. A hídmérleg vázlatos szerkezete a 19. ábrából jól megérthető. A mérlegrúd ( $AB$ ) kétkarú emelő, mely  $C$  ponton meg van támasztva,  $D$  pontjára az  $EF$  egykarú emelő — a mérleg hídja — van függesztve; az utóbbinak  $F$  pontja a  $G$  körül forgó és  $AB$ -re  $B$  pontban függesztett  $GI$  egykarú emelőre támaszkodik. Az egész rendszer tehát a  $C$  és  $I$  szilárd pontokon nyugszik.



A méretek következők:

$$CD:CB = FI:GI = 1:5 \text{ (tizedes mérlegen), vagy } 1:50 \text{ (százados mérlegen);}$$

$$AC = 10 \times CD \text{ (tizedes mérlegen), vagy}$$

$$AC = 100 \times CD \text{ (százados mérlegen);}$$

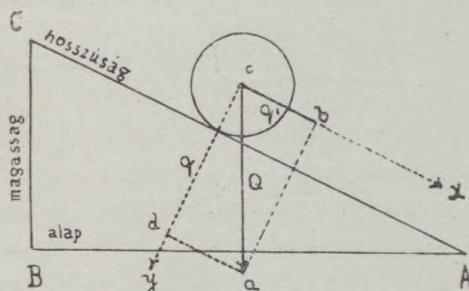
$$CB = \frac{1}{2} AC.$$

Már most a hídra tett  $Q$  teher súlya két részre oszlik:  $Q_1 + Q_2$ -re. Egyik része,  $Q_1$ ,  $E$ -re, illetőleg  $D$ -re nehezkedik; ezzel egyensúlyt tart  $A$ -ban  $\frac{Q_1}{10}$ , mert itt a kar hossza 10-akkora. A teher másik része,  $Q_2$ ,  $F$  pontban a  $GI$  emelőre nehezkedik; ezzel egyensúlyt  $G$ -ben, illetőleg  $B$ -ben  $\frac{Q_2}{5}$  tart, (mert  $FI = \frac{GI}{5}$ ), vagy a mi mindegy: az  $A$  pontban  $\frac{Q_2}{5}$ -nek a fele vagyis  $\frac{Q_2}{10}$  (mert  $AC = 2 CB$ ); tehát látni való, hogy az egész teherrel  $A$ -ban tizedes mérlegen annak  $\frac{1}{10}$ -része (vagy százados mérlegen  $\frac{1}{100}$ -része) tart egyensúlyt.

**Lejtő** vagy ferde sík, a vízszintessel hegyes szöget képező sík. Ez az egyszerű gépek másik főalakja.

Rendszerint terhek felemelésére használjuk (hegyi kanyargós, u. n. szerpentin-utak, lépcsők, létrák, csúsztatók stb.), oly esetekben, a midőn erőt kívánunk meggazdálkodni és ezért a függélyes emelést mellőzni óhajtjuk.

A lejtőn ugyanis a teher egyensúlyozására, tehát felemelésére is kisebb erő kell, mint a függélyes irányban való emelésre; de természetesen az erőmeggazdálkodás arányában itt is nagyobb lesz az út és így a munka csak akkora. Ennek megértése végett jelöljük a 20. ábrán a lejtő alapját  $AB$ -vel, magasságát  $BC$ -vel, hosszát  $AC$ -vel.



20. ábra.

Legyen a lejtőn egy  $Q$  súlyú test, melynek súlypontja  $c$ ; a test csak a lejtő hosszával párhuzamosan mozdulhat el  $cx$  irányban. Minthogy pedig a test súlyának ( $Q$ ) egyik részével a lejtő síkjára merőlegesen  $cy$  irányban reánehezkedik s csak súlyának másik részével mozdul el a lejtővel párhuzamosan: a  $Q$  súly 2 összetevőre bontandó, melyek egyike a testet a lejtőre merőlegesen  $cy$  irányban rászorítja, másik pedig a lejtővel párhuzamosan  $cx$  irányban elmozdítani törekszik. Ezek nagyságát megtudjuk, ha az összes  $Q$  súlyt képviselő egyenes végpontjából a két összetevő irányával párhuzamosokat húzunk; így kapjuk meg a  $cd = q$  és  $cb = q^1$  nagyságát. Hogy a test el ne mozduljon, ez utóbbit kell ellenkező irányban, de a lejtő hosszával párhuzamosan egyensúlyozni ugyanakkora erővel. Úgyde  $abc$  kisebb és  $ABC$  nagyobb háromszögek hasonlóságából következik, hogy  $q^1:Q = BC:AC$ , s ez szavakkal annyit tesz, hogy a lejtőn akkor áll be

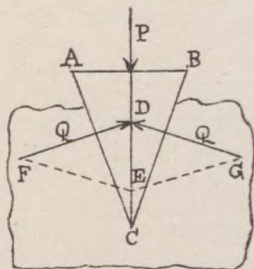


egyensúly, ha az erő viszonya a teherhez akkora, a mekkora a lejtő magassága a lejtő hosszához, feltéve, hogy az erő a lejtő hosszával párhuzamosan működik, a mi a rendes eset; ha pedig az erő hatása a lejtő alapjával párhuzamos, akkor az erő úgy viszonylik a teherhez, valamint a lejtő magassága a lejtő alapjához.

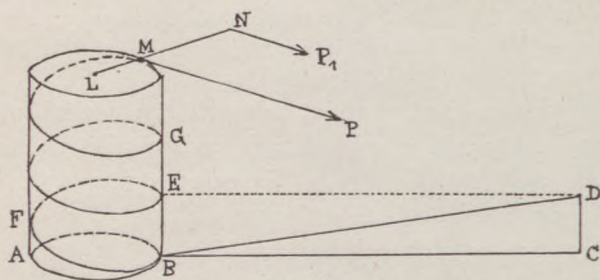
Változatlan lejtőmagasság mellett tehát annál több erőt gazdálkodunk meg, minél hosszabbra készítjük a lejtőt (pl. hegyek csúcsára vezető hosszú kanyargós út).

A lejtő fontos alkalmazásai közé tartozik az *ék* és a *csavar*.

**Ék** oly háromoldalú hasáb, melyet többnyire a testek részeinek szétválasztására használunk; ilyen ék a fejsze, melylyel fát vágunk; a kés, melylyel kenyeret szelünk; az olló pengéje, a fűrész pengéje, a tű, az ásó, a kapa, az ekevas s általában a szűrő és vágó szerszámok mind. Gyakran az éket különálló testek szilárd összekötésére is használjuk, pl. a fejsze fokába, az ásó, kapa hüvelyébe dugott nyél szilárd beerősítésére, vagy a



21. ábra.



22. ábra.

szöget szögezésre; ily esetekben a testek közt az ék feszítése által kölcsönös nyomást, vagyis szilárd összeköttetést létesíthetünk. Tapasztalatból tudjuk, hogy minél keskenyebb az ék, annál kisebb erővel használható. Ez könnyen érthető abból, hogy az ék lényegében kettős lejtő (21. ábra), melynél az erő a lejtő alapjával párhuzamosan működik, a teher pedig a lejtőn merőlegesen hat. Itt az erő úgy viszonylik a teherhez (ellenálláshoz), valamint az ék gerincze (AB vagyis a lejtő magassága) az ék hosszához (a lejtő hosszához).

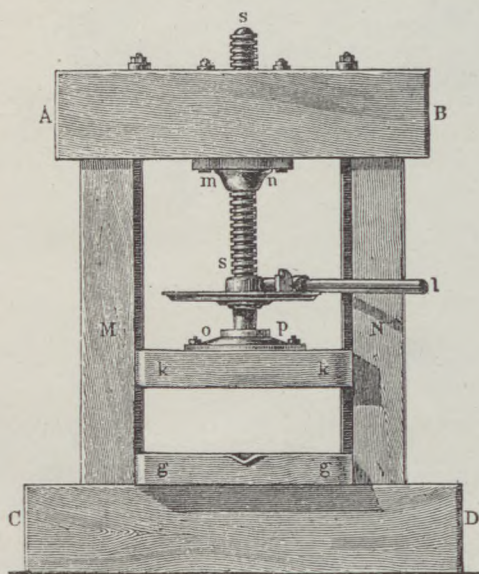
**Csavar és csavaros sajtó.** A csavar lényegileg egy henger körül egyenletes emelkedéssel futó lejtő. Egy csavarmenetet tekintve: a lejtő magassága egyenlő egy csavarmenet magasságával, a lejtő hossza egyenlő egy csavarmenet hosszával, a lejtő alapja egyenlő a henger kerületével; a mint ez kitűnik, ha egy derékszögű háromszöget (lejtőt) akkora hengerfelületre csavarunk fel, melynek az alapkerülete egyenlő a lejtő alapjával (22. ábra).

Ha a henger külső felületét a csavarmenet mentén berovátkoljuk, kapjuk a *csavarorsót*, mely egy belső felületén ellenkezőleg rovátkolt másik üres hengerbe, u. n. *csavartokba* illik s abban forgatással előre hátra mozgatható (23. ábra). Orsó és tok együtt fejtenek csak ki hatást, melylyel a csavar hosszanti tengelye irányában működő ellenállásra lehet hatni.

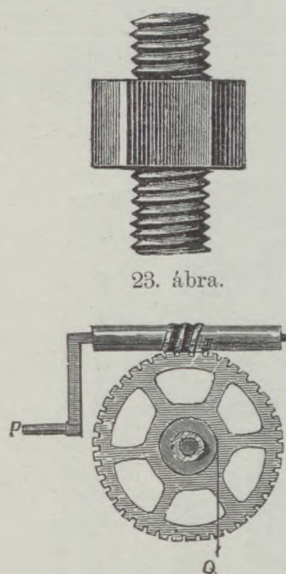


A csavarra is érvényesek a lejtő törvényei.

Minthogy a csavaron a forgató erő ( $P$ ) a henger alapkörével (a lejtő alapjával) párhuzamosan hat, tehát az erő úgy aránylik az ellenálláshoz, valamint egy csavarmenet magassága (a lejtő magassága) az alapkörhöz (lejtő alapjához). Tehát minél meredekebb a csavarmenet és minél vékonyabb a csavarorsó, annál több erő kell; *minél alacsonyabb (sűrűbb) a csavarmenet és vastagabb a csavarorsó, annál kevesebb erő kell.* Nagyon sűrűre azonban a meneteket nem célszerű készíteni, mert ez a szilárdság rovására megy; nagyon vastagra sem, mert ez drága, súlyos és azért is célszerűtlen,



24. ábra.



23. ábra.

25. ábra.

mert igen nagy lenne a surlódás. Ezért a *sajtók* csavarjait (24. ábra), a helyett hogy igen vastagra készítenék, ellátják forgató rúddal (emelővel), melylyel a fenti hibák nélkül ugyanazt a kedvező erőviszonyt és hatást érjük el, mintha oly vastag orsót vennénk, melynek sugara egyenlő a forgató rúd hosszával. Éppen ezért az emelővel egybekötött csavar, például a sajtó hatásképpessége nem függ a csavar vastagságától.

Helyben forgó és fogaskerekbe kapaszkodó csavart *végtelen* csavarnak szokás nevezni (25. ábra); ezt is lehet teheremelésekre használni.

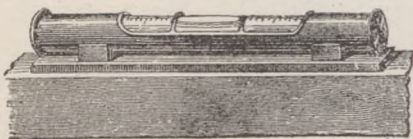
### Cseppfolyós testek.

A folyadékokat jellemzi, hogy határozott térfogatuk van, de önálló alakjuk nincs.

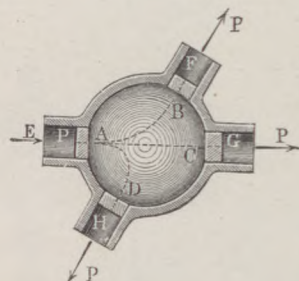
**Alak.** Az önálló alak hiánya könnyen érthető, ha tudjuk, hogy a folyadék részecskéi surlódás nélkül igen könnyen elmozdulhatnak, s így a



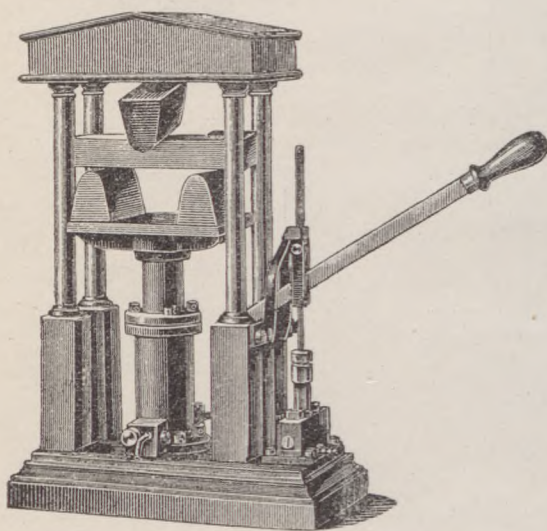
föld nehézségi erejének irányát követve, minden részecske a legmélyebb helyzetet elfoglalni törekszik, a mi akkor történt meg, ha a folyadék felszíne a nehézségi erő irányára merőleges. A folyadék ekképpen alakuló szintjét *vízszintesnek* mondjuk s valóban a folyadékot pl. a vízszintező csőben (libella) a vízszintes irány kitűzésére használjuk. Ez a *libella* (26. ábra) kicsikét görbülő zárt üvegcső, melyben a folyadék felett levegőbuborék van s ez akkor illeszkedik be a libella legmagasabb pontját jelző osztályvonások közé, a mikor az eszköz vízszintes alapon nyugszik.



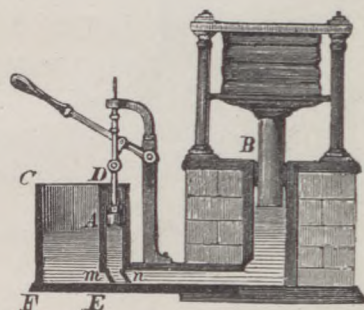
26. ábra.



27. ábra.



28. ábra.



29. ábra.

Egyébként a folyadék, ha külső erők hatásától lehetőleg védve van, a folyadék belsejében székelő cohaesio (összetartó erő) hatására merőleges felszín alkot, vagyis gömbidomot igyekszik fölvenni; így látjuk ezt a szabadon eső cseppeken, porcellán csészébe tett higanycseppeken stb.

**Szerkezet.** Föltételezzük, hogy a folyadékban a cohaesio és a taszító erő a részecskék közötti *egyensúlyát* létesíti; de ha a taszító erő nagyságát hőelvonással kellő mértékben csökkentjük, létrejön a részecskék biztos egyensúlya, vagyis a folyadék szilárd testté lesz: megfagy.

**Összenyomhatóság; a nyomás egyenletes elterjedése.** A folyadékok térfogata annyira állandó, hogy óriási nyomások mellett is alig lehetséges igen csekély mértékben kisebb térfogatra összeszorítani (pl. a közönséges



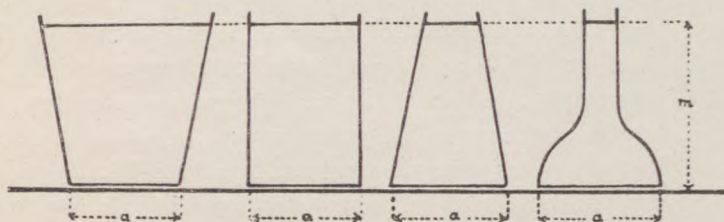
hőmérsékletű víz 1 légköri nyomás folytán térfogatának csak  $0.000046 = 46$  milliomod részével kisebbedik meg). Ez az összeszorítás ellenében mutatkozó nagy ellenállás a folyadékok igen nagy rugalmasságáról tanúskodik. Minthogy pedig a folyadék részecskéi egymáshoz képest igen mozgékonyak: *a folyadékokra gyakorolt nyomás a folyadék belsejében egyenletesen terjed el* (Pascal törvénye), s ha a nyomás folytán a térfogat bármily csekély mértékben kisebbedik, ez által az összes molekulák egymástól való közep-távolsága fog valamelyest csökkenni. De az összenyomás ellenében a folyadék rugalmassága folytán (a mozgás 3-ik törvénye: a visszahatás értelmében) ugyanakkora, de ellentétes irányú nyomás fejlődve ki: *az összenyomott folyadék az edény falaira köröskörül egyenletes nyomást fog gyakorolni*, mely nyomás ( $P$ ) a folyadéknak nyomás alatt álló felületével egyenlő edényfelületekre (27. ábrán a  $P$  erővel nyomott  $E$  felülettel egyenlő  $F$ ,  $G$  és  $H$  felületekre) egyenlő (egyenként  $P$ ) lesz; kétszer — tízszer akkora falfelületre kétszer — tízszer akkora.

**Hydraulikus sajtó.** A fenti tételen alapul a *Brahma-féle vízsajtó* vagy *hydraulikus sajtó* (28. ábra) működése, melynek révén a rendelkezésünkre álló erővel igen nagy nyomásokat létesíthetünk. A vízsajtó szerkezete és működése a 29-ik ábrából jól megérthető.  $CDEF$  edényből  $A$  dugó alá vizet (vagy más jól záró folyadékot pl. glycerint) szivattyúzunk s ezt a szivattyú dugójával bizonyos erővel hajtjuk át az összekötő cső révén a tágasabb  $B$  edénybe. Itt a folyadék felszínére pontosan illeszkedő erős dugó nehezedik, melyet az alája szivattyúzott és nyomott folyadék az  $A$  dugó lefelé végzett útjánál annyszorta lassabban fog felfelé emelni, a hányszorta nagyobb keresztmetszetű a  $B$  dugó az  $A$ -nál. A  $B$  dugó ezen felfelé való mozgása által a közéje és a szilárd keret közé helyezett testre igen nagy nyomást gyakorolhatunk, annyszorta nagyobb, a hányszorta nagyobb felületen érintkezik a  $B$  dugó az összenyomott és kiterjedni törekvő folyadékkal, mint a mekkora felülettel érintkezik az  $A$  dugó; ha például a  $B$  dugó felülete 25-ször akkora, mint az  $A$  dugóé, akkor az  $A$ -ra alkalmazott minden 1 kilogramnyi nyomásnál 25 kilogramnyi nyomása lesz a  $B$ -nek, ha nem engedjük feljebb mozdulni, vagyis hogy egyensúlyban (mozdulatlanul) maradjanak a dugók, az  $A$ -ra 1 kilót és a  $B$ -re 25 kilót, vagy az  $A$ -ra 10 kilót és a  $B$ -re 250 kilót kell alkalmazni. Természetesen munkanyereség itt sincs; ezért ha  $A$  1 cm-t halad lefelé, a fenti méretek esetén  $B$   $\frac{1}{25}$  cm-rel nyomul előre. Némely hydraulikus sajtóban csavarral történik a folyadék (glycerin) összeszorítása a kívánt nyomás létesítése céljából.

**Feneknyomás.** Mert az összenyomott folyadék által az edény falának különböző nagyságú részeire gyakorolt nyomások arányosak a falfelületek nagyságával, de függetlenek a folyadék mennyiségétől: ezért különböző tömegű folyadékokkal egyenlő nagyságú fenékterületekre egyenlő nyomásokat gyakorolhatunk, csak arról gondoskodjunk, hogy ugyanaz a folyadék az egyenlő ( $a$ ) fenekű edényekben egyenlő magasan álljon, a mint a 30. ábra



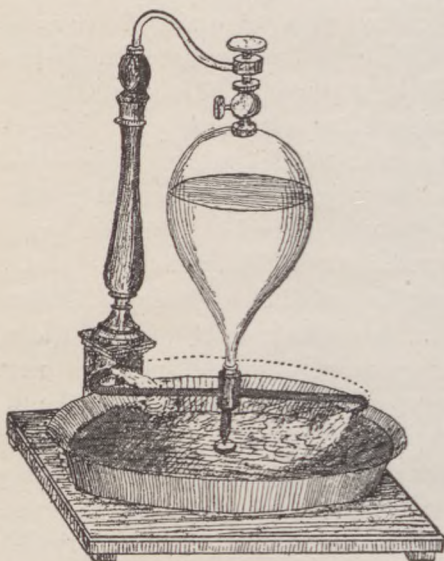
is mutatja, a hol az első edényben a legtöbb, az utolsóban a legkevesebb folyadékkal ugyanakkora fenéknyomásokat létesíthetünk, ha ugyanazt a folyadékot egyenlő magasan öntjük azokba. A fenéknyomást mindegyikben megkapjuk grammokban, ha a fenékterületet ( $a$ ) négyzetcentiméterekben



30. ábra.

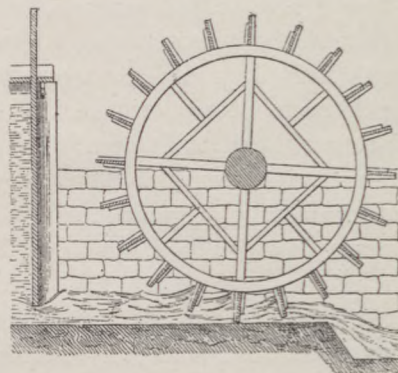
mérve, szorozzuk a folyadék függélyes magasságával ( $m$ ) centiméterekben mérve és a folyadék fajsúlyával (víznél 1, tiszta borszesznél 0.8, higanynál 13.6 stb.).

Ezen alapul a *Real*-féle sajtó; ezen alapul a szűréseknél (perkolálásnál) a folyadék átszűrésének s a növényi részek kivonásának gyorsítása az által, hogy a folyadékot magasan öntjük fel.



31. ábra.

**Oldalnyomás.** A folyadék az edény oldalfalaira is nyomást gyakorol. E nyomást megtöltött nagy víztartókon (hordókon) jól megfigyelhetjük, a hol a gyengén álló vakcsapot vagy az oldalfalon alkalmazott dugót — ha gyen-



32. ábra.

gén van az beverve — ki is lökheti a folyadék nyomása. Ha pedig tengelye körül forogható és alul zárt üres edényt vízzel megtöltünk (31. ábra) és a feneke felett lévő egy vagy több elzárt nyílást megnyitjuk, a víz a nyílásokon annál nagyobb erővel (nyomással) folyik ki, minél magasabban áll a víz szintje a nyílás felett. De ugyanekkor a henger a

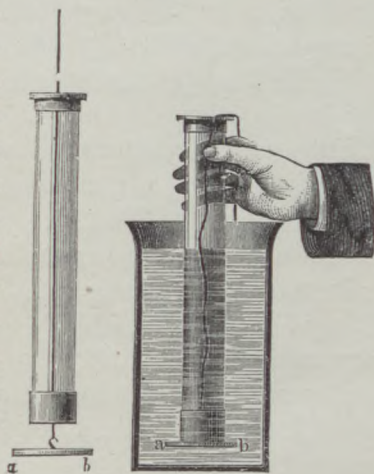


vízszög irányával ellenkező irányban forogni kezd. Ennek oka az, hogy a nyomás a folyadékban egyenletesen terjedvén el, ha egy ponton az edény folyik, itt a nyomás megszűnik (illetőleg a vizet hajtja ki); az edény falának ezzel a nyílással szemben lévő pontján azonban a nyomás az edény falára megmaradt és a könnyen forogható edényt forgó mozgásba hozza. Ezen alapul a *Segner-féle* kerék, melylyel szökőkutakon igen csinos jelenségeket idézhetünk elő, valamint a *turbinák* és *vízi kerekek*, is (32. ábra), melyekben az egyoldalú nyomást gépek mozgására alkalmazzuk.

A függélyes oldalfalra gyakorolt nyomás minden egyes pontra egyenlő lévén a nyomott pontnak (mint területnek) a felette lévő folyadék függélyes magasságával és fajsúlyával való szorzatával, az összes oldalnyomás egyenlő lesz az oldalfelületnek a folyadék közepes (fél-) magasságával és a fajsúlylyal való szorzatával, tehát éppen félakkora, mint ugyanakkora fenékre gyakorolt nyomás. Kifelé hajló oldalfalra a nyomás arányosan növekedik és közeledik a fenéknymomás értékéhez, befelé hajló oldalfalra ellenben csökken és közeledik a nullához.

Az edény összes falaira gyakorolt s részben ellentétes nyomások egymást egyensúlyozzák és így bár ugyanaz a folyadéktömeg más és más alakú edényekben igen különböző fenék- és oldalnyomásokat létesíthet, mégis a mérlegen bármely letárált edényben mérve egyenlőnek találjuk a folyadék súlyát, mely nem más, mint a folyadék által az edény összes falaira gyakorolt összes nyomások eredője, mely ugyanazon folyadéktömegre állandó.

**Felfelé irányuló nyomás.** A folyadék minden részecskéje egyensúlyban van. Ebből következik, hogy alulról épp akkora nyomásnak van kitéve mint felülről. E szerint a felfelé irányuló nyomás sem más, mint a nyomott lap területe szorozva a felette lévő folyadékoszlop magasságával és fajsúlyával. Legegyszerűbb bizonyíték erre egy lámpaüveg vagy tág üvegcső (33. ábra), melynek egyik nyílását egy vékony fonál (erős czérna) segélyével egy kártyalappal, vagy igen vékony és könnyű ebonitlappal elzárjuk s így vízbe nyomjuk; a víz felfelé irányuló nyomása a lapot az üvegcylander nyílásához szorítja s így a víz nem tud belemenni; ha most lassanként vizet töltünk a lámpaüvegbe, úgy találjuk, hogy a lap akkor esik le a cső nyílásától, a mikor a betöltött víz szintje egy magasságba ér a külső víz szintjével, vagyis ha a lefelé irányuló nyomás akkora lett, mint a felfelé irányuló.



33. ábra.



**Közlekedő edények.** *B* és *C* edények (34. ábra) egymással egy csatorna révén közlekednek; *B*-be vizet töltünk, s ez a csatorna révén átfolyik *C*-be, a hol ugyanazon vízszintes magasságig emelkedik mint *B*-ben; három vagy több közlekedő edényben hasonló tapasztalunk. A magyarázat egyszerű; a folyadékban mindenütt egyensúly van, tehát az összekötő csatorna *A* keresztmetszetén is; ez pedig csak úgy lehet, hogy reá mindkét oldalról egyenletes a folyadék nyomása, a mi — egyazon folyadék lévén mindkét edényben — csak egyenlő folyadékmagasság esetén lehet. Ha pedig az edényekbe (35. ábra) előbb higányt s aztán az egyik edénybe *B*-ig vizet töltünk, az a higányt *B* csőben *E*-ig, a másik csőben pedig ennél feljebb (tehát nem *D*-ig, hanem *C*-ig) szorítja; itt is egyensúly lesz *A* keresztmetszetnél, jelölve, hogy az mindkét edény felől egyenlő nyomásokat kap, a mi csak akkor lehet, ha *E* fölött a vízoszlop magassága (*BE*) annyiszorta nagyobb ez *E*-vel egyenlő vízszintes sík (*D*) felett mért (*CD*) higanyoszlop magasságánál, a hányszorta kisebb a víz fajsúlya (1) a higánynál (13.6). Tehát közlekedő edényekben a nem keveredő folyadékok magasságai — a két nem keveredő folyadék érintkezési síkjától számítva — fordítva aránylanak mint fajsúlyaik.

A közlekedő edények törvényén alapulnak a vízvezetékek, melyek csöveiben a víz ugyanakkora magasságig igyekszik emelkedni, mint van a közös víztartóban. Ugyancsak azon alapulnak a szökőkútak, melyek felszökő sugara igyekszik a víztartóban lévő víz szintjéig emelkedni.

**Archimedes elve.** Ha folyadékban valamely szilárd testet elmerítünk, az *súlyából annyit veszít, mint a mennyi a test által helyéből kiszorított folyadék súlya*, teljes elmerítésnél tehát a súlyvesztés a testtel egyenlő térfogatú folyadék súlyával lesz egyenlő.

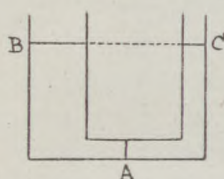
Ez könnyen érthető (36. ábra), mert a folyadék által a test oldalaira gyakorolt ellentétes irányú nyomások egymást ellensúlyozzák, de a test fölött lévő folyadéknak a test felső lapjára gyakorolt s lefelé irányuló nyomása kisebb lesz, mint a test mélyebben lévő alsó lapjára a folyadék által gyakorolt s felfelé irányuló nyomás. Ugyanis a lefelé irányuló nyomás a fenéknymás elve szerint *CDEF* folyadékoszlop súlya lesz, a felfelé irányuló nyomás pedig *ABEF* folyadékoszlop súlya; ebből levonva a lefelé irányuló kisebbet:  $ABEF - CDEF = ABCD$  folyadékoszlop súlya lesz a nyomások felfelé irányuló eredője, vagyis az elmerült testtel egyenlő térfogatú folyadék súlya. Ennyit veszít súlyából az elmerült test.

**Úszás.** Az Archimedes-féle tétel alapján a folyadéknál nagyobb fajsúlyú tömör testeknek még az elmerülés után is marad súlyuk s így fenékre szállanak. A folyadékkal egyenlő fajsúlyú tömör testek a folyadékban súlytalanokká lesznek s így annak bármely rétegében szabadon lebegnek, mintha csak a folyadék részei volnának. A folyadéknál kisebb fajsúlyú tömör testek a folyadék felszínén úszni fognak, vagyis nem merülnek el teljesen, hanem csak annyira, míg súlytalanokká lesznek, vagyis annyi

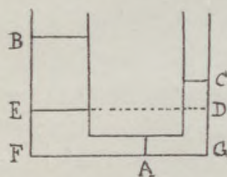


folyadékot szorítottak ki, melynek súlya egyenlő saját súlyukkal. Tehát az úszó test annál mélyebbre merül, minél nagyobb a fajsúlya; vagy pedig minél kisebb a folyadék fajsúlya. A folyadéknál nagyobb fajsúlyú testek is úszhatnak, ha belől üresre készítjük (pl. bedugaszolt üres palaczk, üres vashordó vagy üres zárt vashenger), valamint akkor is, ha kellő alakváltoztatással nagyobbá teszszük a felületüket, hogy több folyadékot szorítsanak ki (csónakok, hajók, melyet még sok testet is birnak, a nélkül, hogy elmerülnének).

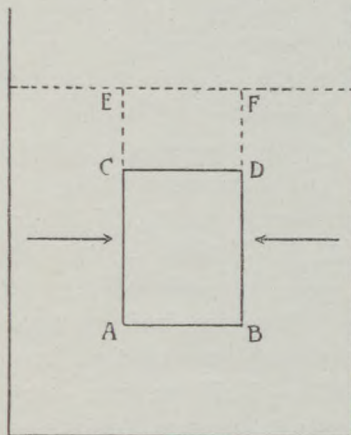
**Szilárd és cseppfolyós testek fajsúlyának megállapítása.** E végett a test súlyát a mérlegen megmérjük grammokban, aztán az Archimedes-féle elv alapján megmérjük térfogatát köbcentiméterekben, meghatározván annak vízben való elmerítésekor mutatkozó súlyvesztését, s a hány gramm lesz



34. ábra.



35. ábra.



36. ábra.

ez, annyi köbcentiméter a test térfogata, minthogy minden egyes köbcentiméternyi test egy köbcentiméternyi, vagyis egy gramm vizet szorított ki helyéből. Ha aztán a test súlyának grammjait a test ily módon megállapított térfogatának köbcentimétereivel elosztjuk, a hányados egy köbcentiméternyi test súlya lesz grammokban, vagyis a keresett fajsúly.

Az eljárás következő lehet:

**Szilárd testnél.** A szilárd test egy vagy több darabját (esetleg porát is) megmérjük, hogy hány gramm (például üvegdarabkákat, melyek súlya mondjuk: 5.25 gr.); aztán kézbe veszünk egy pontosan köszörült üveg dugójú kis palaczkot vízzel telve, hogy a dugó alatt buborék ne legyen; ezt is ugyanarra a csészére állítjuk, a melyen a már ismert súlyú szilárd test van és azzal együtt kitaráljuk (legyen például az együttes súly; 32.54 gr.); aztán kiveszszük a palaczk dugóját s beleteszszük a szilárd test darabjait (porát) s utána a dugót, vigyázva, hogy levegőbuborék ne maradjon alatta; kívül szárazra törölve meg, ismét a mérlegre állítjuk s újból megmérjük; most kevesebb lesz, mint volt előbb, mert a palaczkba tett szilárd test vele



egyenlő térfogatú vizet szorított ki abból (pl. a súly most a felvett példánál: 30·43 gr. lesz); a súlykülönbség mutatja a kiszorult víz súlyát grammokban s mert 1 gramm víz térfogata (+ 4<sup>o</sup>-on, melyen a kísérlet végrehajtandó volna) éppen 1 köbcentimeter: a kiszorult víz súlya gr-okban a test térfogatát köbcentiméterekben mutatja (a mi példánkban  $32\cdot54 - 30\cdot43 = 2\cdot11$  k. c.); ezzel osztva a test súlyát, kapjuk 1 ke-nyi test súlyát gr-okban, vagyis a fajsúlyt (a mi esetünkben  $5\cdot25 : 2\cdot11 = 2\cdot488$  lesz az üveg fajsúlya).

Vízben oldható test fajsúlyának meghatározásánál oly folyadékot alkalmazunk, melyben a test oldhatatlan; de itt a kiszorult folyadék súlyát előbb osztani kell a folyadék ismert fajsúlyával, hogy a test térfogatát megkapjuk, melylyel aztán a test súlyát osztjuk. (Példánkban víz helyett borszeszt alkalmazva, legyen a súlyvesztés vagyis a kiszorult borszesz súlya: 1·688 gr.; ezt osztva a borszesz fajsúlyával 0·8-del,  $1\cdot688 : 0\cdot8 = 2\cdot11$  lesz a borszesznek, tehát a testnek is a térfogata; ezzel osztva a test súlyát  $5\cdot25 : 2\cdot11 = 2\cdot488$  a fajsúly, tehát ugyanaz, mint vízzel dolgozva.)

*Cseppfolyós testnél.* Üveg dugós, kívül-belül száraz kis palaczk (u. n. piknometer) súlyát megmérjük (pl. 17·63 gr.) s aztán megtöltjük az illető folyadékkal (pl. borsszeszszel) úgy, hogy a dugó alatt levegőbuborék ne maradjon és megmérjük (pl. 27·05 gr.), a két mérés különbsége a folyadék súlya lesz ( $27\cdot05 - 17\cdot63 = 9\cdot42$  gr. a borszesz súlya); most a palaczkot kiürítjük, lepárolt vízzel jól kiöblítjük, vízzel teletöltjük és megmérjük (pl. 29·40 gr.); levonva ebből az üres palaczk súlyát, kapjuk a palaczkot kitöltő víz súlyát grammokban, vagyis a térfogatot köbcentiméterekben ( $29\cdot40 - 17\cdot63 = 11\cdot77$  gr. víz, vagyis ugyanannyi köbcentimeter); ezzel a folyadék súlyát elosztva, kapjuk a fajsúlyt ( $9\cdot42 : 11\cdot77 = 0\cdot8$  a borszesz fajsúlya).

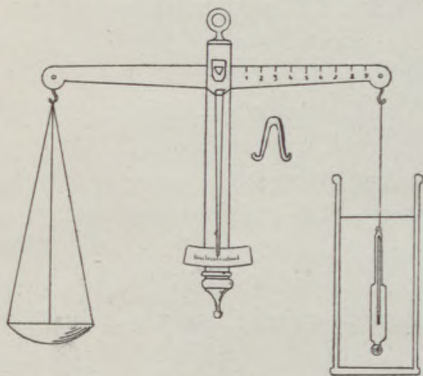
Alkalmasan berendezett mérlegekkel (pl. *Mohr*-féle, *Westfahl*-féle stb.) piknometer nélkül úgy dolgozunk, hogy a mérleg egyik csészéje helyére, igen vékony huzalra kötve, felfüggesztünk egy rövid és széles üveghőmérőt s egyensúlyba hozzuk (37. ábra). Ekkor alája helyezünk egy üvegpoharat (hengert) az illető folyadékkal telve, hogy a hőmérő teljesen elmerüljön benne. A súlyvesztés — tehát a kiszorult folyadék súlyát — megállapítjuk (pl. borsszeszben legyen az: 9·24 gr.); aztán a poharat kiürítjük, kiöblítjük és vízzel megtöltjük, ebben a súlyvesztés — vagyis a kiszorult víz súlyát megint megmérjük (pl. legyen az: 11·55 gr.); ez utóbbi egyuttal a hőmérő térfogatát s az általa kiszorított borsszesznek a térfogatát is mutatja köbcentiméterekben és így vele osztani kell a kiszorult folyadék súlyát, hogy megkapjuk a fajsúlyt (példánkban  $9\cdot24 : 11\cdot55 = 0\cdot8$  a borszesz fajsúlya). Ha oly felrakható (*P*) súlyaink vannak, melyek a hőmérő vízben való súlyvesztésével, továbbá annak  $\frac{1}{10}$ -ével,  $\frac{1}{100}$ -ával és  $\frac{1}{1000}$ -ével egyenlők, akkor a fajsúlyt számítás nélkül megkapjuk; ugyanis a hőmérőt az illető folyadékban elmerítve, ugyanazon mérlegkar osztályzataira rakjuk fel a súlyokat, míg beáll az egyensúly; a teljes *F* súly a horogra akasztva 1 egészet jelent, az 1—9



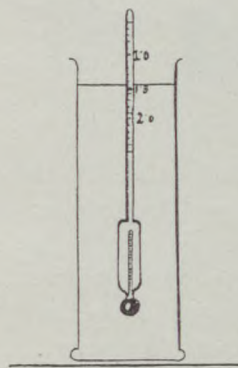
osztályvonásokon 0,1—0,9-et, tehát az első tizedes jegyek értékét mutatja; az  $\frac{1}{10}$ ,  $\frac{1}{100}$  és  $\frac{1}{1000}$ -részní súlyok pedig a 2-ik, 3-ik és 4-ik tizedes jegyeket jelzik.

Még egyszerűbb az eljárás az ú. n. *úszó sűrűségmérők* (areometer-ek) használatánál. Ezek az úszás elvén alapuló s rendszerint hőmérővel ellátott, belül üres üvegesövek, melyek a hígabb folyadékba mélyebben merülnek, mint a sűrűbben; vékony szárukon már kész (és tapasztalatilag megállapított) osztályzat van, melynek a folyadék szintjét érintő osztályvonásán közvetlenül a fajsúlyt olvashatjuk le (38. ábra). Ez areometerek alkalmazásánál a folyadék hőmérsékletét ellenőrizni és arra a hőfokra kell beállítani, a mely az eszközön mint alkalmazandó hőfok meg van jelölve.

Készítenek *százalekos sűrűségmérőket* is; ezek nem a fajsúlyt, hanem a fajsúlynak megfelelő százaléktartalmat mutatják. Ilyen pl. a *szeszmérő* = *alkoholometer*, mely valamely vízből és borszeszből álló folyadék százalekos



37. ábra.



38. ábra.

borszesztartalmát mutatja; a *czukormérő*, mely a vízben oldott czukor százaléktartalmát mutatja; a *mustmérő*, mely a must czukortartalmát jelzi, stb. stb.

Régi idők óta használatosak a *Beaumé-féle* (olv. Bómé) sűrűségmérők, melyek a víznél nagyobb és annál kisebb sűrűségű folyadékok sűrűségét *Beaumé-fokokban* mutatják. Ez a sűrűbb folyadékokra úgy készül, hogy a sűrűségmérőt tiszta vízben úsztatják s a bemerülés pontját 0-val jelölik rajta; azután 15%-os kősóoldatba teszik s a bemerülési pontot 15-tel jelölik meg; a két pont közti távolságot 15 részre osztják s a fokokat még a 15-ön alúl tovább folytatják. A víznél hígabb folyadékhöz való sűrűségmérő pedig így készül: Az eszközt 10%-os kősóoldatba téve, az oldat szintjét az eszközön 0-val jelölik meg; azután vízbe teszik s ennek szintjét 10-zel jelzik; a két pont közti távolságot 10 részre osztják s folytatják feljebb a 10-en felül egész 40-ig.

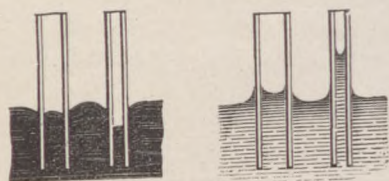
**Tapadás és hajcsővesség.** A legtöbb folyadékra tapasztaljuk azt, hogy szilárd testekkel érintkezvén, azokat megnedvesítik, azokhoz tapadnak; pl. a



víz, borszesz, aether stb. tapad az üvegpalczkához, mert ha ki is üritjük azt, nedves marad belül a hozzátapadó folyadéktól. Ezt a tapadást némely folyadék nem mutatja; pl. a higany nem tapad az üveghez, porcellánhoz.

E jelenség magyarázatául felvesszük, hogy a víz, borszesz s általában a tapadó folyadékok közt egyfelől és a szilárd test közt másfelől fellépő tapadás (adhaesio) nagyobb, mint a folyadék molekulái közt működő összetartás (cohaesio); viszont a nem tapadó folyadékban az összetartás nagyobb, mint a közte és a szilárd test részecskéi közt fellépő vonzás (adhaesio).

Ez a jelenség másképpen is nyilvánul (39. ábra). Nevezetesen a tapadó folyadék szűk csövekben magasabbra emelkedik, mint a velők közlekedő tágasabb edényekben; annál magasabbra, minél szűkebb a cső (hajszálcso);



39. ábra.

de felszíne is az ilyen csövekben megfelelően homorúbb, vagyis a széleken a csőhöz simuló. Nem tapadó folyadék ellentétesen viselkedik, tehát annál mélyebbre húzódik le s annál domborúbb felszíne lesz, minél szűkebb a cső.

A víznek a talajban, falakban felfelé vándorlása, a szivacsnak, itató papirosnak, lámpabélnek stb. szívó képessége mind a hajcsöves tapadás következménye, sőt a folyadékoknak az élő szervezetekben (pl. növényi szövetekben) való vándorlásában szintén jut e jelenségnek bizonyos szerep.

Egyébiránt minden nyugalomban lévő folyadék felszínén megfigyelhető bizonyos lefelé irányuló felületi feszültség, mely a folyadék felszínén lévő részecskéket nagyobb erővel szorítja lefelé, mi által a folyadék felszíne idegen testek behatolásának mintegy ellenszegül; így látjuk ezt a víz felszínén csuszkáló bogarakon, vagy az óvatosan víz színére fektetett varrótű úszásán, mely nagyobb fajsúlya mellett sem győzi le a víz felszínén mutatózó s a behatolásnak ellenálló felületi feszültséget.

**Átszivárgási jelenségek.** A folyadékok likacsos választófalakon (pl. hártyákon is) átszivárogni képesek; ezt a jelenséget *diosmosis*-nak mondjuk. Az átszivárgás annál élénkebb, minél nagyobb a választófal és a folyadék közt a tapadás.

Számos folyadék, ha összerázzuk, *keveredik* egymással; az ilyenek még ha fajsúlyaik szerint egymás fölé rétegezzük is, átömlenek lassanként egymásba. Ezt a jelenséget *diffusio* névvel jelöljük. Az egymással nem keveredő folyadékok (pl. víz és olaj) közt nyilván kisebb a tapadás (adhaesio), mint a folyadékok egynemű részesekéit összetartó cohaesio. Keveredő folyadékokban ellenben a cohaesio kisebb, mint a tapadás.

Ha átszivárogtatásra alkalmas hártyával (vagy hólyagpapirossal) két oly folyadékot választunk el egymástól, melyek egyike oldat, másika pedig maga az oldószer, akkor az oldatból nemcsak az oldószer fog átszivárogni, hanem a feloldott test is az esetben, ha az kristályosítható (crystalloid);



ellenben ha az oldott test nem kristályosítható (colloid), akkor ez nem szívárog át. E jelenség (*dialysis*) alapján a közös oldatban lévő crystalloid és colloid testek különválaszthatók egymástól, úgy, hogy a közös oldatot hólýagpapirossal átvont szítakéregbe öntjük s az oldószerbe állítjuk (pl. vízbe); a crystalloid test átszívárog az oldószerbe (vízbe), melyet többször megújítva, végül a szítakéregben csak a colloid test oldata marad vissza. (Így választható el a kevés vaschloridban oldott colloid vashydroxid oldata a kristályosítható chlorammoniumtól, miért is *ferrum oxydatum dialysatum*-nak nevezték el.)

### Légnemű testek. (Gázok és gőzök.)

**Terjedősség, összenyomhatóság.** A légnemű testeket legjobban az jellemzi, hogy sem önálló alakjuk, sem határozott térfogatuk nincs; ezek a hőmérséklet változásaival igen nagy mértékben változtatják térfogatukat, de csekély nyomással is összeszoríthatók. Különben csak mindenfelől zárt edényben tarthatók el, mert a tért határtalanul kitölteni igyekeznek, vagyis *terjedősek*.

Ez abból magyarázható, hogy a gázokban a cohaesio hatása elenyésző csekély a taszító erő (a hő) hatásával szemben.

Egyébként a gázok sok tekintetben úgy viselkednek, mint a folyadékok; így nevezetesen az összenyomott gázban a nyomás egyenletesen terjed el s az összenyomott gáz által az edény falaira gyakorolt visszaható nyomás egyenletes lesz. Az összenyomott gáz is igyekszik kiterjedni, még pedig a reágyakorolt nyomással arányosan mind nagyobb erővel, s ha a nyomást csökkentjük, megfelelő mértékben visszaveszi a gáz előbbi térfogatát.

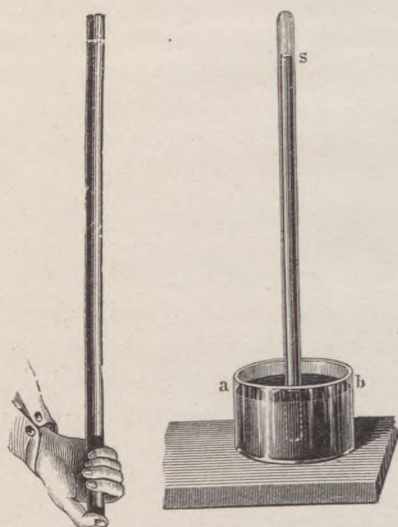
**Feszítő erő. Rugalmasság.** Az összenyomott gáznak kiterjedési törekvése az edény falaira gyakorolt nyomásban nyilvánul; ezt mondjuk a gáz *feszítő erejének*. Ebből az is következik, hogy a gázok rugalmasak, de rugalmasságuk, vagyis az összenyomás ellenében kifejtett ellenállásuk kisebb mint a folyadékoké. Ezzel szemben viszont a gázok részecskéinek mozgékonyasága csaknem határtalan.

**Archimedes elve.** A nyomás egyenletes elterjedése a gázokban felfelé ható nyomást is eredményez, a miből következik, hogy az Archimedes-féle elv a gázokban is érvényesül; tehát a gázokban (pl. a levegőben) lévő testek annyit veszítenek súlyukból, a mennyi az általuk kiszorított gáz (levegő) súlya. Sűrűbb gázokban tehát nagyobb lesz a testek súlyvesztése mint a ritkábbakban. Egy liter közönséges hőmérsékletű levegő súlya 1.29 gramm lévén, a hány liternyi valamely test, annyiszor 1.29 gr-al lesz a levegőben könnyebbé. Minthogy pedig egy liter hydrogen-gáz súlya alig 0.09 gramm, levegőben szenvedett súlyvesztése pedig 1.29 gramm, belátható, hogy egy liternyi hydrogen-gáz ( $1.29 - 0.09 =$ ) 1.2 gr-nyi súlyú testet képes a levegőben lebegve tartani. Ezen alapul a mai léghajózás hydrogen-gázzal

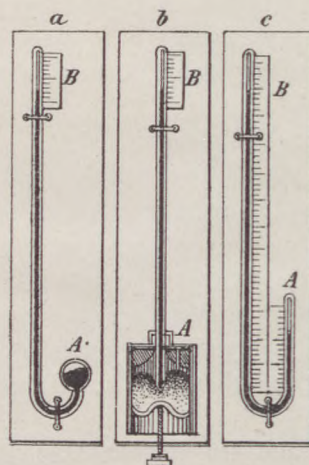


megtöltött gömbök segélyével, melyek a teherrel együtt oly magasra képesek felszállani, a mely magasságban a felfelé ritkuló levegőben éppen egyensúlyba jönnek, vagyis éppen a saját súlyukkal egyenlő súlyú levegőt szorítanak ki helyéből. Hydrogen-gáz helyett használható a világító gáz is, de ez sűrűbb lévén, jóval kisebb az emelő képessége.

**Levegő nyomása. Barometer.** Ha levegővel csak részben megtöltött, tehát ránczos, de jól bekötött szájú hólyagot a levegőritkító szivattyú harangja alá helyezünk, az ott kifeszül, — tehát a levegő benne most nagyobb erővel terjed ki, a miből következik, hogy előbb valami nyomás összeszorította; e nyomás a *légkör* (athmosphaera) *nyomása*. A levegő ugyanis, mely legalább 80–90 kilométernyi magasságig környezi a föl-



40. ábra.



41. ábra.

dünet, súlyos test lévén, nyomást gyakorol a földre, mely nyomás nagyságát grammokban megkapjuk, ha a föld felületét megmérjük négyzetcentiméterekben, és ezt a levegőnek centiméterekben mért magasságával és közepes fajsúlyával szorozzuk. Az eljárás ugyanaz volna, mint a folyadékok fenéknomásának kiszámítása. Úgyde a levegő magasságát még senki el nem érhetette, és így azt csak becsüljük, de mérni nem tudjuk. Ugyanez okból közepes fajsúlyát se mérhetjük meg, csak azt tudjuk, hogy felfelé mindinkább ritkul, mert kevesebb és kevesebb levegő nyomása alatt áll. Van mégis egy egyszerű eszközünk, melylyel pontosan megmérhetjük bárhol a levegő nyomását, és ez a *barometer* (légsúlymérő).

A barometer *Toricelli*-nek egykori kísérletén alapul, melyet úgy végezhetünk, hogy egy 8 deciméternyi hosszúságú és egyik végén zárt üvegcsövet higanynyal teletöltünk, nyitott végét ujjunkkal befogjuk és higanyt tartalmazó tág csészébe fordítjuk bele (40. ábra). Ha ujjunkat elvesszük, a



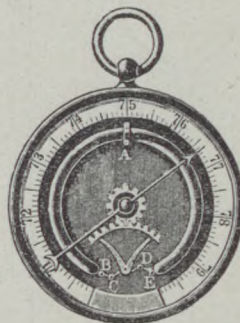
higany a csőből nem fog kifolyni, csak lejjebb száll és az alsó higany-felszinnél mintegy 76 centimetryni függélyes magassággal áll feljebb; fölötte a csőben pedig teljesen üres tér marad, a miről meggyőződhetünk a csőnek óvatos félre hajlítása által, a midőn a higany (a kisebbített függélyes magasság folytán) a csövet teljesen kitölti.

A higanyt a csőbe a külső levegőnek a csészében lévő higanyra gyakorolt nyomása szorítja fel. A 76 cm. magas higanyoszlop nyomása tehát megfelel a levegő nyomásának, melylyel egyensúlyt tart. A 76 cm. magas higanyoszlop nyomása pedig 1 négyzetcentimetryni területre (a fenéknomás elve szerint) annyi, mint a nyomott terület ( $1 \text{ cm.}^2$ ), szorozva a folyadék magasságával (76 cm.) és a folyadék (higany) fajsúlyával (13.6) vagyis  $1 \times 76 \times 13.6 = 1033$  gramm, tehát 1 kilogramm és 33 gramm. Ennyi a levegőnek a nyomása is a földszínek minden egyes négyzetcentimetryni területére, a tengerszine magasságában (ez a magasságmérések kiinduló pontja) középértékben, mert helyenként a hőmérséklet ingadozása szerint s a levegő állandó áramlása folytán ingadozik; a tengerszinnél magasabb pontokon pedig fokozatosan csökken.

A barometer-csővön lévő vagy mögötte alkalmazott beosztás csak akkor mutat helyesen, ha az osztás 0 pontját a higany alsó felszínéhez állítjuk be, továbbá ha a barometer függélyesen (tehát szabadon) lóg és ha a higany fölött a csőben tényleg nincs levegő. Ha oda levegő kerül be, a higany megfelelően lejjebb száll, s ha a levegőt szabadon beengedjük a higany fölé, az teljesen alászáll a külső higany szintjéig. Pontos barometer-leolvasásoknál (a mi milliméterekben történik) még a hőmérsékletet is figyelembe vesszük és 0 fokra számítjuk át (redukáljuk) a barometer állását, mert a melegebb higany kisebb fajsúlyú és így a csőben magasabban áll, mint a 0 fokú.

A higanyos barometer sokféle alakja közt leggyakoribb a körtés barometer (41. ábra a), a hol a barometer-cső alsó vége felfelé hajlik és nyílt gömbben (körtében) végződik, a mi a higanyos csészét helyettesíti. Használatos még az edényes (41. ábra b) és a szivornyás barometer (41. ábra c), melynek felfelé hajlított nyílt szárában a higany fordítva emelkedik és süllyed, mint a hosszabb zárt szárában.

*Aneroid barometereknek* mutatóval ellátott oly szerkezeteket nevezünk, melyek higanyt vagy általában folyadékot nem tartalmaznak. Ilyen pl. a Bourdon-féle (42. ábra), melyben egy vékony falú s üresre szivattyúzott, tehát levegőt sem tartalmazó (léghijas) zárt görbe fémcső alakváltozásai mutatják az uralkodó levegőnyomást. A cső ugyanis a görbület külső oldalán nagyobb fölületű, mint a görbület belső oldalán és így a külső oldalára nagyobb lévén a reá nehezedő légnyomás, annál erősebb ívben hajlik meg,



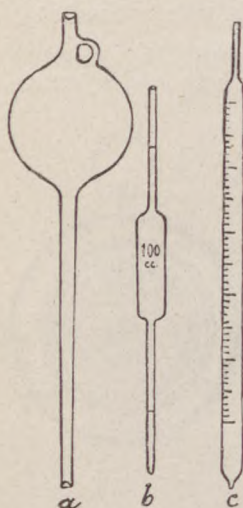
42. ábra.



minél nagyobb a levegő nyomása. Ez alakváltoztatást egy fogazott, könyökös emelő átviszi egy fogaskerékre és az ezzel összekapcsolt hosszabb mutatóra, melynek hegye a körosztáson a levegő nyomását mutatja milliméterekben. A beosztás egy jó higanyos hőmérővel való összehasonlítás alapján készül és időnként ellenőrizendő.

A barometer nemcsak a levegőnyomás ingadozásait mutatja meg, de magasságmérésekre is felhasználható, mert a levegő nyomása a magassággal bizonyos arányban csökken. Ezenkívül az időjárással is bizonyos összefüggésben áll, mert magas nyomású helyeken rendesen szárazabb idő, kis nyomású helyeken csapadékos idő a valószínű.

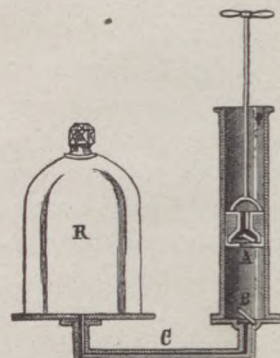
**Térfogat és nyomás viszonya.** Ezt a *Boyle-Mariotte*-féle törvény szabályozza; ez így szól: »Nem változó hőmérsékleten ugyanazon gáztömeg térfogata fordítva arányos a rá ható nyomásokkal»:  $V : V' = P : P'$ , vagy  $VP = V'P'$ , tehát a térfogat és a nyomás szorzata állandó. Például az a levegő, mely



43. ábra.



44. ábra.



45. ábra.

egy légköri nyomás alatt egy liter, 2, 3, 4 . . . légköri nyomások alatt  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{3}$ ,  $\frac{1}{4}$  . . . liter lesz; ellenben  $\frac{1}{2}$  légköri nyomás alatt 2 liter és így tovább. Erdekes, hogy minden gáz — kémiai alkatára való tekintet nélkül — egyformán viselkedik, a mi abból a feltevésből magyarázható, hogy egyenlő nyomású és hőmérsékletű gázok egyenlő térfogataiban az önálló részecskék (molekulák) száma egyenlő (*Avogadro* tétele).

**Levegő nyomásán alapuló készülékek.** Ilyenek a lopók, szivornyák, ritkító és sűrítő szivattyúk, fecskendők, permetezők stb.

A *lopó* folyadékok kiemelésére szolgál (43. ábra); oly (üveg-) edény ez, melynek hosszabb, nyílt csövét a folyadékba bocsátjuk, rövidebb, nyitott csövét (vagy csücskét) szájunkba vesszük s kiszívjuk az edényből a levegőt; a milyen arányban történik ez, olyan arányban hajtja be a folyadék szintjére nehezedő levegőnyomás a folyadékot a lopóba. Ha a lopó szívó nyílását ujjunkkal jól befogjuk s a lopó alsó szárán lévő nyílás elég szűk, kiemel-



hetjük a lopót a folyadékból a nélkül, hogy a folyadék a lopóból kifolyna, mely csak akkor kezd folyni, ha ujjunknál levegőt engedünk a lopóba. Vannak mérő-lopók (pipetták) is (43. ábra *b*), melyekkel — ha a felső száron lévő jelig állítjuk be a folyadék szintjét — bizonyos térfogatú folyadékot mérhetünk le; sőt vannak osztályozott lopók is (43. ábra *c*), melyekből egész vagy tizedrész köbcentimeterenkint engedhetjük le a folyadékot.

A szivornya meghajlított gummicső vagy görbe üvegcső (44. ábra), melynek egyik (rendszerint rövidebb) szárát a lebocsátandó folyadékba eresztjük, másik (rendszerint hosszabb) szárán át a levegőt kiszívjuk, a midőn a szivornya folyadékkal megtelik s a szabad végén át mindaddig folyik, míg csak másik szára a folyadék szintje alatt van és nyitott vége (kifolyási nyílása) mélyebben van, mint a lebocsátandó folyadék szintje. Ugyanis a folyadék szintjéig a szivornya rövidebb szívó-szárában lévő folyadékkal az edényben ugyanoly magasságig lévő folyadék tart egyensúlyt. E magasságon felül a két szárban lévő folyadék egymást egyensúlyozza, de az ez alatt a kifolyási szárrban lévő folyadékoszlop nem lévén egyensúlyozva, kiesik s így megy ez tovább, mert a mögötte támadó levegőhíjas térbe a folyadék utána tódul. De ha *a* kifolyási nyílás épp a folyadék szintjével egy magasságban van, akkor se ide, se oda nem folyik a folyadék; ha pedig ennél is rövidebb, akkor a folyadék visszaszalad a szivornyából a *b* felé.

Ártalmas (mérges vagy maró) folyadékkal legjobb előre megtölteni a felfordított szivornyát, melyet úgy tartunk, hogy a két vége egy magasságban legyen s az *a* végét ujjunkkal befogva vagy bedugva visszafordítjuk s *b* végét a folyadékba eresztjük; ujjunk elvevésekor vagy a dugó eltávolításakor a szivornya azonnal működni kezd.

A szivornya igen alkalmas eszköz folyadékoknak üledékekről való leemelésére.

Ritkító szivattyú több célra szolgálhat, gázoknak valamely téréből való eltávolítására és folyadékok emelésére.

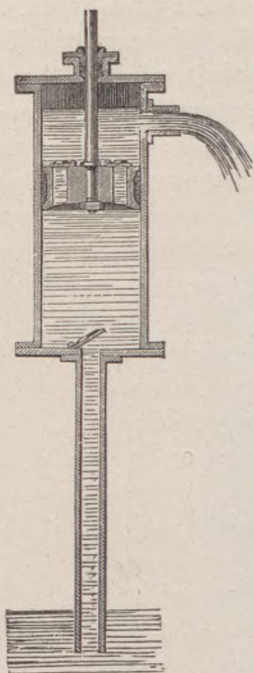
A ritkító gázszivattyú (45. ábra) lényeges része a szívó henger (köpű), melyben egy jól illő dugó ide-oda tolható; a köpű alján, a hol az a kiürítendő gáztartóval (*R*) a (*C*) csövön át közlekedik, egy befelé (felfelé) nyíló szelep (*B*) van; ugyanilyen felfelé nyíló szelep (*A*) van a dugóban is.

A működés a következő: a dugó felhúzásakor mögötte a köpűben ritkított levegő marad, miért is az *R*-ben lévő gáz kiterjed, felemeli a *B* szelepet és a nyomás kiegyenlítése végett egy része a köpűbe nyomul; ekkor a *B* szelep visszaesik. Ha most a dugót visszatoljuk, a köpűben lévő gáz a zárt *B* szelepen vissza nem mehet, összeszorul s felnyitván a dugóban lévő *A* szelepet, a dugó fölé kerül s a levegőbe eltávozik. A dugó felhúzásakor megint gáz megy *R*-ből a köpűbe, a letolásnál pedig ez a dugón át eltávozik. Így megy ez mindaddig, míg végre az *R*-ben a gáz annyira megritkul s fesztítő ereje oly csekély lesz, hogy a *B* szelepet többé felnyitni nem képes. A *B* szelepet lehet csappal is helyettesíteni, melyet a dugó felhúzásakor

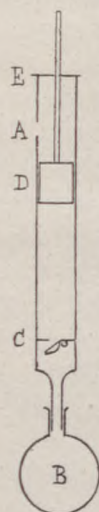


úgy fordítunk, hogy a köpüt a gáztartóval összekösse, a dugó letolása előtt pedig elfordítunk, úgy, hogy a köpüt a gáztartótól elzárja. Így képesek vagyunk igen nagy ritkításokat elérni.

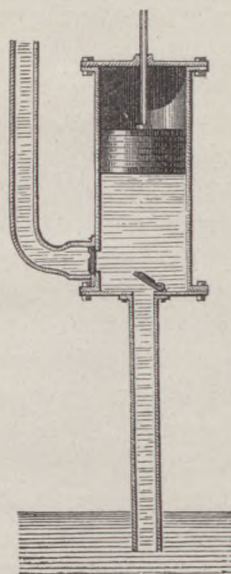
A szivattyús (emelő) kút lényegileg ugyancsak ritkítószivattyú (46. ábra); itt a köpüt a kúttal egy hosszabb cső köti össze. A dugó felhúzásakor az alatta támadt ritkított levegőjű térbe, a kútvízre nehezedő levegőnyomás a vizet felhajtja s ez a szelep fölé kerülve, ott reked a köpűben; a dugó visszatolásakor a köpűben lévő víz a dugóban lévő szelep fölé kerül, s ha a dugót újból felhúzzuk, az oldalnyíláson át kifolyik. Így lehet a vizet a levegőnyomás segítségével (a barometer elve szerint) a higanynál 13·6-szerre



46. ábra.



47. ábra.



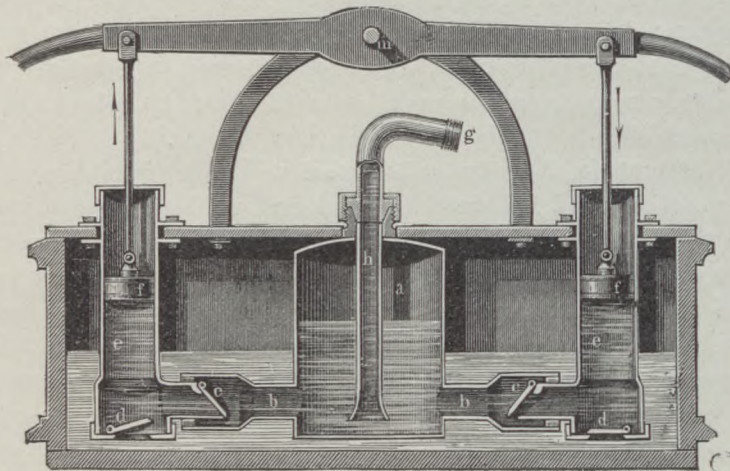
48. ábra.

magasabbra, tehát  $76 \times 13,6 = 1033$  cm.-re, vagyis mintegy 10 meter magasra felemelni. Ennél magasabbra a vizet a levegőnyomás felhajtani nem képes. Magasabbra csak a sűrítő szivattyúval (nyomó szivattyús kúttal) lehet ezt felszorítani.

*Sűrítő szivattyú.* Ebben is a köpű (E) és a dugó (D) a főrészek; a köpűben lefelé nyíló szelep (C) van, a dugóban semmi (47. ábra); a köpűn van egy szabadba vezető nyílás (A), melyen át a levegő vagy a sűrítendő gáz bevezethető a köpűbe. A működés következő: ha a dugót egészen felhúzzuk, az A nyíláson át a sűrítendő gáz behatol a dugó alatt támadt ritkított levegőjű térbe; ha aztán a dugót letoljuk, a gáz összeszorul, felnyitja a lefelé nyíló C szelepet és beszorul a köpűvel csavar révén légzáróan



összekötött *B* tartóba. Ekkor aztán nyomásával a *C* szelepet zárja. Így megy ez tovább, ha a dugót megint fel- és letoljuk, mindaddig, míg *B*-ben a kellő sűrűségű (nyomású) gázt meg nem kaptuk. (Iyenkor, ha a *B*-t, tehát a beszorított gázt is a válságos hőmérsékletre lehűtjük, vagyis arra a hőmérsék-



49. ábra.

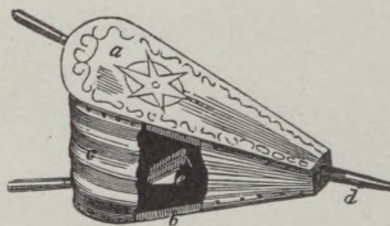
letre, melyen alul a gáz folyadékká sűrűsíthető, — a *B*-ben a kellő nyomás alatt a gáz cseppfolyóvá lesz.)

A *nyomó kút* (48. ábra) ugyancsak sűrítő szivattyú, melynek köpűjéből a levegő által oda felhajtott vizet, a tömör dugó segélyével, az oldalcsőbe szorítjuk, a hol az a felfelé nyíló szelep fölött megreked; valahányszor felhúzzuk a dugót, víz tódul a kútból (víz-tartóból) a köpűbe; valahányszor letoljuk a dugót, felszorul az a toldalékesőbe, melyben — kellő nyomással — a vizet tetemes magasságig felnyomhatjuk.

*Fecskendő* (49. ábra) egy vagy két nyomó szivattyúval s rendesen víztartóval ellátott készülék, mely az ú. n. *Heron* labdájába, vagyis a *szélkazánba* (*a*) szorítja a vizet, a honnan a beszorított víz által össze-sajtolt levegő azt erős sugárban hajtja ki (*g*) csövön át. Mikor az egyik köpű szí, akkor a másik nyom és fordítva (49. ábrán a nyilak iránya szerint).

A *fújtató*, pl. tűzélesztő fújtató (50. ábra) 2 falap (*a* és *b*) közé alkalmazott bőrsák (*c*), melynek széthúzásakor az egyik falapon lévő befelé nyíló szelepen (*e*) át levegő tódul be s a zsák összeszorításakor a kifelé nyíló szelepi (*d*) csövön át kiszoríttatik.

**Gázok diffúzioja.** Likacsos választófalakon a gázok nagy gyorsasággal ömlenek át, annál könnyebben, minél kisebb a gáz sűrűsége. Ugyanis a



50. ábra.



diffusio gyorsasága, illetőleg az átömlő gázok térfogatai fordított viszonyban vannak a gázok sűrűségeinek négyzetgyökeivel. Tehát ugyanazon a választófalon, míg egy liter oxygen-gáz átömlik, addig a 16-szor kisebb sűrűségű hydrogen-gázból (16-nak négyzetgyöke 4 lévén) 4 liter fog átömleni.

A diffusio folytán a levegőcsere még igen vastag épületfalakon is aránylag gyors; de nedves falakban nagyon lassú. A diffusio folytán jön létre a talaj felső rétegében is a szükséges gázcsere, valamint a tüdőekben a belehelt levegőnek (oxygen-gáznak) és a kilehelt levegőnek (széndioxid-gáznak) kicserélődése a tüdőhólyagocskák hártványán át.

**Gázok absorptioja.** Némely szilárd testek s még inkább a folyadékok képesek gázokat elnyelni. Például a frissen kiizzított faszén igen sok ammonia-gázt nyel el; platinatapló vagy platinakorom a rááramló hydrogen-gázt és a levegő oxygenjét oly mohón nyeli el, hogy azok egyesülnek vízzel s a képződő hó a platinát izzóvá teszi, a hydrogent pedig meggyújtja. (Döbereiner gyújtó-szerszáma.) A víz a levegőt oldja, még inkább a chlor-gázt, kénhydrogen-gázt, széndioxid-gázt, ammonia-gázt stb. *Henry* megfigyelései szerint: *a folyadék által elnyelt gáz tömege arányos a nyomással*; tehát a víz 2, 3, 4 . . . 10 légköri nyomás alatt 2-szer, 3-szor, 4-szer . . . 10-szer annyi gázt old fel, mint közönséges (1) légköri nyomás alatt. Melegség a gázok oldhatóságát csökkenti s forralt folyadékokból az oldott gázok mind eltávoznak.

---



## II. RÉSZ.

### H a n g t a n.

Fülünkkel mint halló szervvel veszszük észre a hangot.

A hang mozgási jelenség. *Pillanatnyi hang* (csattanás, durranás stb.) a levegőnek egyszeri erőszakos meglökése folytán keletkezik; a *zörej* (zörgés) szabálytalanul egymásután következő lökések eredménye; a *zenei hang* (emberi hang, hangszerek hangja) rugalmas testek (kifeszített húrok, hártyák, pálczák, lemezek, levegőoszlopok) rezgő mozgásának a következménye. A rezgő mozgás a hanggerjesztőről áttérjed a levegőre — mint közvetítőre —, innen halló szervünkre (u. m. a fülkagylón és csatornán át a dobhártyára, hallási csontocskákra, labyrinthra és az ebben lévő folyadék révén a halló idegekre), mely agyunkkal közölvén az ingert, a hangnak tudomására jutunk. (A dobhártya elpusztulása félsüketséget u. n. nagyothallást, a halló idegek elpusztulása vagy bénulása teljes süketséget okoz.)

A rezgő mozgás (kis tágasságú lengő mozgás) terjedése a vízhullámok terjedésének módjára történik, a midőn a mozgás a rugalmas golyó sorba ütköző golyó mozgásának átvitele módja szerint terjed tovább (l. ütközésnél); ezért a hogy vízhullámokról, éppen így *hanghullámokról* beszélünk, melyek minden irányban terjedő gömbhullámoknak tekintendők. Könnyen érthető, hogy a hang csak rugalmas testekben terjedvén, levegőhíjas térben tovább nem terjed.

A hangnak — eredete szerint — különböző magassága, erőssége és színezete van.

A *hang magassága* a másodpercenkénti rezgések számától függ. A legmélyebb hang, melyet meghallunk, 16 rezgésnek felel meg, a legmagasabb mintegy 38 ezernek. A zenei alaphang (*A*) rezgésszáma 440.

A *hang erőssége* arányos a rezgő tömeggel (ezen alapul a hangszerek nagysága szerint azok hangerőssége és a *rezonancia*, vagyis nagyobb rugalmas tömegek, pl. levegőtömeg együtthangzása s ezzel a hang erősítése); ugyancsak arányos a rezgések (kilengések) tágasságával és a rezgésszám négyzetével. Fordítva arányos a távolság négyzetével.

A *hang színezete* a hanggerjesztő minőségétől függ; különbözők például a különféle hangszerek hangjai, sőt az emberek hangjai is. E jelenség oka az, hogy az alaphangot gyengébb felhangok kísérik.



A hang sűrűbb közegekben gyorsabban terjed. A levegőben a hang sebessége 0°-on 333 meter másodpercenként, 16°-on 340 meter.

*Visszhang* keletkezik ott, a hol a hanghullámok új közeg határán (pl. falról) visszaverődnek és a kiindulási helyre akkorra érkeznek vissza, mire a hang már elhangzott. Ha például egy szótagot  $\frac{1}{5}$  másodperc alatt mondunk ki, ez idő alatt a hang  $340 : 5 = 68$  m. utat tesz meg, tehát 34 m.-re lévő visszaverő falig mehet és onnan visszaérkezhet. Kétakkora távolságnál már kétszótagos visszhang keletkezik és így tovább. Ellenben kisebb távolságnál megesik, hogy a visszavert hang összeolvad az eredeti hanggal, azt megnyújtja s így a következő szótagot zavarja; az ilyen helyiségeket rossz akusztikájúaknak mondjuk.

*Phonograph.* Ha egy érzékeny rugalmas hárttyát (lemezt) beszédünkkel rezgésnek indítunk s a hárttyával összekötött hegyes tű előtt egy puha felületű (pl. beviaszkozott) hengert forgatva húzunk el, azon a hangoknak megfelelő karczolások keletkeznek. Ha aztán az ilyen hengert megint beállítjuk a nyugvó tű hegyéhez és forgatjuk, akkor a karczolásokba illeszkedő tűt a mozgó henger rezgésnek indítja, vele együtt a lemezt is, melynek rezgése az eredetihez hasonló, de gyengébb lesz és így az eredetihez hasonló, de gyengébb beszéd lesz hallhatóvá. — Így lehet a zenei hangokat idővel reprodukálni (visszaadni).

---



### III. RÉSZ.

## Fénytan.

A fényt szemünkkel, mint látó szervvel vesszük észre.

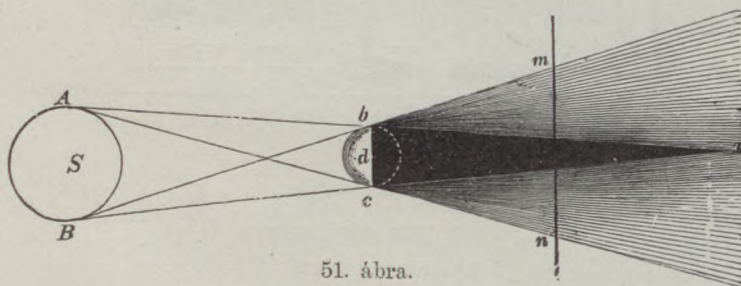
E jelenség mibenlétét régebben azon feltevés alapján magyarázták, mely szerint a fény igen finom, nem mérhető anyag, mely a fénylő testekből minden irányban kiáramlik, (*Newton* emanációs vagy emissziós elmélete, 1672.)

Később általánosabbá lett a *rezgési elmélet* (*Huyghens*, 1690), mely szerint ma is magyarázzuk a fényjelenségeket. E szerint a fény nem egyéb, mint a világűr és a testeket, szóval mindent átható rendkívül finom, rugalmas és nem mérhető súlyú világéternek rezgő mozgása. Így könnyen érthetjük, hogy a fény légüres térben is terjed.

**Fénysugár és a fény terjedése.** A rezgési elmélet szerint a fénysugár a fényhullámok terjedési irányának felel meg, mely egynemű közegben egyenes vonalú s ez iránya csak más közeg határán törik meg.

**Árnyékjelenségek.** A fény egyenes vonalban terjedvén, a fényt át nem eresztő és egyoldalúan megvilágított testek mögött sötét, vagyis megvilágítatlan tér marad; ez az árnyék.

Ha a fényforrás egy pont volna, a test mögött csak teljes árnyék maradna; de mert a fényforrás (*S*) több világító pontból áll, *teljes* és *félárnyék*



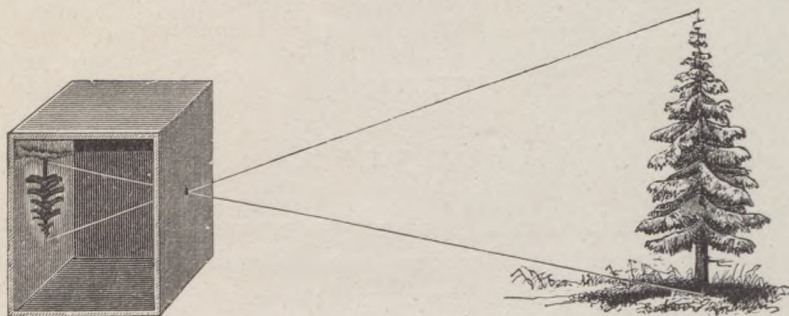
keletkezik (51. ábra). A félárnyék a teljes árnyék szélét övezi s kevesebb fényt kap, mint a környező tér.

A fény egyenes vonalú terjedésén alapul a *sötét kamara* (*camera obscura*), melybe a fény csak igen szűk nyíláson hatol be és a világító vagy meg-



világított tárgynak fordított kicsinyített képét létesíti (52. ábra). A sötét kamara képét rögzítjük fény iránt érzékeny lemezen a fotografozásban.

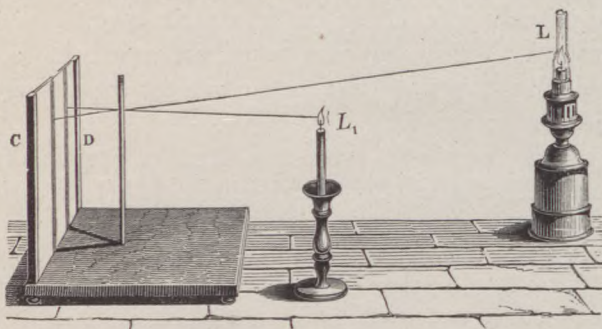
**Fénysebesség.** A fény terjedési sebességét több ízben igen nagy gondossággal mérték meg és úgy találták, hogy a fény másodpercenként 300 ezer kilométernyi utat képes megtenni. Ez óriási sebesség mellett is mintegy



52. ábra.

8 teljes percre van a fénynek szüksége, hogy a napból a földre eljusson és évekig, sőt évszázadokig, míg az álló csillagokból hozzánk érkezik.

**Fényerősség.** A fényforrások világító erejét u. n. *normál gyertyával* hasonlítjuk össze. (A normál gyertya spermacetből van, 43–45 mm. magas lánggal ég és óránként 7.79 gr. spermacetet fogyaszt.) A közönséges utcai széles gázlángok u. n. pillangólángok világító ereje átlag 16 gyertyaerős.



53. ábra.

A világítás ereje a távolság négyzetével fordítva arányos. Ez alapon könnyű valamely fényforrás, pl. lámpa fényerősségét mérni. E végből besötétített szobában az egyik fal előtt egy pálczát állítunk fel és egy (normál) égő gyertyával s az illető lámpával úgy világítjuk meg, hogy a falon a pálczának két árnyéka jelenjék meg (53. ábra); addig tologatjuk most a gyertyát s a lámpát közelebb vagy távolabb, míg a két árnyék egyenlő sötétnek látszik, jelölül, hogy az árnyék környezete mindkét fényforrástól egyenlő fényt kap; most megmérjük az árnyéknak a gyertyától és a lámpától való távolságát



és e távolságokat négyzetre emeljük (önmagukkal szorozzuk) s a fényforrások ereje arányos lesz távolságaik négyzetével; pl. ha a lámpa 2-szer oly távolra van az árnyéktól, mint a gyertya, akkor ( $2^2 = 2 \times 2 =$ ) 4-szer erősebb a fénye, mint a gyertyáé; ha 3-szor oly távol van, akkor ( $3^2 = 3 \times 3 =$ ) 9-szer erősebb; ha 8·2-szer oly távol van, akkor ( $8 \cdot 2^2 = 8 \cdot 2 \times 8 \cdot 2 =$ ) 67 gyertya erősségű és így tovább.

Ha valamely testre fény esik, a test három módon viselkedhetik, u. m. visszaveri azt, elnyeli vagy átbocsátja.

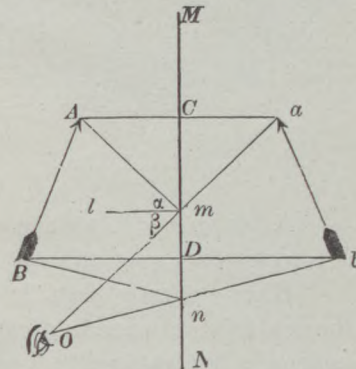
**Fény-visszaverődés (reflexio).** Ha fénysugár új közeg felületétől visszatér a régi közegbe, akkor azt mondjuk, hogy visszaverődik. A megvilágított testeket éppen a felületükről visszavert sugarak által vesszük észre, melyek szemünkbe jutnak.

A visszaverődés törvénye abban áll, hogy a beeső és a visszavert sugár a beesési merőlegessel egy közös síkba esnek és azzal egyenlő szögeket képeznek, a merőleges két ellenkező oldalán.

**Síktükör.** Síma felületeken egész szabályosan történik a visszaverődés; ezeket tükröknek mondjuk. Ilyenek a síktükör és a gömbtükrök.

A síktükör előtt lévő tárgy egyes pontjairól kiinduló és a tükör által visszavert sugarak a visszaverődés után széthajlók lesznek, tehát a térben nem találkoznak, a tárgynak ernyőn felfogható képe nem jön létre; ellenben a széthajló sugarakat a szem felfogván s irányukat követvén, a képzeletben történik meg a tárgy azonos pontjából kiindult és a tükör által visszavert sugarak egyesülése, ezért itt csak képzeleti, vagyis látszólagos kép keletkezik olyképpen, hogy minden egyes pont képelt képét éppen oly távolságban vesszük észre a tükör megett, mint a pont van a tükör előtt. A síktükör által létesített látszólagos kép e szerint a tárgyat természetes nagyságban mutatja a tárgyhöz képest a tükör síkjától ellenkező hajlású helyzetben; vagyis a tükörrel párhuzamos állású tárgy ugyancsak párhuzamos lesz, de ha a tükör ( $MN$ ) a tárgy síkjától ( $AB$ ) bizonyos szög alatt elhajlik, a kép ( $ab$ ) elfordulása kétszeres lesz, mint a tüköré (54. ábra). Ezért a víz partján álló fák, épületek, a melyek a víz tükrével  $90^\circ$ -os szöget képeznek — éppen tótágast látszanak a vízben, mert a kép elmozdulása a tárgyhöz képest  $2 \times 90^\circ = 180^\circ$ , vagyis egy félfordulat lesz.

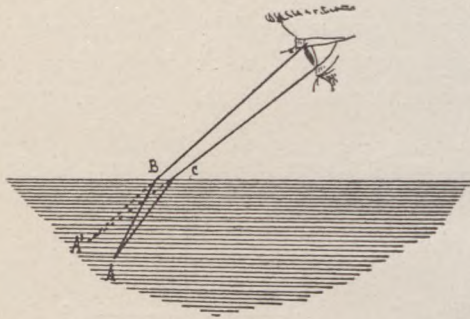
**Fénytörés.** Az új közeg határától vissza nem vert sugarak az új közegbe hatolnak; e sugarak részben elnyeletnek, részben átbocsátatnak. Az átbocsátás hiánya vagy fokozata szerint a testek átlátszatlanok, áttetszők vagy átlátszók lehetnek.



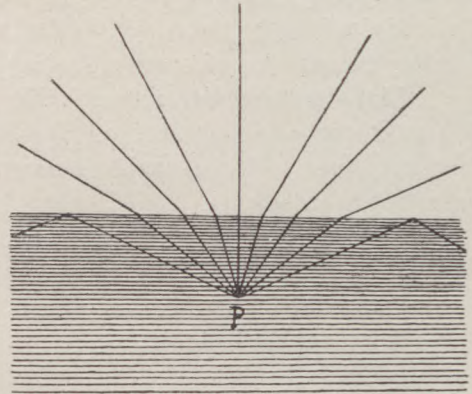
54. ábra.



Az átlátszó közegen áthatoló sugarak azonban irányukat két ízben megváltoztatják, a közegbe való belépéskor és a kilépéskor; minden esetben oly értelemben, hogy: *a merőlegessel képezett törési szög kisebb lesz mint a beesési, ha a fény sűrűbb közegbe lép be; ellenkezőleg: a törési szög nagyobb lesz mint a beesési, ha a fény ritkább közegbe lép be.*



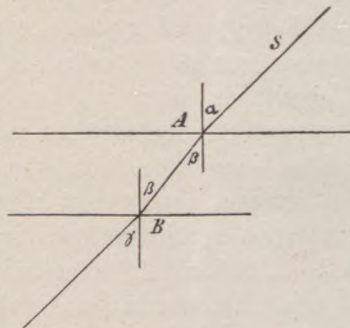
55. ábra.



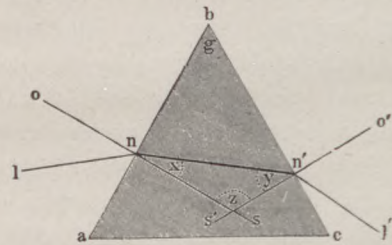
56. ábra.

A fénytörés folytán a vízzel telt edények fenekét, valamint a vízben lévő tárgyakat magasabban látjuk a valóságnál (55. ábra).

Bizonyos szög alatt kilépni akaró sugárral megesik az, hogy a törési elhajlás folytán visszatér ugyanabba a közegbe; a vízből a levegőbe igyekvő sugárnál a határszög  $48\frac{1}{2}^\circ$ , vagyis ha a vízben haladó sugár e szögnél nagyobb szög alatt érkezik a víz és a levegő határához, akkor már visszatér a vízbe (56. ábra); az üvegnél a határszög  $41^\circ$ , a gyémántnál  $24^\circ$ . Ez a jelenség az



57. ábra.



58. ábra.

ú. n. *teljes visszaverődés*, melynél a fénysugár ereje nem gyengül meg úgy, mint a tükröknél, miért is azok helyett ily visszaverő felületek sikeresen alkalmazhatók. (E jelenség folytán a vízbe merített és ferdén tartott üres kémcső felülről tekintve, ezüsthévíznek látszik.)

**Átlátszó lemezek.** Ha a fény párhuzamos lapoktól határolt átlátszó lemezen megy át, irányát nem változtatja meg, hanem a lemez vastagsága sze-





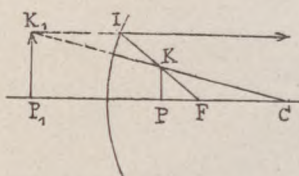


áthaladó beeső sugarak, a visszaverődés után a főtengelylyel párhuzamosakká lesznek.

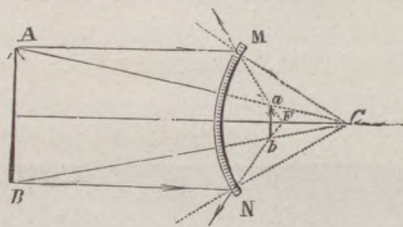
A homorú tükör a tőle különböző távolságokra lévő tárgyaknak képeit a következők szerint létesíti:

1. Ha a tárgy rendkívül nagy távolságban van (pl. a nap), akkor a kép a focusban rendkívül kicsiny: jóformán egy pont lesz, mert ily távolból jövő összes sugarak közelítőleg párhuzamosak a főtengelylyel s így közelítő pontossággal mind a focusban találkoznak (59. ábra).

2. Ha a tárgy ( $AB$ ) véges távolban, de a  $C$  gömbi középponton (kétszeres focus-távolságon) kívül van (60. ábra), akkor a kép az egyszeres és kétszeres focus-távolság közé esik, fordított állású és kicsinyített lesz ( $ab$ ); annál kisebb és közelebb a  $F$ -hoz, minél távolabb van a tárgy, s annál inkább nő és közeledik a kétszeres focus-távolsághoz, minél jobban közeledik a tárgy is e ponthoz.



61. ábra.



62. ábra.

3. Ha a tárgy a kétszeres focus-távolságban van, a kép is ugyanoda esik, ugyanakkora lesz, de fordított állású.

4. Ha a tárgy a kétszeres és egyszeres focus közt van, éppen fordított az eset a 2-vel, tehát a tárgy nagyított, fordított állású lesz a kétszeres focuson kívül, annál nagyobb s annál távolabb, minél közelebb van a tárgy a  $F$ -hoz.

5. Ha a tárgy a  $F$ -ban van, akkor a kép fordított lesz s végtelen távolban keletkezik, mert a visszavert sugarak közel párhuzamosakká lesznek. (Fordítottja az 1-nek.)

6. Végül ha a tárgy a  $F$ -on belül van, az egy pontból kiindult sugarak a visszaverődés után széthajlókká lesznek s így a térben többé nem találkoznak, azonban a széthajló sugarakat a szem felfogván, irányukat a képzeletben követi s így egy képzeleti kép jön létre, mely álló helyzetű lesz és nagyított (61. ábrában  $KP$  a tárgy és  $K_1F_1$  lesz a képzeleti kép).

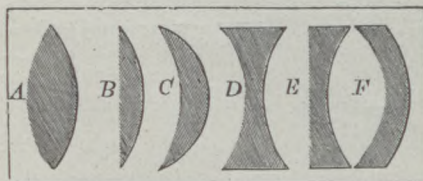
**Domború tükör** a főtengelylyel párhuzamosan érkező sugarakat szétszórja (szóró tükör), úgy hogy ezeknek csak a képzeletben meghosszabbított irányai találkoznak a tükör megett felvett látszólagos focusban. A domború tükör tehát látszólagos, egyenes állású, kisebbített képet létesít (62. ábra,  $ab$ ).

**Optikai lencsék.** Rendszerint üvegből készült, csekély nyílású két gömbi (domború vagy homorú) felület által határolt átlátszó testek ezek. A domború



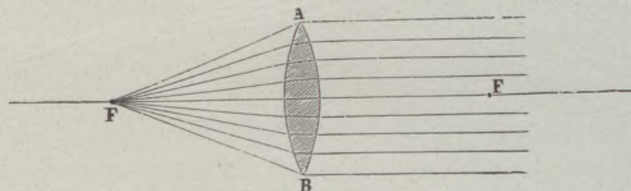
vagy gyűjtő lencsék közepükön vastagabbak mint széleiken, a homorú vagy szóró lencsék széleiken vastagabbak mint közepükön. A domború lencsék olyanforma képeket létesítenek mint a homorú tükrök, a homorú lencsék pedig, mint a domború tükrök.

A gyűjtő lencse lehet: kétszer-domború (biconvex), sík-domború (planconvex) és homorú-domború (concavconvex); a szóró lencse alakjai: kétszer-homorú (biconcav) sík-homorú (planconcav), és domború-homorú (convexconcav) (63. ábra). Ezek közt leghatásosabbak a kétszer-domború és a kétszer-homorú. A gyűjtő lencsék úgy tekinthetők, mint talpaikkal összefordított prizmák; a szóró lencsék pedig, mint törőszögeikkel összefordított prizmák.



63. ábra.

*Gyűjtő lencse törvényei:* A főtengelyvel párhuzamosan beeső sugarak a lencsébe belépésükkor és kilépésükkor megtörnek (irányt változtatnak), mindkét esetben a főtengely felé és a lencse focusában találkoznak (64. ábra). Fordítva: a focuson keresztül beeső sugarak a főtengelyvel párhuzamosakká tételnek. A lencse optikai középpontján átmenő sugarak irányukat megtartják, csak a lencse vastagsága szerint igen csekély mértékben párhuzamosan eltolódnak. Ez alapon következő képek létesülnek:



64. ábra.

1. Ha a tárgy rendkívül nagy távolban van (pl. a nap), a kép a focusban rendkívül kicsiny lesz, vagyis egy ponttá zsugorodik, mert a roppant távolból jövő sugarak párhuzamosaknak tekinthetők (64. ábra).

2. Ha a tárgy véges távolba jön, a kép a focusból távolodik, nő, de fordított lesz, mindaddig, míg a tárgy a focusba nem jön, mely utóbbi esetben a kép a végtelen távolba tolódik (1. eset fordítottja).

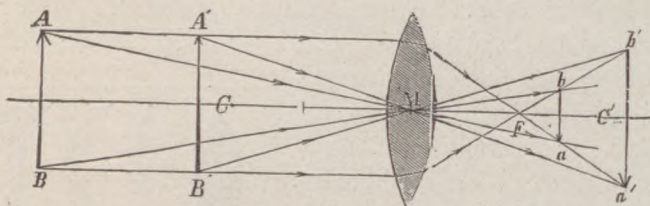
3. Ha a tárgy ( $AB$ ) a kétszeres gyűjtőtávolon kívül van (65. ábra), a kép valódi, fordított, kicsinyített ( $ab$ ) az egyszeres és kétszeres gyűjtőtáv között.

4. Ha a tárgy a kétszeres gyűjtőtávolon van, a kép valódi, fordított, ugyanakkora és ugyanoly távol esik.

5. Ha a tárgy az egyszeres és kétszeres gyűjtőtáv között van, a kép valódi, fordított, nagyított a kétszeres gyűjtőtávolon kívül. Ez a 3. eset fordítottja (66. ábra).

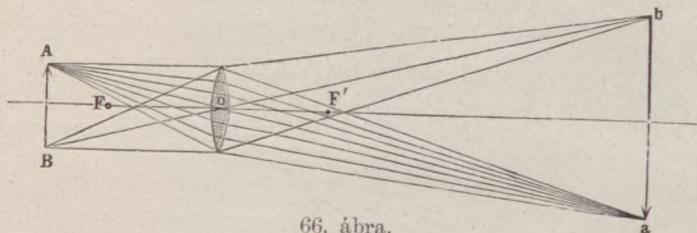


6. Ha a tárgy a focuson belül van, a sugarak széthajlókká lesznek, tehát csak visszafelé a képzeletben meghosszabbított irányuk találkoznak s így *látszólagos*, egyenes állású, nagyított kép jön létre. Ez eseten alap-szik az egyszerű nagyító: *luppa* (67. ábra).



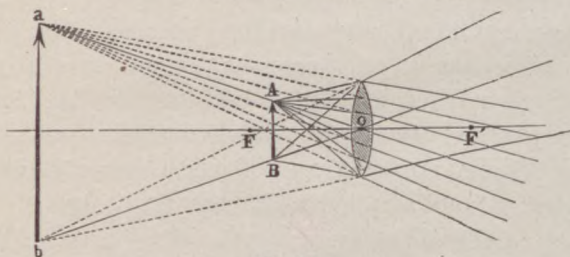
65. ábra.

A **luppa** = egyszerű nagyító oly apró tárgyak szemlélésére való, melyeket szabad szemmel jól nem tudunk meglátni; állhat egy domború lencséből, vagy több oly lencséből is, melyek egy domború lencse módjára működnek. A tárgy a focuson belül helyezendő el a 6. eset értelmében.



66. ábra.

*Szóró lencse törvényei:* Ez a rajta átmenő sugarakat széthajlókká teszi s így valódi képet nem létesít (68. ábra); ellenben a széthajló sugaraknak a képzeletben visszafelé meghosszabbított irányuk találkozáva, a tárgynak látszólagos, álló helyzetű, kicsinyített képe keletkezik.



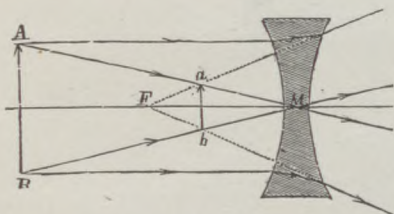
67. ábra.

A lencsék *gömbi eltérése* épp úgy jelentkezik, mint a gömbtükröké, vagyis nagy szögű (nyílású) lencsék szélső sugarai nem szabályosan találkoznak; ezért ezek visszatartása végett a lencsék szélét átlátszatlan gyűrűvel, u. n. *diafragmával* takarjuk el, miáltal a kép sötétebb, de tisztább körvonalú lesz. A gömbi eltérést több lencse kombinációjával meg lehet szüntetni;

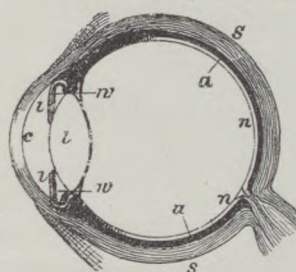


például gyűjtő és szóró lencse együttes alkalmazásával, (ez az u. n. *aplana-tikus* lencse); ugyancsak egyetlen rövid gyűjtőtávulú (vagyis erősen nagyító) lencse helyett több nagyobb gyűjtőtávulú lencse alkalmazásával egymástól megfelelő távolságra.

**Az emberi szem** a sötét kamarához hasonló működésű szerv, melyben a látott tárgyak fordított állású, kicsinyített képe jelenik meg (69. ábra). A szemgolyó külsejét (fehérét) az átlátszatlan túlkohártya képezi (*s*), kivéven a mellső kidomborodó részt (*c*), mely az átlátszó szaruhártyából van. E mögött látható a szivárványhártya (*ll*), mely a szem színét adja meg s ennek közepén egy sötét nyílás (szembogár), mely mögött az átlátszó domború szemlencse (*l*) van. A sugarak a szembogáron át jutnak a szem belsejébe s a lencse és a szem belsejét kitöltő átlátszó nedvek által megtöretnek s a tárgynak for-



68. ábra.



69. ábra.

dított állású, kicsinyített képe a szemgolyó hátsó falán elterülő ideghártyán (*n*) jelenik meg, miről az agy tudomást vesz.

A két szemben létrejövő két kép egygyé olvad s a tárgyat plasztikusabbnak mutatja.

A szem a távolsághoz bizonyos mértékben alkalmazkodni képes. Kisebb tárgyakat, pl. írást, 24–25 cm. távolságból látunk legtisztábban; ha e távolság kisebb, a szem közelebbi s ezen homorú lencséjű szemüveggel segíthetünk; ha e távolság nagyobb (pl. öregeknél), a szem távollátó s ezen domború szemüveggel lehet segíteni.

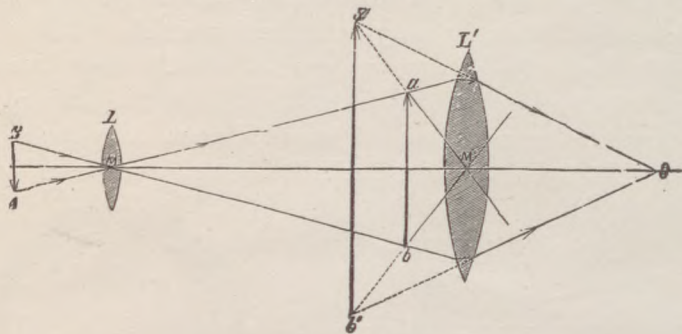
Igen közeli tárgyak képei az ideghártyán túl keletkeznek s így ezeket nem látjuk; igen távoliaknak rendkívül kicsinyek és nem elég tiszták a képei. Optikai készülékekkel azonban mindezeket jól szemlélhetjük.

**Mikroszkop vagy összetett nagyító.** Oly apró tárgyak szemlélésére használjuk, melyeket még luppával sem veszünk ki részletesen. A mikroszkop az apró tárgyak képeit több százszorosán, sőt pár ezerszeresen is megnagyobbítja. Működése kettős: a tárgylencse által létesített nagyított valódi képet a szemlencsén át lупpa módjára szemléljük.

Szerkezete következő: Egy fémcső két végén kétféle lencse-rendszer áll (70. ábra); az egyik — a kisebb nyílású — a tárgy felé fordítandó tárgylencse-rendszer (objectiv) (*L*), a másik — a nagyobb nyílású — a szemünk felé fordítandó, tehát a betekintésre szolgáló szemlencse-rendszer (ocular) (*L'*).

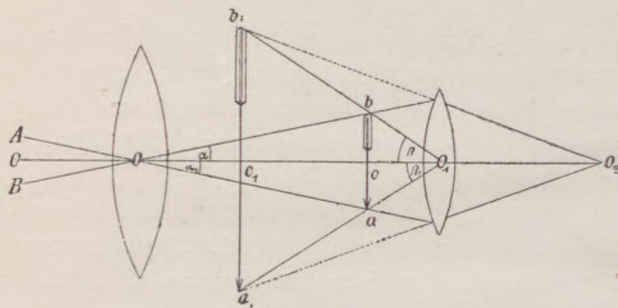


A kellően megvilágított tárgyat az objectiv egyszeres és kétszeres focusa közé helyezzük el s így annak a lencse tulsó oldalán, a cső belsejében, a kétszeres focuson kívül eső valódi, nagyított, tehát fordított állású képe jön létre; de ez a kép az ocular focusán belül esvén, az ocular-lencse ezt lúppa módjára nagyítja, vagyis a fordított állású, nagyított képnek ugyanolyan állású még jobban nagyított képzett képét létesíti.



70. ábra.

A mikroszkop nagyítása mindkét lencsétől függ tehát s nem más: mint az objectiv és az ocular nagyítóképességeinek egymással való szorzata (pl. ha az objectiv 50-szeresen nagyít és az ocular 10-szeresen, úgy a mikroszkop  $(50 \times 10 =) 500$ -szoros vonalas nagyítású lesz. A nagyító képességet e szerint részint az objectiv, részint az ocular kicserélésével lehet szabályozni. A nagyító képességet kissé az által is fokozhatjuk, hogy a mikroszkop szét húzható csövét kihúzzuk, tehát az oculart távolítjuk; ilyenkor az objectiv



71. ábra.

által létesített kép a távolított ocular focusához közelebb fog esni s így az ocular erősebben fog nagyítani.

**Messzelátók vagy távcsövek.** Céljuk az, hogy nagy távolságokban lévő tárgyaknak szabad szemmel igen aprónak látszó képeit nagyobbítsák.

A *Kepler-féle* csillagászati távcső (refractor) nagy gyűjtőtávulú tárgy-lencséből és rövid gyűjtőtávulú szemlencséből áll (71. ábra). A két lencse focusa összeesik. A tárgylencse az igen messze lévő tárgynak (égitestnek)

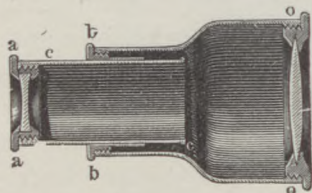




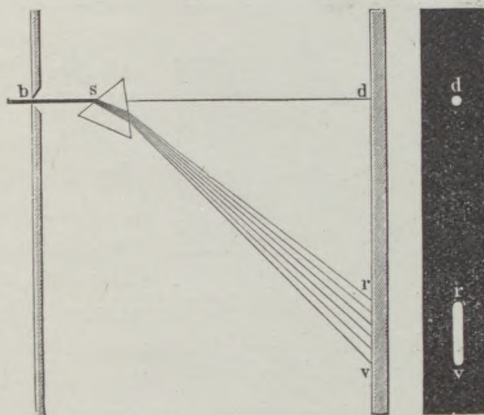
igen kicsiny fordított képét kevéssel a focuson kívül létesíti, tehát valamivel a szemlencse focusán belül; ez tehát azt a kicsiny képet lупpa módjára nagyobbitja.

A földi messzelátó az előbbtől csak abban különbözik, hogy a szemlencse 2 oly gyűjtő lencséből áll, melyek belseje a tárgylencse adta képet visszafordítja, hogy álló helyzetű legyen, a másik — külső — lencse aztán ezt lупpa módjára megnagyobbitja.

A színházi (hollandi v. Galilei-féle) messzelátó szemlencséje szóró lencse (72. ábra), mely a tárgylencse focusán belül van, tehát a tárgylencsén átmenő sugarakat, mielőtt azok képpé egyesülnének, felfogja, szétszórja, úgy, hogy egyenes állású lát-szólágos kép jön létre. Előnye, hogy rövid, de kis nagyításra való és kicsiny a látómezeje.



72. ábra.



73. ábra.

**Színek.** A fény nézeteink szerint a világéter rezgő mozgási jelensége. Ez a rezgés különböző gyorsaságú lehet, a mi a különféle színekben nyilvánul meg.

A napfény és minden más fehér fény összetett; az u. n. szivárványszíneket tartalmazza. Ezt könnyű bizonyítani egy törő prizmaival, melyet egy besötétített szoba ablakán hagyott igen kis nyílás mögé állítunk (73. ábra), hogy a résen beeső fehér fénycsík rajta áthatoljon. Ilyenkor a szemközti falon (ernyőn) a fehér fénycsík helyett egy eltérített irányban létrejött színes fényzalagot látunk megjelenni, melyben a szivárványszínek: vörös, narancs, sárga, zöld, kék és ibolya színek számtalan fokozatai és átmenetei észrevétlen határ nélkül folynak át egymásba. Mindezen színek a napfényben foglaltatnak. Legkisebb mértékben tért el a fény eredeti irányától a vörös (73. ábrán  $r$ , ez a legkisebb törékenységű  $s$  nézeteink szerint a legkisebb rezgés számú: másodpercenként 395 billió), legjobban eltért az ibolya ( $v$ , ez tehát a legtörékenyebb  $s$  a legmagasabb rezgésszámú: 763 billió).

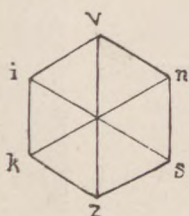
Az előbbi kísérlet végzésénél helyezzünk a prizma mögé egy hasonló törőképeségű, de ellentétes állású másik prizmat: ez ellentétesen töri meg a színes sugarakat, vagyis azokat újból egyesíti fehér fénynyé; ez tehát *összetett fény* ( $s$  a fehér szín: összetett szín).

E jelenségek magyarázatául feltételezzük azt, hogy a különböző színű



sugarak teljesen üres térben (a világűrben), sőt még közelítőleg a levegőben is egyenlő gyorsasággal haladnak, de már sűrűbb közegekben a rövidebb fénycsüvek (ibolya) lassabban haladnak, a hosszabb fénycsüvek (vörös) gyorsabban s így az előbbiek nagyobb mértékben térnek el a (fehér) fény eredeti irányától, mint az utóbbiak.

Erdekes az, hogy ha a prizma által szétválasztott szírványszínekből külön fogjuk a vöröset és a zöldeket, vagy a narancsot és kéket s illetőleg a sárgát és ibolyát, ezek páronként fehér fénycsüvé egészítik ki egymást, miért is e színeket páronként *kiegészítő* (complementaer) *színeknek* mondjuk. Kiegészítők tehát a 6 fő szírványszínből az első és negyedik, a második és



74. ábra.



75. ábra.

ötödik, a harmadik és hatodik, vagyis a hat színt egy hatszög sarkaira írva, a szemközti (74. ábra.)

A testek természetes színét csak tiszta fehér fényben, pl. napfényben ítéldhetjük meg, melyben mindenféle törékenységgű, vagyis színű fény megvan. Ugyanis az átlátszó testek oly színűeknek látszanak, a milyen színű fényt átbocsátanak; az át nem látszók pedig, a milyen színű fényt visszavernek a fehér fényből. Vannak olyanok, melyek áteső fényben más színűek, mint visszavert fényben, sőt a melyek a különböző irányokban nem egyenlő színűek (dichroismus = kétszínűség). Az összes törékenységgű sugarakat áteresztőket színteleneknek mondjuk; az összes törékenységgűeket visszaverőket fehéreknek; az összes törékenységgűeket elnyelő testeket feketének (teljes sötéteknek). Bizonyos határozott színű test (pl. a vörös higanyjodid) egészen más színű fényvel (pl. natrium-vegyülettel sárgára festett gázlámpával) megvilágítva, sötétnek (feketének) látszik, mert a sárga fényt elnyeli, vörös pedig nem lévén jelen, nincs a mit visszaverjen. Ez alapon érthető, hogy nem tiszta fehér fényben, pl. esti világításnál a testek színe gyakran lényegesen másnak látszik, mint nappal.

Az optikai lencsék a rajtuk áthaladó fehér fényt, nem oly nagy mértékben ugyan, mint az aránylag nagyobb törőszögű prizmak, — de mégis elbontják kis mértékben, vagyis az ibolya sugarakat a focuson valamivel belül, a vöröset a focuson kívül egyesítik; ezért az egyszerű lencsék képei a széleiken színesek. E hiba eltüntetése végett a korona-üvegből készített gyűjtő lencse mögé, flint-üvegből készített s felényi törőszögű szóró lencsét állítunk (75. ábra); ez ugyanis a gyűjtő lencse fényszóró képességét teljesen megszünteti, de törő (nagyító) képességét csak felényire csökkenti. Az így javított lencsét *színtelenítő* = *achromaticus* lencsének mondjuk s finomabb optikai készülékeken ilyeneket alkalmazunk.

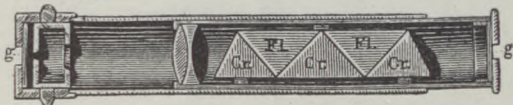
**Színképek, spektrumok.** Háromféle színképet ismerünk, u. m. folytonosat, fényes vonalast (csíkosat) és sötét vonalast (u. n. elnyelési, absorptiói spektrumot).



*Folytonos színeképet* kapunk, ha *fehér izzásig* hevített szilárd vagy cseppfolyós test fehér fényét keskeny résen át a prizmára engedjük. Ebben ugyanis az összes színek megvannak, melyek különböző mértékben térven el az eredeti iránytól, a látómezőben a rés számtalan képét az összes színekben egymás mellé sorakozva adják s így egy folytonos színes fény-szalaggá húzzák szét. (A vörösen izzó testek fényében csak a vörös színek vannak meg; de ha fokozatosan erősebben izzítjuk sárga s majd fehér izzásig: a vörös fényhez mind törékenyebb s törékenyebb sugarak járulnak hozzá s a színek megnyúlik és a szivárványszínek sorban megjelennek.) A folytonos színeképben az összes szivárványszínek megszakítás nélkül mennek át egymásba, mert itt mindenféle törékenységgű sugarak megvannak.

*Fényes vonalú színeképe* van az erősen izzó (világító) gázoknak és gőzöknek. Ezek fényében csak bizonyos törékenységgű sugarak vannak meg, a többiek pedig hiányoznak; ehhez

képest a prizma itt a megvilágított résnek a képét csak azokban a színekben létesíti, a melyek az izzó gáz vagy gőz fényében megvannak; a rés ezen színes képei az ernyőn oda esnek, a hová



76. ábra.

a prizma törőképesége folytán az illető színeknek esniük kell, holott a többi — itt hiányzó — színeknek megfelelő helyeken az ernyő sötét marad. Így keletkezik a fényes vonalú színekép, melyben sötét alapon színes csíkokat látunk megjelenni. E fénycsíkok színe, helyzete, erőssége, szélessége, száma az illető gázra vagy gőzre mindenkor állandó, tehát jellemző is; úgy hogy ezekről az illető (izzó) gázt (gőzt) felismerhetjük.

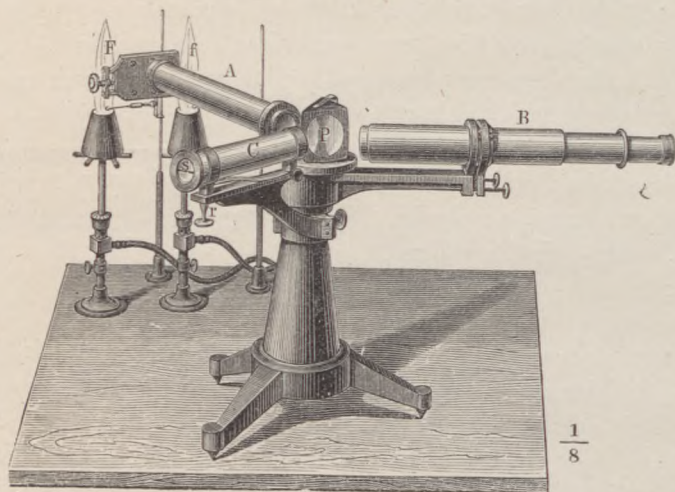
Számos chemiai elem jelenlétét lehet ily módon konstatálni, még ha hihetetlen csekély mennyisége (akár vegyületben) is van jelen; csak az illető testet gőzzé kell alakítani és izzóvá tenni s e fényt egy szűk résen át prizmára bocsátani. Minthogy pedig gyakorlott szemnek csak egy pillantásra van szüksége, számos elemnek elenyésző csekély (mérhetetlen súlyú) mennyiségét felismerhetjük így az u. n. spektrál-készülékkel (spektroszkoppal), a spektrál-analytika eme rendkívül érzékeny eszközével.

A *spektroszkop* lényeges részei: egy (vagy több) prizma, melynek kellő törőképesége legyen (76. ábra egy csőbe szerelve tartalmazza az összes részeket: ez u. n. egyenes spektroszkop; a 77. ábra a *Bunsen-féle* laboratóriumi spektroszkop); egy finomra beállítható keskeny rés (77. ábrán két fémlemez közt *A* cső végén), melyen át a fény egy fémcsőbe jut s oly gyűjtő lencsén megy át, mely a focusában lévő résen behatoló sugarakat párhuzamosakká teszi; ezek aztán a prizmán mennek át (77. ábra *P*) s az ennek hatására létrehozott színeképet egy párhuzamos sugarakra beállított kis csillagászati távcsövön át (77. ábrán *B*) megnagyítva szemléljük. A könnyen gőzzé alakítható fém-vegyületeket a Bunsen-lámpa lángjában platinadrót végéről



párologtatjuk el (77. ábrán *F*), a nehezen párologókat pedig elektromos szikrák segítségével hozzuk izzó gőzállapotba. A jobb készüléken egyszerre két színekpet látunk egymás alatt; az egyik a vizsgált elem színekpe, a másik pedig ugyanazon elem valamely vegyületének színekpe, mely összehasonlításúl szolgál, oly czélból, hogy a vizsgált elem színekpét biztosan felismerhessük. E végből látunk a 77. ábrán két hőforrást (Bunsen-lámpát) alkalmazva.

Ez eszköz segélyével könnyen megláthatjuk, hogy a natrium izzó gőzének spektruma egyetlen fényes sárga vonalból áll (nagy törőkéességű eszközzel két igen közel eső vonal az); a thallium gőze egy zöld vonalat mutat; a kalium-é egy sötét-vörös és egy ibolya vonal (egymástól tehát



77. ábra.

igen távol); a calcium-é több vörös, sárga, söt zöld és kék is (ez utóbbi két elem izzó gőzének tehát összetett fénye van); a strontium színekpében is több jellemző vörös, sárga és egy kék vonal van; a baryum-éban különösen jellemzők a zöldek; az izzó hydrogen-gáz spektrumát egy vörös, egy kékeszöld és egy kék vonal alkotja. (L. a mellékelt színes táblán.)

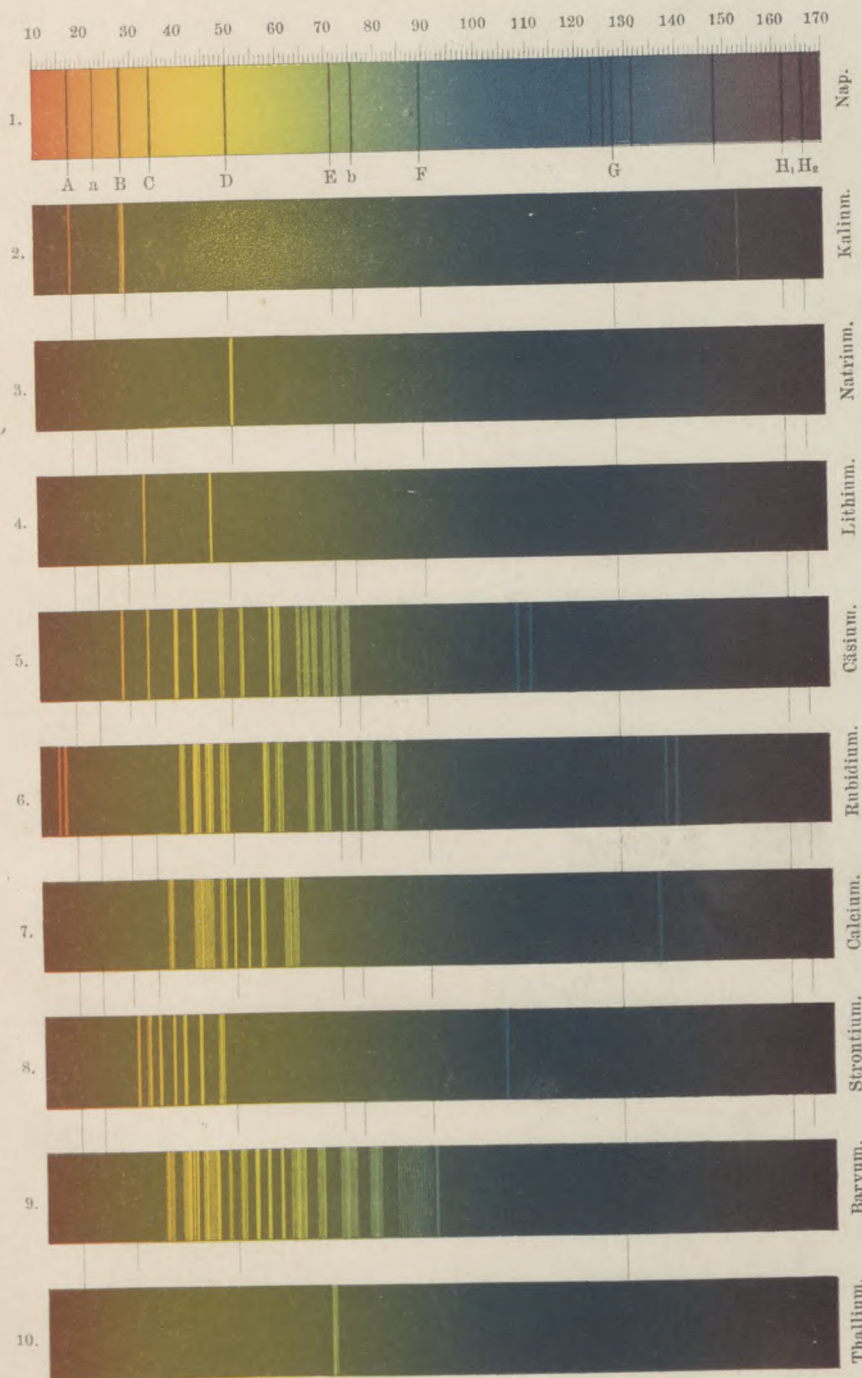
E tény felismerői s helyes magyarázóí és a spektrál-analysis megteremtői *Bunsen* és *Kirchhoff* voltak; e módszerrel fedezett fel *Bunsen* több addig ismeretlen elemet, így a rubidium-ot és caesium-ot; mások a thallium-ot, indium-ot, gallium-ot stb.

*Elnyelési (sötét vonalas) spektruma* átlátszó testeknek (pl. oldatoknak) van. Ez a folytonos színekptől abban tér el, hogy benne bizonyos törékenységgű sugarak hiányoznak, vagyis a folytonos spektrum a hiányzó színek helyein sötét vonalakkal van megszagatva.

Olyankor keletkezik ez, ha az átlátszó test a rajta áthaladó fehér fényből egyes színeket elnyel, visszatart. Szilárd és cseppfolyós testek elnyelési spektrumaiban rendszerint széles, elmosódott szélű sötét sávok mutat-



# SZÍNKÉPTÁBLA.









koznak, melyek az illető test felismerésére szolgálhatnak (pl. vérfoltoknak vagy szénoxid-gázzal történt mérgezésnél a szénoxidos vérnek felismerésére stb.) A gázok és gőzök elnyelési spektrumaiban vékony sötét vonalakat találunk és Kirchhoff nyomán tudjuk, hogy az izzó gáz vagy gőz éppen azokat a színeket tartja vissza a rajta átmenő fehér fényből, melyeket erősen izzó állapotában maga sugároz ki; ezekre tehát átlátszatlan. Kirchhoff ezt olyanformán fejezi ki, hogy: »az izzó gázok és gőzök sugárzó (kibocsátó) és elnyelő képessége ugyanazon törekenységű sugarakra azonos«. (Olyanforma jelenség ez, mint mikor az elektromos ívfénynyel megvilágított szobában a világító gázláng árnyékot vet a falra, jelöl, hogy a rajta áthatoló erősen világító fehér fényt csak meggyengítve ereszti át, vagyis belőle elnyel.)

Így könnyen érthető, hogy ha a fehér fényt natrium-vegyület gőzével (pl. kősóval) sárgára festett lángon át engedjük a prizmára, oly színekpet kapunk, melyben éppen azon a helyen lesz egy sötét vonal, a hol a natrium sárga vonala szokott megjelenni. Ez áll a többi elemekre is, ha azok gőze kerül a fehér fény útjába.

A nap színekében igen sok (pár ezer) ilyen sötét elnyelési vonalat találunk, melyeket már régebben *Frauenhoffer* kezdett pontosabban vizsgálni (*Frauenhoffer*-féle vonalak); ő a feltünőbbeknek és erősebbeknek helyzetét is pontosan megmérte és a 8 legerősebbet *A, B, C, D, E, F, G, H* betűkkel jelölte meg a nap színekében. (L. a színes táblán felül.) *A D* éppen összeesik a natrium sárga vonalával; a *C, E* és *G* a hydrogen-gáz vonalaival stb. *Kirchhoff* ismerte fel először ez összefüggést és a fentebb ismertetett tétele alapján úgy magyarázta, hogy a fehér izzásban lévő nap mindenféle törekenységű (színű) fényt sugároz ki s ez a fény a folyton párolgó napot bizonyos távolságban körülvevő s nála alacsonyabb hőmérsékletű gőzkörön át juthat csak hozzánk; e gőzkörben lévő gőzök azonban éppen azokat a sugarakat tartják a napfényből vissza, melyeket maguk képesek kisugározni, miért is a napspektrumban a megfelelő (elnyelt) sugarak helye sötétben marad.

Így hát e sötét vonalak számot adnak nekünk a nap gőzkörének s így magának a napnak alkatáról. Tényleg kimutatták pontos mérésekkel, hogy a nap színekében lévő elnyelési vonalak közül igen sok, bizonyos ismert földi elemek vonalaival teljesen összevágna s így ez elemeknek a napban való jelenlétét jogosan feltételezhetjük (ilyenek: hydrogen, vas, calcium, magnesium, natrium, chrom, nikkel stb. sőt a helium, mely nevét a naptól kapta, a hol jelenlétét spektruma alapján régebben ismerjük, mint a földön való szereplését).

Az álló csillagok színekében nem ugyanazokat az elnyelési vonalakat találjuk, mint a napéban és így gőzkörük is különböző, bár egyes elemek jelenléte ezekben is igen valószínű.

**Hősugarak és chemiailag ható sugarak.** Kísérletileg kimutatták, hogy a nap fehér fényében lévő sugarak nem egyenlő fényerősségűek; legjobban

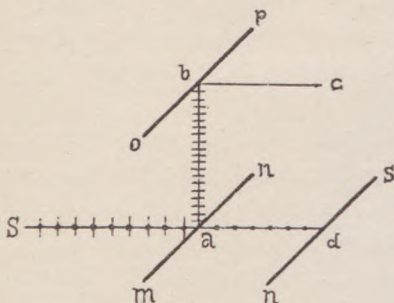


világítanak a színek sárga részét képezők (világító sugarak). De a fénysugarak egyúttal melegítenek is (hősugarak); legerősebben a spektrum vörösön túli láthatatlan részében. Sőt a fénysugarak kémiai hatásokat is létesítenek (fotografia), leginkább a színek ibolya része (kémiai sugarak), de az ibolyán túl lévő nem látható résznek is van ily hatása.

A különböző sebességű éterrezgések tehát nem egyenlők hatásaikban sem.

**Különleges fénysugarak.** Az elnyelt fény hővé szokott átváltozni, de kémiai munkát is végezhet. Néha rezgési gyorsasága változik meg, vagyis más színű fényvé válik át. Így látjuk ezt a *fluorescentia* jelenségénél; pl. a petroleum, a savanyú hig chinin-oldat átvilágítva szintelen, de felületén megvilágítva kékes.

Némely testek meg sötétben világítanak. E jelenség feltűnő a phosphoron s róla *phosphorescentiának* nevezik. Ennek oka nyilván kémiai folyamatokban rejlik, melyeknél gyenge fény képződik.



78. ábra.

Más esetekben a visszavert vagy megtört fény kap egész sajátos tulajdonságokat. Például az u. n. *sarkítás* (polarisatio) jelenségében.

Ez abban nyilvánul, hogy ha a fénysugár (*S*) bizonyos felületről (*mn*) visszaverődik — üvegnél  $55^\circ$ , víznél  $53^\circ$  szög alatt (78. ábra), — akkor a visszavert (*ab*) és az átment sugár (*ad*) megváltozott, mert ha egy

más (üveg-) lemezt (*op*) az elsővel párhuzamosan úgy állítunk, hogy erre is ugyanakkora szög alatt essék a visszavert fény s aztán a sugár körül (mint tengely körül) bizonyos szög alatt elforgatjuk azt,  $90^\circ$ -os elfordításnál már vagy csak visszaverődik vagy csak átmege, de egyszerre a két tünemény nem mutatkozik,  $270^\circ$ -os elfordításnál a jelenség ismétlődik. Az így megváltozott fényt sarkítottak nevezték el. Az izlandi pát (átlátszó szénsavas mészhomboédres kristálya) bizonyos irányban a fényt kettéosztva bocsátja át (kettős törés). Mind a két sugár sarkított. Ezzel a sarkított fényvel számos kémiai test (cukor, chinin stb.) jelenlétét kimutathatjuk, sőt megmérhetjük, mert ezek oldatai a sarkított fény rezgési síkját jellemző módon forgatják el (jobbra forgató cukor = dextrose, balra forgató cukor = laevulose).

A polarisatio alapján arra is következtetnek, hogy a fénysugárban az éter a sugár irányára merőlegesen rezeg.



## IV. RÉSZ.

### Hőtan.

Hő (melegség) igen sokféle módon keletkezhetik, u. m. mechanikai munka (dörzsölés, ütés, nyomás) árán, chemiai folyamatoknál, pl. égésnél, elektromosság áramlásánál stb., vagyis az erélynek (energiának) több fajából; minthogy pedig a hővel mechanikai munkát végezhetünk, chemiai folyamatokat létesíthetünk, elektromosságot termelhetünk, — felvehetjük, hogy a hő az erélynek egy faja.

Ha a különböző testeket megtapintjuk, sőt ugyanazt a testet is különböző körülmények közt (pl. a cseppfolyós vizet, a megfagyott vizet, vagyis jeget, a forró vízből felszálló gőzt), azokat nem egyenlő melegeknek tapasztaljuk; egyszer hidegnek, másszor hűvösnek, majd langyosnak, melegnek, sőt forrónak mondjuk azokat.

E fokozatok oda mutatnak és arra vonatkoznak, hogy a testben a hőnek nem mindig egyenlő mennyisége van jelen. Ezt a különböző hőállapotot *hőmérsékletnek* szoktuk mondani s felvesszük, hogy hőnyerés folytán a hőmérséklet fokozódik (emelkedik), hővesztés folytán pedig csökken (alább száll).

A testek hőállapotának a hőmérsékleten kívül még tényezői a test tömege és minősége.

A hőmérsékletet pontosan a hőmérővel mérjük meg.

**Hőmérő.** Ez az eszköz a testek hőmérsékletének mérésére szolgál s a hőnek azon hatásán alapul, hogy bizonyos testek térfogata a velök közölt hővel arányosan nagyobbodik.

Különösen szabályosan történik ez a térfogat-nagyobbodás a gázoknál, pl. a levegőnél, miért is ezek szolgáltatnák a legmegbízhatóbb hőmérőket; de mert ezek terjedékenyek, szivesebben veszünk helyettük folyadékokat, melyek térfogat-változásait könnyebben mérhetjük; igen magas hőmérsékletek mérésére néha szilárd testeket is alkalmazunk.

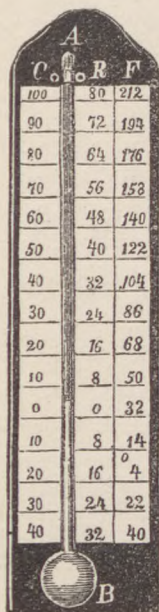
Legáltalánosabban használják a higanyos hőmérőket, vagy igen alacsony hőmérsékletek mérésére — a hol a higany már megfagy — a borszeszes hőmérőt.

A higany azért igen alkalmas, mert térfogatát tág hőmérsékleti határok közt a vele közölt hővel arányosan változtatja meg; fagyáspontja



mélyen, forráspontja magasan fekszik s ez utóbbi még növelhető, ha a hőmérőt a higany fölött arra hatástalan gázzal (nitrogen) töltik meg; jó hővezető, vagyis gyorsan átveszi a környezet hőmérsékletét s végül már kis hőmérséklet-változás észrevehető térfogat-nagyobbodását okozza.

Háromféle fokokat szoktak alkalmazni a hőmérőkön; ezek a *Celsius*-féle, a *Réaumur*-féle és a *Fahrenheit*-féle. Utóbbit csak az angol népek használják. A közéletben legelterjedtebb a Réaumur-féle, a tudományos világban pedig a Celsius-féle s ez utóbbi használata rövidesen egész általános és valószínűen kizárólagos lesz.



79. ábra.

Mindezen hőmérők egyenletes és szűk csatornájú üvegcsövek, melyek egyik vége egy gömbbe vagy hosszúkás edénybe tágul ki, másik végük egyszerűen be van forrasztva; a gömböt és a cső egy részét tiszta higany tölti ki, mely fölött a csőnek általa be nem töltött része vagy léghijas, vagy (magas fokokra osztott hőmérőnél) nitrogen-gázt tartalmaz, melynek nyomása a kitáguló higany forráspontját emeli és így még a rendes forráspontján is akadályozza annak gőzzé válását.

A fokjelzések vagy magán a hőmérő csövén, vagy az alája alkalmazott deszka- vagy fémlapon vannak.

A fokok megállapítása úgy történik, hogy a hőmérőt olvadó jég közé állítják, s ha a higanyfonál teljesen megállapodott, végéhez jelt tesznek és ezt 0-val jelölik; azután beleállítják a szabályos légköri nyomáson forralt víz gőzébe s a kitágult higany állását Celsius szerint 100-zal, Réaumur szerint 80-nal jelölik. A két pont közti távolságot (alaptávolságot) Celsius szerint 100 egyenlő részre (fokra) osztják be, Réaumur szerint 80-ra; de ugyanily nagyságú fokokat esetleg még a 100<sup>o</sup>-on és 80<sup>o</sup>-on túl (a víz forráspontja fölött) felfelé is raknak fel. Mindezek + (plus) fokoknak jeleztetnek. De a 0<sup>o</sup> alatt (a jég olvadáspontja, vagyis a víz fagyáspontja alatt) lefelé is raknak fel ugyanakkora fokokat s ezeket megkülönböztetésül — (minus) fokoknak jelzik (79. ábra).

A mondottak szerint 80<sup>o</sup> Réaumur egyenlő 100<sup>o</sup> Celsius-sal, vagyis 8<sup>o</sup> R = 10<sup>o</sup> C-sal, vagy 4<sup>o</sup> R = 5<sup>o</sup> C-sal. Ez alapon:  $\frac{4}{5}$ -del szorozva az ismert C-fokokat, kapjuk az ismeretlen (x) R-fokokat; fordítva:  $\frac{5}{4}$ -del szorozva az ismert R-fokokat, kapjuk az ismeretlen (x) C-fokokat; tehát  $x R^o = \frac{4}{5} C^o$  és  $x C^o = \frac{5}{4} R^o$ .

A Fahrenheit-féle hőmérő 0 foka egy bizonyos hűtőkeverék hőmérsékletének felel meg s jóval mélyebben van mint a jég olvadáspontja; a 0<sup>o</sup> F a — 17.7<sup>o</sup> C-sal esik össze. A jég olvadáspontja a F-féle hőmérőn + 32<sup>o</sup>-kal, a víz forráspontja pedig 212<sup>o</sup>-kal van megjelölve; így tehát itt a Celsius-féle 100 foknak vagy a Réaumur-féle 80 foknak (212 — 32 =) 180 fokosztás felel meg. Ez alapon az átszámítás következő lesz:

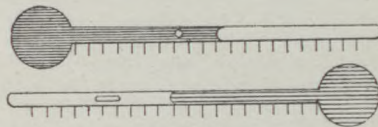


$$\begin{array}{rcl}
 R^0 & C^0 & F^0 \\
 80 & = 100 & = 180 (+ 32) \\
 8 & = 10 & = 18 (+ 32) \\
 4 & = 5 & = 9 (+ 32)
 \end{array}$$

vagyis a R- és C-fokokat úgy számítjuk át F-fokokká, hogy azokat 9-czel megszorozzuk s 4-gyel vagy 5-tel elosztjuk, a hányadoshoz pedig még 32-t hozzáadunk:  $x F^0 = \frac{9}{4} R^0 + 32$  és  $x F^0 = \frac{9}{5} C^0 + 32$ . Gyakrabban szükséges, hogy a F-fokokat számítsuk át R- vagy C-fokokká; e végből a F-fokokból előbb 32-t levonunk s azután 4-gyel vagy 5-tel megszorozzuk és 9-czel elosztjuk:  $x R^0 = \frac{4}{9} (F^0 - 32)$  és  $x C^0 = \frac{5}{9} (F^0 - 32)$ .

Orvosi czélokra, az emberi test hőmérsékletének mérésére, használatosak a *maximum-hőmérők* (lázmérők); meteorologiai czélokra ezek és a *minimum-hőmérők*, melyek a 24 óra alatt beálló legmagasabb és legalacsonyabb levegő-hőmérsékletet feljegyzik. Legjobb az olyan maximum-hőmérő, a melyet az orvos is használ az emberi test hőmérsékletének ellenőrizésére; ez oly (tizedfokokra beosztott) higanyos hőmérő, melynek csatornája a gömb előtt igen finom hajszálcsővé szűkül el s

ezért, ha a higany melegszik, szabadon terjed ki, de ha összehúzódni kezd (tehát a legkisebb lehűlésnél) megszakad a szűkületben a higanyfonál s csak a gömbben lévő higany húzódik össze, a csőben levő higanyfonál vége azonban a legmagasabb hőmér-



80. ábra.

sékletet jelző foknál marad. Leolvasás után gyengén le kell rázni a higanyfonalat a hőmérő gömbjébe s így a hőmérő új mérésre elő van készítve. Oly fekvő helyzetű maximum-hőmérőt is használnak, melyben a higany egy kis aczélpálczát tol maga előtt, s ha visszahúzódik, ott hagyja (80. ábrán alul); leolvasás után ezt egy mágnessel húzzuk a higanyhoz vissza. A minimum-hőmérő rendesen fekvő helyzetben lévő borszeszes hőmérő, melynek csatornájában a borszeszben kis tapadó színes végű üveg-pálczika van, melyet a lehűlésnél visszahúzódó borszesz felületi feszültsége magával húz mindaddig, míg melegedni kezd; ekkor visszahagyja s mellette elhaladva szabadon terjed ki. Ennél tehát a pálczikának a borszesz felülete felé eső vége jelzi a legalacsonyabb hőfokot (80. ábrán felül). Leolvasás után a pálczikát óvatos rázogatóással a borszesz felületéhez csúsztatjuk s így beállítjuk új észlelésre.

**Hőterjedés.** A hőterjedésnek háromféle módja van: vezetés, áramlás és sugárzás.

*Vezetés* útján a hő úgy terjed, hogy különböző hőmérsékletű testrészek közt részecskéről részecskére átmegy, mindaddig, míg a hőmérsékleti különbségeket ki nem egyenlítette. A hő terjedésének ez a módja általában lassan történik, de különböző anyagú testekben különböző idő alatt. Ehhez képest beszélünk *jó hővezetők*ről és *rossz hővezetők*ről.



Jó hővezetők: a fémek (legjobb az ezüst és a réz); rossz hővezetők: a nem fémes elemek, az üveg, a hamu, kő, föld, szalma, fa, szőr, bőr, selyem, szövetek; igen rossz hővezetők: a folyadékok (a higanyt kivéve), ha bennük áramlás nem történik; legrosszabb hővezetők: a gázok (pl. a kettős ablakok közé zárt levegő).

A jó vezetőket a melegedéstől vagy kihűléstől az által védhetjük, ha rossz vezetőkkel burkoljuk be és választjuk el (izoláljuk) a környezettől. (Télen a szivattyúskút köpűjét szalmával bekötözik, a melegebb vidékekről származó növényeket letakarják vagy bekötözik; testünket ruházattal védjük stb.)

*Áramlás* útján a rossz vezető folyadékokban és gázokban a hő sokkal gyorsabban terjed el, mint vezetéssel. Például ha egy kémcsövet vízzel megtöltünk és felső részét melegítjük, a víz itt forr, de alul a víz egészen hideg marad, mert a felül melegített víz kisebb fajsúlya folytán fent marad s áramlás nem jön létre; ellenben ha alul melegítjük a kémcsövet, a megmelegedett vízrészecskék kisebb fajsúlyuknál fogva állandóan felfelé szállnak s helyükre hidegebb vízrészecskék kerülnek, mindaddig, míg az egész tömeg forr. Gázokon hasonlót tapasztalunk, például a lakó helyiségek fűtésénél, a hol a kályhát környező megmelegedett, tehát kisebb fajsúlyú levegő állandóan felfelé száll s helyére hűvösebb levegő kerül.

*Sugárzás* útján a hő éppen úgy terjed, mint a fény; tehát óriási gyorsasággal. Például a nap melege sugárzás útján a fénnyel együtt jön a földünkre, még pedig a nélkül, hogy a közbeneső levegőt felmelegítené; földünk felülete aztán a hősugarakat elnyeli, melyek itt vezetett hővé változnak át; ez a vezetett hő aztán a föld színével érintkező alsó levegőrétegre lassacskán áterjed, miért is ez mindig melegebb, mint a felső levegőrétegek.

A vezetett hő azonban visszaváltozhat sugárzó hővé; pl. földünk felszíne a naptól nappal kapott meleg nagy részét éjszaka a világűrbe kisugározza, különösen derült égboltozat mellett, midőn az égen nincsen a hősugarakat visszaverő felhőzet.

Az egyenetlen felületű és sötét színű testeknek hőelnyelő és hőkisugárzó képessége a legnagyobb; a sima, fényes, világos színű felületű testek fordítva viselkednek.

**Mi a hő?** A sugárzó hőre a fény törvényei azonosak, miért is felvehetjük, hogy a sugárzó hő sem egyéb, mint a világéter rezgéseinek kereszt-hullámokban terjedő erélye.

A vezetett hőt ellenben úgy fogjuk fel, mint a test legkisebb részecskéinek mozgási erélyét.

Tény az, hogy a mechanikai munka és egyéb erélyfajok átváltoztathatók hővé és viszont. Például: dörzsölésnél meleg képződik; elnyelt fénysugarak meleget termelnek; nagy ellenállású vezetéken áramló elektromosság hővé változik; kémiai erély hővé átváltozhat (égés). Viszont hővel



mechanikai munkát végezhetünk (hőgépek); fényt és elektromosságot termelhetünk; chemiai átváltozásokat létesíthetünk. *Julius Robert Mayer* (1842.) megmérte, hogy a hő mechanikai egyenértéke 424 meterkilogramm, vagyis a hőmennyiségek mérésére szolgáló *hőegység* (caloria) — tehát az a melegmennyiség, mely egy kilogrammnyi víz hőmérsékletét egy fokkal emeli — 424 kilogramm súlyú testet egy meter magasra képes emelni.

**Fajhő.** Azt a melegmennyiséget értjük ez alatt, mely 1 kilogramm súlyú test hőmérsékletét egy hőfokkal emeli. A hőmennyiség egységéül (hőegység = caloria) a víz fajhője szolgál, mely tehát 1 kgr. víz hőmérsékletét egy fokkal emeli. Míg a víz fajhője e szerint 1 hőegység, addig más testek fajhője általában kisebb; pl. a jég fajhője 0.504, vízgőzé 0.481, borszeszé 0.489, üvegé 0.177, higanyé 0.033, rézé 0.095, vasé 0.113, ólomé 0.031, kéné 0.178, levegőé (állandó nyomás mellett) 0.237, de a hidrogén-gázé 3.409.

**Hőokozta térfogatváltozások.** A hőváltozások a testek térfogatváltozásait okozzák. Rendes eset az, hogy a hő a test térfogatát nagyobbítja s ritka eset az, midőn a hő hatása folytán a test összehúzódik (pl. agyag).

Ez a kiterjedés különféle testeken nem egyenlő mérvű, mint mondjuk: azok kiterjedési tényezője különböző.

*Vonalas* (egyirányú) *kiterjedési tényező* a hosszúságegységnek és egy hőfoknak felel meg, a *területi kiterjedési tényező* ennek kétszerese, a *térfogat kiterjedési tényező* háromszorosa; ez utóbbi a fenyőfánál: 0.000003, a platinánál és üvegnél közel egyenlő: 0.000008, a réznél 0.000017, higanynál 0.00018. A víz legsűrűbb + 4°-on, ezen alul és felül egyaránt kiterjed s a 0°-os víz térfogata éppen akkora, mint a + 9°-osé; megfagyáskor még jobban kiterjed s a jég kisebb fajsúlyú, mint a víz, melyen éppen ezért úszik. Számos test van, mely a megfagyáskor kiterjed (megolvadáskor összehúzódik), pl. a vas, bizmút, antimón; ellenben a kén, stearin, zsír a megfagyáskor összehúzódik (megolvadáskor kiterjed).

Legkisebb általában a szilárd testek kiterjedési tényezője; nagyobb a folyadékoké, de legnagyobb a gázoké.

Érdekes, hogy minden gáz kiterjedési tényezője egyenlő; és pedig állandó nyomás mellett =  $\frac{1}{273}$ ; vagyis minden gáz, 1°-kal melegítve, térfogatát  $\frac{1}{273}$ -részszel (= 0.00366 . .) növeli. 273°-kal melegítve tehát, térfogata még egyszer akkora lesz. Ha azonban a hevített gázt nem engedjük kiterjedni (zárt edényben hevítjük): akkor az edény falaira gyakorolt nyomása (feszítő ereje) nő éppen olyan mérvben, tehát minden hőfokon  $\frac{1}{273}$ -részszel. E tényeket úgy magyarázzuk, hogy felveszszük, miszerint a gázok egyenlő térfogataiban (egyenlő nyomás és hőmérséklet esetén!) egyenlő számú molekulák vannak, melyek egyenes vonalú haladó mozgásban lévén, részint egymáshoz s részint az edény falaihoz ütköznek; ez ütközések eredője: a gázok *feszítő ereje*. Minthogy pedig a gáz-molekulák közt a cohaesio jóformán nem működik, a hő hatásától függ tisztán a gázok térfogata és nyomása; ugyanis hevítvén a gázokat, a molekulákat távolító erő (hő) hatása



folytán, illetve a molekulák megnövelt sebessége folytán a térfogat arányosan növekedik, vagy ha ez (zárt edényben) nem lehet, úgy a nagyobb sebességgel mozgó molekulák ütközése hevesebb és szaporább lesz s ez a feszítő erő növekedésében nyilvánul meg. E feltevés szerint a gázból hőt vonván el: csökkentjük a gáz-molekulák mozgási sebességét minden egyes hőfokcsökkenésnél  $\frac{1}{273}$ -részszel; tehát  $0^\circ$ -ról —  $273^\circ$ -ra hűtvén le a gázt (feltéven, hogy az gáz marad!):  $273 \times \frac{1}{273}$ -ét, vagyis összes mozgási sebességét el kellene hogy veszítse. Ezt a  $-273^\circ$  C-t éppen ezért *abszolút zéruspontnak* szokás mondani (ezen a gázok molekulái teljes nyugalomban volnának) s a hőmérsékleteket tudományos vizsgálatokban sokszor e hőfoktól számítják (*abszolút hőmérséklet*).

**Halmazállapot-változások,** mint a hő hatásai. A szilárd testek faji tulajdonságaik szerint bizonyos hőfokra hevítetvén, megolvadnak. A cseppfolyós testek lehűtetvén, megfagynak. E két jelenség ugyanannál a testnél tulajdonképpen ugyanazon hőmérsékleten következik be, úgy hogy az *olvadáspont* és a *fagyáspont* összeesik; mégis az olvadáspont szabályosabban lép fel. A hőmérséklet az olvadás és a megfagyás egész tartama alatt állandó s különösen az olvadásnál jól megfigyelhető.

**Olvadás.** A különféle szilárd testek olvadáspontjai igen eltérnek egymástól. (A platina  $2000^\circ$  fölött olvad meg, a vert vas  $1600^\circ$  körül, az aczél  $1300$ — $1400^\circ$ -on, az arany  $1200^\circ$ -on, a réz  $1100^\circ$ -on, az ezüst  $1000^\circ$ -on, a zink  $360^\circ$ -on, az ón  $230^\circ$ -on, a kén  $113^\circ$ -on, a fém-natrium  $90^\circ$ -on, a sárga viasz  $61^\circ$ -on, a paraffin  $46^\circ$ -on, a foszfor  $44^\circ$ -on, a jég  $0^\circ$ -on, a higany —  $39^\circ$ -on, a megfagyott széndioxid még alacsonyabb hőmérsékleten stb.). Kis nyomáskülönbségek (pl. a levegőnyomás ingadozásai) nincsenek észrevehető hatással az olvadáspontra, azonban igen nagy nyomások alatt azok a testek, melyeknek a megolvadáskor térfogatuk nagyobbodik (pl. a paraffin), valamivel magasabb hőmérsékleten olvadnak meg (mert a kiterjesztésre a nagy nyomás ellenében több erő kell); ellenben azok, a melyek a megolvadáskor összehúzódnak (pl. a jég), igen nagy nyomások alatt valamivel alacsonyabb hőmérsékleten olvadnak meg, mert az összehúzódást a nagy nyomás elősegíti; így a jég 17 légköri nyomás alatt ( $1 \text{ cm}^2$ -nyi felületen  $17 \times 1.033 \text{ kgr.} = 17.56 \text{ kgr.}$ ) —  $0.13^\circ$ -on olvad meg, a paraffin ellenben (olv. p.  $46.3^\circ$ ) 100 légköri nyomás alatt ( $1 \text{ cm}^2$ -nyi felületen  $100 \times 1.033 \text{ kgr.} = 103.3 \text{ kgr.}$ ) csak  $49.9^\circ$ -on olvad meg. Az olvadáspontra (fagyáspontra) befolyással van az anyag tisztasága is; sóoldat fagyáspontja csökken; ötvözetek olvadáspontja alacsonyabb, mint az alkotórészek olvadáspontjainak számtani középértéke.

**Olvadási hő.** A hőmérséklet, mihelyt a hevített test felmelegedett az olvadáspontra, az olvadás egész tartama alatt állandó marad s csak akkor kezd ismét feljebb szállni, mikor az egész tömeg megolvadt. Tehát az olvadásnál hő tűnik el, hő halmozódik fel a megolvadt testben, a nélkül, hogy ezt a hőmérő mutatná (*rejtett hő*). Ez az eltűnő hő a halmazállapot meg-



változtatására szükséges, de el nem vész, csak átváltozik a molekulák helyzeti erélyévé s mihelyt a folyadék megszilárdul (megfagy), azonnal változatlan mennyiségű hővé változik vissza. Az olvadási hő a test anyagi minősége szerint nem egyenlő; 1 kgr.-nyi testre vonatkoztatva a jég olvadási hője 80 hőegység, a zinké 28·1 hőegység, az ólomé 5·3 hőegység, a higanyé csak 2·8 hőegység.

**Oldás.** Ez szilárd test és folyadék (oldószer) közt az által jön létre, hogy a két test molekulái közt akkora tapadás (adhaesio) lép fel, hogy az összetartó erő (cohaesio) többé nem bírja összetartani az egymű szilárd részecskéket, miért is ezek szétoszolnak a folyadék részecskéi közt és azzal u. n. oldatot alkotnak. Ez az u. n. fizikai oldás, melynél az oldott test jellemző tulajdonságai megmaradnak (pl. a cukor vízben); de van kémiai oldás is, a midőn a jellegzetes tulajdonságok megváltoznak (pl. fém-zink sósavban). Ha az oldat éppen annyi oldott testet tartalmaz, a mennyit az adott hőmérsékleten képes, az oldat *telített*; különben *telítetlen* (ha kevesebbet tartalmaz), de lehet *túltelített* is (ha többet tartalmaz). A telítetlen oldat telítetté lesz, ha még szilárd testet oldunk benne, vagy ha kellő fokig lehűtjük (mert a hideg folyadék rendszeren kevesebbet képes oldani, mint a melegebb), vagy ha az oldószer egy részét eltávolítjuk, pl. elpárologtatás útján. Ha az oldat állandóan felesleges szilárd testtel (kivált porrá törttel) érintkezik, akkor telített marad.

Az oldásnál is tűnik el hő, az u. n. *oldási hő*; pl. jodkalium vagy szalamia-só és víz keverésekor az oldat lehül (3 r. törött jég vagy hó és 1 r. kősó keveréke 0°-ról—21°-ra hűlhet le).

Megesik azonban, hogy oldáskor meleg képződik, pl. ha megolvasztott calciumchloridot, káliúgot vagy vízmentes kénsavas rezet stb. oldunk fel vízben; ilyenkor az oldott test a vízzel egyesül, tehát nem tisztán fizikai oldás ment végbe, ellenkezőleg a hőt a kémiai egyesülés termelte.

**Túlhűlés.** A megfagyás nem következik be oly szabályosan, mint az olvadás. A víz csendes helyen, minden rázkódás nélkül, bedugaszolt edényben több fokkal lehűthető 0° alá, a nélkül, hogy megfagyna; de csekély rázás, esetleg a dugó kiemelése is elegendő arra, hogy egyszerre megfagyjon a víz s hőmérséklete a belőle kiszabaduló rejtett hő hatása folytán a rendes fagyáspontra, 0°-ra, felszökjék. Hasonló jelenség az oldatok túlhűtése, illetőleg *túltelítése* (saját kristályvizében megolvasztott s aztán lehült Glauber-só vagy natriumthiosulfat, vattadugós palaczkban), melynél a legparányibb kristálydarab bedobása előidézi az egész tömeg gyors megkristályosodását.

**Párolgás és forrás.** Valahányszor a hő hatása a folyadék (esetleg némely szilárd test, pl. kámfor) részecskéi közt az összetartást megszünteti, a folyadék gőzzé (párává) lesz. Ez kétféle módon történhetik: forrás és párolgás útján.

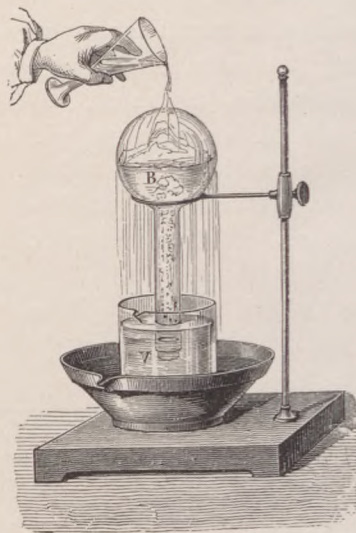
**Forráskor** a folyadék belsejében gőzbuborékok keletkeznek, melyeknek feszítő ereje ugyanakkora, mint a folyadékra nehezedő nyomás. A forrás egy



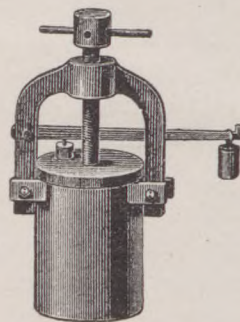
bizonyos hőmérsékleten jön létre, mely függ a folyadék anyagi minőségétől és a nyomástól. Az a hőmérséklet, melyen a folyadék a szabályos légköri nyomás alatt (76 cm. magas higanyoszlop nyomása, vagyis 1 cm.<sup>2</sup>-re 1033 gr.) forrásba jön, az *illető folyadék forráspontja* lesz; e hőfokon a folyadékból felszálló gőz nyomása (feszítő ereje) egyenlő a szabályos légköri nyomással. A víz forráspontja 100°, a higanyé 357°, az aethylalkoholé 78·5°, az aethyl-aetheré 35° stb.

Kisebb nyomások alatt a folyadékok megfelelően alacsonyabb hőmérsékleten forrnak, mert már kevesebb gőz képes a folyadék felszínére nehezedő kisebb nyomást legyőzni; így a víz a 81. ábra szerint egy gömbölyű hasú lombikban jól kiforralva és hirtelen bedugaszolva (hogy semmi levegő bele ne hatolhasson), ha fordított helyzetbe állítatják, a ráöntött hideg

víztől — bár tetemesen lehül — mégis forrásnak indul, mert a rácsurgatott hideg víz a lombikban lévő gőzt lecsapja s a nyomás ilyen csökkenésével a lehülő folyadék még sokáig



81. ábra.



82. ábra.

forrásban tartható. Ugyancsak a levegőnek a szabályosnál jóval kisebb nyomása folytán a víz a Szt-Bernát-hegyen 91°-on, a Montblanc csúcsán 85°-on forr nyitott edényben. Ilyen helyeken főzéskor jó szolgálatot tesz a *Papin-fazék* (82. ábra), melynek légmentesen záró tetején oly biztosító szelep van, mely csak megfelelő (pl. egy légköri) gőznyomáson nyílik meg s így a víz a fazékban az ott lévő nagyobb nyomás alatt magasabb hőfokon forr, mint a nyitott edényben és így az étel megpuhulását elősegíti.

Gőzkazánokban ugyanez elv szerint a víz jóval 100° fölé forr; pl. 2 légköri nyomású gőzt szolgáltató kazánban 120°-on, 3 légköri nyomáson 130°-on, 4·7 légköri nyomáson 150°-on forr a víz és így tovább.

Azonban a forráspont függ a folyadék tisztaságától is; szilárd testeket tartalmazó vizes oldatok forráspontja pl. magasabb a vízénél. Függ az edény alakjától, felületének simaságától és anyagától is kissé. Függ a folyadék



gáztartalmától is, s például erősen kiforralt (gázt, pl. levegőt többé nem tartalmazó) víz könnyen túlhevül. Érdes felületű testek, pl. platinadarabkák jelenléte a túlhevülést és az erre hirtelen fellépő s néha veszedelmes rohamosságú gőzképződést megakadályozza. De ha a forró folyadék hőmérséklete így ingadoz is, a belőle eltávozó forró gőz hőmérséklete ugyanazon nyomás alatt állandó; ezért forráspontok megállapításánál a hőmérőnek csak a gőzzel szabad érintkeznie.

A *párolgás* a forrástól eltérőleg oly gőzképződés, mely csak a test felületén megy végbe; ennél gőzbuborékok nem keletkeznek. A párolgás minden hőmérsékleten lehetséges (persze melegben gyorsabban megy) s szilárd testeken is fellép (szagos szilárd testek: kámfor, menthol, jód stb.).

*Párolgási hő.* Ez is a rejtett hő egy neme. Akkor tűnik el, a mikor a folyadék párolog vagy forr, melynek hőmérséklete a forrás egész tartama alatt állandó. Az eltűnő hő a forró folyadékkal azonos hőmérsékletű gőz részecskéiben halmozódik fel, mint a helyzeti erély egy faja s a folyadék részecskéit összetartó cohaesio legyőzésére fordítottatott. De ha a gőz folyadékká csapódik le, a helyzeti erély megint csak hővé lesz s mint ilyen vonatik el a testtől. A párolgási hő nagysága különben függ a hőmérséklettől is. 100<sup>o</sup>-os vízgőz 1 kgr.-jában 536 hőegység az; ennyi hőt kell tehát hűtéssel elvonni egy kilogrammnyi 100<sup>o</sup>-os vízgőzből, hogy abból ugyancsak 100<sup>o</sup>-os cseppfolyós víz keletkezzék.

A párolgási hő eltűnését megfigyelhetjük, ha igen illanó folyadékokat, pl. aethylaethert gyorsan elpárologtatunk; e folyadékok pár grammja tenyerünkről elpárologtatva, a gőzzé alakulásához szükséges hőt tenyerünkről vonja el és ez igen érezhetően lehül; ha pedig az asztalra pár csepp vizet öntünk s ebbe egy vékony fémcsészét állítva abba kevés aethert öntünk s az aether elpárolgását ráfújtatott levegővel gyorsítjuk, a víz meg is fagy. Ez elven alapulnak a jéggépek, melyekből cseppfolyóvá sűrűsített vízmentes ammoniát gyors szivattyúzással rohamosan elpárologtatnak (s persze aztán megint megsűrűsitenek): az edényt körülvevő víz tömör jéggé fagy.

**Gázok megsűrűsítése.** Manapság nemcsak a gőzöket (melyek a megsűrűsítéshez aránylag közel álló gázok), hanem a gázokat is (vagyis túlhevített gőzöket) meg tudjuk megfelelő hűtéssel cseppfolyóvá sűrűsíteni. A megsűrűsödést megkönnyíti nagy nyomások alkalmazása. Van azonban minden gázra és gőzre egy-egy rá jellemző hőmérséklet, u. n. *válságos* vagy *kritikus hőfok*, melynél ha melegebb, semmi nyomás alatt se lesz folyadékká; okvetetlenül e válságos hőmérséklet alá kell tehát lehűteni a gázt vagy gőzt, ha megfelelő nyomással cseppfolyósítani akarjuk. (A széndioxid-gáz válságos hőmérséklete +30.9<sup>o</sup>.)

**Hőforrások és hőgépek.** Végelemzetben minden hő, sőt minden erély ősforrása reánk nézve a nap, melynek világító és melegítő sugarai nélkül nem volna sem növényi, sem állati élet földünkön. Hiszen a nap okozta hőmérsékleti ingadozások okozzák a levegő mozgását: a szeleket, a víz

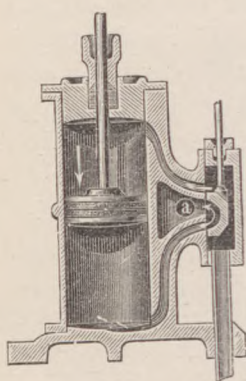


párolgását és lecsapódását s vándorlását vissza a tengerekbe, a honnan megint elpárolog. Ennek köszönjük a fának s a (növényi eredetű) kőszénnek, tehát tüzelő anyagainknak s végelemzetben minden mozgató erőnknek a létesülését. A nap erélye az, mely a helyzeti erély számos fájában (pl. mint chemiai erély is) felhalmozódik s általunk szükség esetén ismét hasznos munkát végző mozgási erélylyé változtatható át, hogy végül megint hővé alakulva a világűrbe szóródjék szét kisugárzás által s reánk nézve veszendőbe menjen.

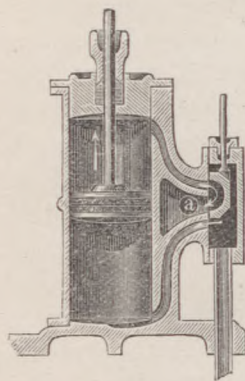
Sokan igyekeztek okát adni, honnan s miként képződik az az óriási s kifogyhatatlannak látszó erélymennyiség, melyet a nap szünet nélkül szétsugároz a világűrbe s melynek egy csekély részét földünk kapja. Legvalószínűbbnek látszik *Helmholtz*-nak az a feltevése, hogy a nap roppant

tömegének rendkívül lassú, de folytonos összehúzóódása termeli azt az óriási hőmennyiséget, mely a nap folytonos hővesztését állandóan pótolni képes és kétségtelenül rendkívül magas (izzó) hőmérsékletét lejjebb szállni nem engedi.

Minket a hő — mely nélkül pillanatig sem élhetnénk — annál inkább érdekel, mert legtöbb munkát hőgéppel végeztünk el. Hőgép maga testünk is s hővel mozgatjuk gépeinket. A



83. ábra.



84. ábra.

hő testünkben az elfogyasztott és megemésztett táplálék lassú elégése folytán keletkezik s becslések szerint  $\frac{3}{4}$  részben a test hőmérsékletének fenntartására s a belső mozgások (vérkeringés, lélegzés stb.) elvégzésére, vagyis az életműködés fenntartására szolgál,  $\frac{1}{4}$  részben azonban mechanikai munkává változtatható át.

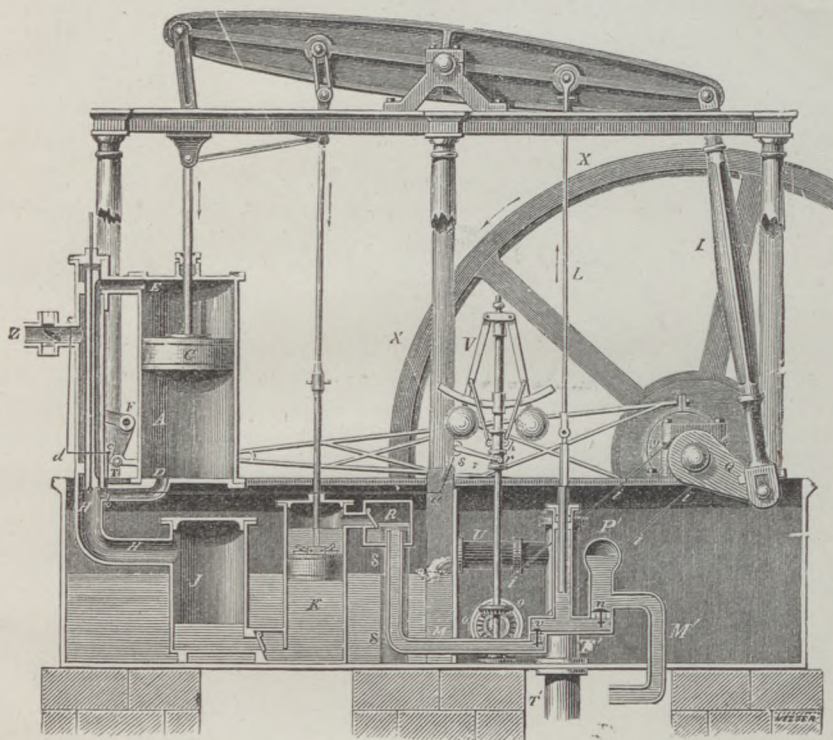
Hőgépeinket fűtőanyagokkal tápláljuk, ezek elégetésével termeljük a mozgató erőt: a melegséget. Mindezekben a hőgépekben a meleget csak úgy változtathatjuk át munkává, hogy lehetővé tesszük a hőnek melegebb helyről hidegebbre áramlását.

Hőgépeink közt legbecsesebbek a *gőzgépek*. Már Krisztus születése előtt kétszáz évvel szerkesztett az alexandriai *Heron* oly eszközt, melyet a gőz feszítő ereje mozgattott. Ez függélyes tengely körül forogható gömb volt, melyben vizet forralt s a gőz a gömb oldalain megerősített csöveken egy irányban (a Segner-féle kerék módjára) tódulván ki, a gömböt (a féloldali nyomás folytán) forgásnak indította. Ezt munka végzésére éppen úgy nem használták, mint a francia *Papin* gépjét (1690.), a ki egy hengerben vizet forralt s a gőz nyomásával a hengerbe illő dugót feltolatta;



aztán a forralást megszüntetve, a dugót a fölébe öntött hideg vízzel lehűtötte, s ha ettől a gőz lecsapódott, a dugót a levegő nyomása visszatolta.

Használható gőzgépet az angol *Newcoman* és *Cawley* szerkesztettek először a Papin elve szerint, de *Watt* (szintén angol) adta meg annak azt az alakot (1703-ban), melyet nagyjából máig is megtartott. E szerint a gőzt egy különálló kazánban fejlesztik s innen bocsátják a gőzhengerbe és pedig váltakozva a dugó egyik és másik oldalára (83. és 84. ábra), melyet így ide-oda mozgat; ugyanekkor a gőz kiterjed és tetemesen lehűl s a



85. ábra.

visszafelé mozgó dugó által beszorítottatik a csövön át egy hűtőbe (condensator), a hol a befecskendezett hideg víz által gyorsan lehűttetik és lecsapódván nem gátolja az ellenében kiterjedő friss gőz és a dugó mozgását; az ilyen *kondenzátoros és alacsony nyomású* (1,5–2 légköri) *gőzgépeket* ott használják, a hol hűtővíz bőven áll rendelkezésre; ezek rendszerint helyben álló gőzgépek.

A hol azonban nincs bőven víz, ott a fáradt gőzt egyszerűen a levegőbe szorítják ki, a mikor a levegő nyomása ellenében *magas, nyomású gőzre* (4–8 légköri) lesz szükség; az ilyen gépek rendszerint helyüket változtatók (locomotivok), az előbbieknél kisebbek és könnyebbek.



Mindkét esetben aztán a gőzhenger dugójának csúszó mozgását átviszik csukló-összeköttetés révén nagy lendítőkerék forgó mozgásává s majd szíj-átvételek révén tetszőleges mozgásokká (85. ábra). Bármily tökéletesek is a gőzgépek, alig néhány % -át lehet ezekkel a tüzelő anyagban foglalt erélynek hasznos munkává átváltoztatni. Gazdaságosabbak ezeknél a *gázgépek*, melyeknek hengerében levegővel kevert elégethető gázokat (világító-gázt, benzin-gőzt) robbantanak fel bizonyos időközökben s a túlhevülő gáz- és gőznemű égési termékek feszítő erejével mozgatják a dugót ide-oda.

---



## V. RÉSZ.

### Elektromosság és mágnesesség tana.

Régi tapasztalat, hogy a borostyánkő (elektron), a kén, a gyanta, az ebonit, az üveg és még más testek, ha szőrös bőrrel, selyem vagy gyapjúszővettel, vagy amalgamos bőrrel erősen megdörzsöljük és azután parafareszelékhez, bodzabél- vagy papirosdarabkákhöz közelítjük, e könnyű testeket magukhoz rántják és kis idő múlva megint eltaszítják. Ha a megdörzsölt testhez ujjunkkal közelítünk, serczegést vagy apró pattanást hallunk, sötétben kis szikrákat is láthatunk. E jelenséget *elektromosságnak* nevezzük s magukat a jelenségeket mutató testeket *elektromosoknak*. Azokat a testeket, pl. a fémeket, melyeken hasonló körülmények közt e jelenség nem mutatkozik, nem elektromosoknak mondották; de manapság tudjuk, hogy minden test elektromossá tehető. A különbség a testek két csoportja közt csak abban van, hogy némelyek a megdörzsöléskor kapott elektromos állapotukat húzamosabb ideig megtartják, mert ezeken az elektromosság mintegy helyhez van kötve s nem terjed tovább részecskéről részecskére; az ilyeneket (pl. az üveg, ebonit stb.) *szigetelőknek* vagy nem vezetőknak nevezzük. Mások ellenben, pl. a fémek, a dörzsölés nyomán fellépő elektromos állapotban nem maradnak meg, mert az elektromosság rajtuk *azonnal* tovább terjed részecskéről részecskére, sőt átáramlik róluk más testekre, a környezetre. Ezeket elektromossá úgy tehetjük s illetőleg elektromos állapotban úgy tarthatjuk meg, ha egyéb vezető testektől nem vezetőkkal (üveg, gyanta, ebonit) különítjük vagy szigeteljük el (izoláljuk).

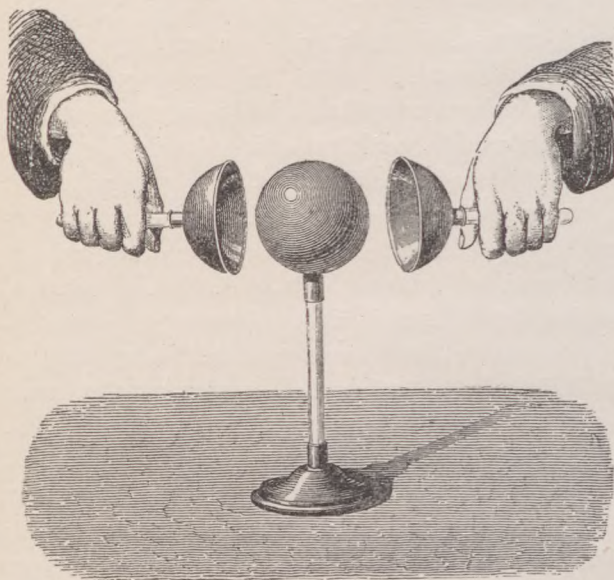
**Vezetők és szigetelők.** Az elektromosságot *jól vezetik*: a fémek (legjobban az ezüst és a réz), a grafit, a retorta szén (elsőrendű vezetők); továbbá a savak, lúgok és sók oldatai (másodrendű vezetők, melyek az elektromosság hatására elbomlanak). *Nem nagyon jól vezetők*: a száraz fa, kő, víz, borszesz, aether, állati test, a legtöbb szerves szövet, a nedves levegő. *Szigetelők*: a gyanták, kén, üveg, selyem, szőr (gyapjú is), zsíros olajok, száraz levegő és más száraz gázok, a légüres tér. Az erősen ritkított gázok és az izzó gázok (lángok) elég jó vezetők.

**Elektromos vonzás és taszítás.** E jelenségek legjobban tanulmányozhatók az elektromos ingán, vagyis selyemszála akasztott bodzabél-golyócskán. Ha ehhez gyapjúszővettel vagy selyemmel megdörzsölt ebonitrudat közeli-



tünk, tüstént hozzátapad, de kis ideig tartó érintkezés után megint elugrik és elhajlik tőle. A kísérlet hasonlóképpen megdörzsölt üvegpálczával is sikerül. De ha az ebonit által eltaszított ingához tüstént a megdörzsölt üvegpálczát közelítjük, az már távolról is erősen húzza maga felé az ebonit által taszított bodzabél-golyócskát; valamint ha a golyócskát az üveggel érintkezni hagyjuk s ez azt eltaszította, akkor meg a dörzsölt ebonit húzza maga felé. Sőt ha két ily ingát egymás közelében állítunk fel s mindegyiket vagy a megdörzsölt ebonittal, vagy pedig mindegyiket a megdörzsölt üveggel hagyjuk kissé érintkezni, az eltaszítás után egymástól is elhajlanak, egymást is taszítják. Ellenben ha az egyiket az ebonittal, a másikat az üveggel hagyjuk érint-

kezni, most egymáshoz vonzódnak, egymás felé hajlanak s egymással érintkezni igyekeznek.



86. ábra.



87. ábra.

**Tevőleges és nemleges elektromosság.** Mindezekből az tűnik ki, hogy a megdörzsölt üveg elektromossága ellentétes a megdörzsölt gyantra vagy ebonit elektromosságával s ezért megkülönböztetésül az üveg elektromosságát *positiv* vagy tevőleges (+ E), az ebonit és gyantra elektromosságát *negativ* vagy nemleges elektromosságnak (— E) nevezték el.

A fenti kísérletek alapján az elektromos vonzás és taszítás szabályát így formulázhatjuk: *egynemű elektromos állapotú testek egymást taszítják, különmemű elektromosságúak egymást vonzzák.*

**Az elektromosság lényege.** Meglehetősen tájékozatlanok vagyunk még a tekintetben, mi legyen az elektromosság lényege. Csak újabb vizsgálódások alapján gyanítjuk az elektromosság és a fény közt lévő szoros kapcsolatot, mely szerint az elektromosság a sugárzó hőhöz és fényhez hasonlóan éterrezgéseknek tekintendő s éppúgy vannak láthatatlan elektromos sugarak, valamint látható fénysugarak.



A tűneményeket azonban még ma is ama régi feltevés alapján tudjuk jól magyarázni, mely szerint a kétféle elektromosságot igen finom, súlytalan és láthatatlan folyadéknak tekinthetjük, melyek a nem elektromos állapotú testekben egyenlő mennyiségekben keveredve, — az elektromos állapotúakban azonban különböző mennyiségekben vagy legalább is különválva vannak jelen. A dörzsöléskor a két folyadék elkülönül és az összedörzsölt testek egyikének pozitív folyadéka kiegyenlíti a másiknak negatív folyadékát és így az egyik negatív s a másik pozitív elektromos állapotú lesz.

A következő sorban minden test az utána valóhoz dörzsölve pozitív lesz, míg az utána való negatív lesz: (+) Szőrösbőr, üveg, gyapjú, selyem, fa, fémek, gyanták, kén (—). Minél távolabb áll két test e sorozatban, annál sikeresebb a dörzsölés hatása.

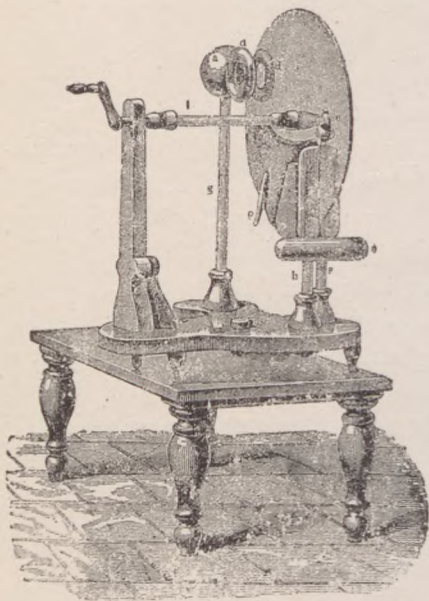
**Elektromos feszültség.** Elektromos állapotban lévő test, még ha el van szigetelve vagy ha maga is szigetelő, nem tartja meg hosszasan ezt az állapotát, hanem környezetének átadja. Különösen gyorsan történik ez hirtelen görbületeken, tehát csúcsokon és éleken. (Ennek elkerülése végett készítik az elektromossághoz használt készülékek fémrészeit gömbölyűekre.) Ez az elektromosság elvesztés vagy — mint mondani szoktuk — kisülés, sötétben gyakran szikrajelenség kíséretében megy végbe, legalább a gyors kisülés. De ha a két ellentétes elektromosságú test között rossz vezető, pl. száraz levegő *legendő* tömege áll, a kiegyenlítődés (kisülés) nem jön létre, azonban az erre való törekvés meglesz; ezt a törekvést a kiegyenlítődésre, *feszültségnek* nevezzük. Ha ez a feszültség nagyobb lesz, mint a szigetelő réteg *ellenállása*, létrejön a kisülés a szigetelőn keresztül szikra alakjában, midőn az egymás ellenében áramló elektromosság az útjában érintett levegőrészecskéket pillanatra izzóvá teszi, sőt a testek felületéről is ragad magával részecskéket.

**Az elektromosság elterjedése a felületeken.** A feszültségből, illetőleg abból a tényből, hogy az egyenmű elektromosságok egymást taszítják, — következik, hogy az elektromosság a testekben nem terjed el egyenletesen, hanem csak a felületre húzódik, mert így vannak az egyenmű elektromos folyadék-részecskék egymástól legtávolabb. Könnyen igazolható ez üveglábra állított fémgolyóval, melyre szintén izolált két üres félgömb illik pontosan rá (86. ábra); ha a golyóval elektromosságot közlünk, az csak a felületével érintkező két üres félgömbön lesz, s ha ezeket leemeljük, magán a golyón semmi sem marad vissza.

**Elektromos megosztás.** Ez a jelenség mutatkozik, ha izolált könnyű testhez, pl. selyemfonálra függesztett bodzabél-golyóhoz, egy elektromos testet közelítünk: az már meglehetősen távolságból feléje hajlik; még feltűnőbb a jelenség az elektroskoppal. Az *elektroszkop* kis mennyiségű elektromosság felismerésére és minőségének megállapítására szolgál; lényegileg fémgolyó ez (87. ábra), mely egy vastag fémhúzállal áll összeköttetésben s ennek végén két keskeny aranyfüst-lemez van, melyek egymás mellett



lógnak le. Levegőáramlásoktól s rongálásoktól a két fémcsikot tágas üveg-gömb védelmezi meg. Ha a fémgolyót elektromozott testtel érintjük, ez átveszi az elektromosság egy részét, közli a két aranyfüst-lemezzel s ezek egynemű elektromosakká lévén, egymást rögtön taszítják. Ebben az állapotában hosszabb ideig megmarad a készülék, de ha kezünkkel érintjük, elektromosságát — mint jó vezető — azonnal átadja s a két csík összeesik. Azonban az elektroskopot nem is kell érinteni az elektromos testtel, elegendő azt a gömbhöz közelíteni: már széthajlanak a csíkok; az elektromos test távolításakor megint összeesnek. Úgy látszik hát, hogy az elektromos test közelítésekor a szigetelt fémgolyóban a két ellentétes elektromosság szét-



88. ábra.

válak s a különmemű az elektromos test felé vonzódván a golyóba gyűlik meg s ott lekötve tartatik, az egynemű pedig taszítottván a két fémcsikba áramlik s azok egynemű elektromossá lévén, egymást taszítják és széthajlanak. Mikor aztán az elektromos testet eltávolítjuk, a vonzás és taszítás megszűnván, a két különvált elektromos folyadék az elektroskopban keveredik s az megszűnik elektromos lenni, tehát a csíkok is összeesnek. E jelenséget *elektromos megosztásnak* (influentia) nevezzük s az ezt létesítő testet megosztónak.

Megosztás útján azonban valamely testet maradandóan is elektromossá tehetünk, csak a taszított (egynemű) elektromosságot kell elvezetni. Például az elektroskop gömbjét a megosztó test közelítése és a fémcsíkok széthajlása

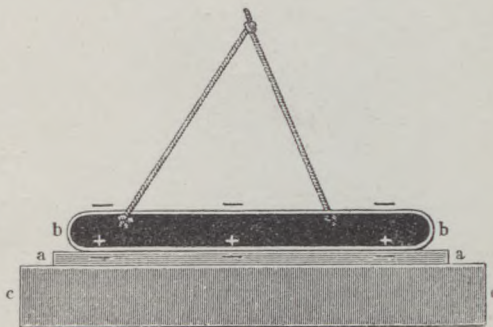
után csak érinteni kell ujjunkkal s a csíkok azonnal összeesnek, mert a bennük lévő s a megosztó test által taszított egynemű elektromosság testünkön át a földbe taszítottatik el, míg a különmemű a gömbben marad, minthogy azt a megosztó test lekötve tartja, úgy hogy el sem vezethető addig, míg a megosztó test közelében van. Ha aztán az érintés megtörténte után a megosztó testet eltávolítjuk, a fémcsíkok újból s maradandóan széthajolnak, mert most az előbb lekötött különmemű elektromosság felszabadulván, elterjed rajta. Egy újabb érintéssel ezt az elektromosságot is elvezethetjük róla s az elektroskop megint közönbös lesz. Ezt a kísérletet tetszés szerint bárhányszor ismételhetjük.

Az elektromosság minőségének eldöntése végett az elektroskopot gyapjúszövettel (vagy selyemmel) megdörzsölt üvegpálczával megosztás folytán s kézzel érintéssel maradandóan ellentétes — tehát nemleges —



elektromossá teszszük s aztán a kérdéses elektromosságú testet közelítjük hozzá; ha ez szintolyan, tehát nemleges elektromosságú, akkor a csíkok még erősebben széthajolnak, ha pedig ellentétes, tehát tevőleges elektromosságú, akkor a csíkok összebb esnek.

**Dörzsölési vagy Winter-féle elektromozó gép.** Ezen a gépen (88. ábra) egy szigetelt üvegkorongot amalgameos (1 r. zink, 1 r. ón, 2. r. higany) bőrrel bevont két vánkos között forgatunk; a fémhez (amalgamhoz) való dörzsölés folytán az üveg tevőleges elektromos lesz, a párnák (fém) nemleges elektromosak. A tevőleges elektromosságot kapott forgó üvegkorong két fagyűrű (ú. n. *szedők*) közt halad el, melyeknek az üvegkorong felé eső oldalai óncsíkokkal (stanniol) vannak bevonva s belőlök néhány tű nyúlik ki, de a korongot nem érintik; egyébként pedig vezető (fémes) összeköttetésben vannak egy nagyobb üres fémgolyóval, az u. n. *gyűjtővel* (conductor), mely szigetelő üveglábon áll.



89. ábra.

A működés abban áll, hogy az üvegkorong tevőleges elektromossága az u. n. szedőkre és a velők összekötött gyűjtőre megosztólag hat s a bennők megosztás folytán létesített ellentétes (nemleges) elektromosságot a csúcsokon át magához vonzza, melylyel kiegyenlítődik, — ellenben az egyenemű (tevőleges) elektromosságot eltaszítja a gyűjtőbe, melybe ily módon sok elektromosság felhalmozható, kivált ha összekötjük azt a Winter-féle gyűrűvel (fagyűrű, melyben fémhúzalok vannak), a mi a conductor felületét és így befogadó képességét nagyobbítja. — Az amalgameos párnákban keletkező nemleges elektromosságot rendszerint a földbe vezetjük el, hogy a folyton keletkező tevőleges elektromosságot ki ne egyenlítse.

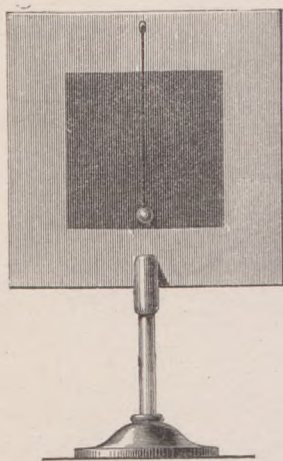
**Elektrophor.** Ez vagy gyantából öntött sima lap, vagy czélszerűbben kemény ebonitlemez (89. ábra a). Ezt ráállítjuk egy fémlapra (bádoglemezre vagy stanniollal beragasztott kemény papirosra), tehát jó vezetőre. Ekkor a gyanta- vagy ebonitlapot szőrös róka farkokkal jól megütögetjük, mi által nemleges elektromos lesz és mint rossz vezető ez állapotát húzamosabban megtartja. Most ráhelyezünk egy szigetelő fogóval ellátott bádoglemezt (fedőt, b), melyben megosztással különválasztja a kétféle elektromosságot: a különmeműt (tevőlegest) lekötve tartja (de át nem veszi, mert rossz vezető!) s az egyeneműt (nemlegest) taszítja; a fedőt ujjunkkal pillanatra megérintve (vagy az ebonitlap széle alá és fölé hajlított stanniolsík által a földdel vezető összeköttetésbe hozva), a taszított egyenemű vagyis nemleges elektromosságot belőle elvezetjük, s ha fölemeljük a fedőt, azon elterjed a tevőleges



elektromosság; ezt elvezethetjük alkalmas gyűjtőbe. Ily módon a fedő fel-emelésével és lebocsátásával folytonosan elektromosságot termelhetünk megosztás útján. Ha a fedőt rajta hagyjuk az ebonitlapon, elektromosságát az órákon át megtartja, mert az alatta és felette lévő fémlapok megosztás folytán keletkezett ellentétes elektromosságai magának a megosztó lapnak elektromosságát lekötve tartják.

**Sűrítők.** Ilyenek a Franklin-tábla és a leydeni palaczk. Mindkettő nagyobb mennyiségű elektromosság felhalmozására való.

A *Franklin-tábla* üveglábra állított négyszögű üveglap (90. ábra), mely mindkét oldalán egy-egy stanniollappal (vékonyra hengerelt ónlemez), az u. n. *fegyverzetekkel* be van ragasztva, úgy azonban, hogy az üveglap szélei köröskörül mindkét oldalon vagy 2 újjnyi szélesen szabadon marad-



90. ábra.



91. ábra.



92. ábra.

janak; ezeket nagyobb szigetelés végett gyantaoldattal szokás vékonyan bevonni. A két stanniollap (fegyverzet) egymástól tehát alaposan el van szigetelve. Ha az egyik fegyverzetet a földdel vezető (fém) összeköttetésbe hozzuk s a másik fegyverzettel elektromosságot közlünk, ez az üvegen át megosztólag hat amarra s abból az egynemű elektromosságot a földbe eltaszítja, míg a különeműt lekötve tartja; de maga megint alkalmassá lesz újabb elektromosság befogadására, mert már meglévő elektromossága a másik fegyverzet ellentétes elektromossága által ugyancsak lekötetik. Ily módon sokkal több elektromosságot fogadhat be, mint a másik fegyverzet nélkül képes volna.

A *leydeni palaczk* (91. ábra) azonos a Franklin-táblával, csak czélszerűbb alakja van. Pohár ez (régibb alakja palaczk), mely kívül-belül stanniollal van beragasztva egyenlő magasságig, de az üvegpohár széle szabadon marad, illetve vékonyan gyantaoldattal vonatik be. A palaczkba (pohárba) egy ebonitlap illik be s ennek közepén egy vastag sárgaréz-huzal van áttolva,



melynek alsó vége hármalában végződik s így érintkezik a belső fegyverzettel, felső végén pedig fémgömb van. A palaczkot kézbe vévén vagy asztalra állítván: így a külső fegyverzetet a földdel hozzuk vezető összeköttetésbe; a fémgömb révén pedig a belső fegyverzettel közöljük a Winter-géppel vagy elektrophorral termelt elektromosságot. A két fegyverzet éppen úgy működik, mint a Franklin-táblán s ebbe is sok elektromosság halmozható fel; annál több, minél nagyobb a fegyverzetek felülete.

Ha a megismertetett sűrítőket kisütni akarjuk, erre vezető összeköttetést létesítünk a két fegyverzet közt, melyek közt igen tetemes a feszültség (igen erős töltésű sűrítőknél megesik, hogy a nagy feszültség az izoláló közbeneső üveglapot is átüti, átlukasztja). A kisütésre legjobb a *kisütőt* alkalmazni (92. ábra); szigetelő nyélbe illesztett villaalakú fémhúzal ez, két végén egy-egy kis fémgömbbel; egyik gömböt a külső fegyverzethez érintjük, másikat a belsőhöz s így a kisütő húzalon át történik meg baj nélkül a kiegyenlítődés, esetleg igen erős, pattanó szikra kíséretében.

Nagyobb hatások előidézése végett több leydeni palaczkot szoktunk összekötni. Ez történhetik vagy *nagy lapra*, vagyis *felületre*, midőn valamennyinek egyik fegyverzeteit egymás közt s a másikat megint mind egymást közt kötjük össze (pl. mindet egy fémlapra állítjuk reá és a gömböket is egymás közt összekötjük). Az ilyen nagy lapra összekötött s  $n$  számú palaczkból álló telepbe  $n$ -szer annyi elektromosság tér be, mint egy palaczkba, de a feszültség csak az lesz, mint egy palaczkkal. A másik kapcsolás a *lánczolat* vagyis *feszültségi*, midőn az egyes palaczkok külön-külön szigetelő lapon állanak és az első palaczk egyik fegyverzete szabad marad, de másik fegyverzete a második palaczk egyik fegyverzetével van összekötve; a 2-ik palaczk másik fegyverzete a 3-ik palaczk egyik fegyverzetével s ennek másik fegyverzete a 4-ik palaczk egyik fegyverzetével s így tovább, míg végül az utolsó palaczknak éppen úgy szabadon marad az egyik fegyverzete, mint az elsőnek. Itt csak az első palaczkot kell tölteni s ez megosztólag hat a másakra, az a 3-ikra és így tovább. Így kapcsolt telepnél ( $n$  számú palaczkkal) ha az első palaczkba  $M$  mennyiségű elektromosságot töltünk,

úgy egy palaczkban csak  $\frac{M}{n}$  lesz; ellenben a feszültség az első és utolsó palaczk közt  $n$ -szerte akkora lesz, mint egy palaczknál; így az üttávolság (szikra hossza) is  $n$ -szerte nagyobbodik.

**A kisütés hatásai.** Levegőn át történő kisülés szikra alakjában lesz látható; a kisülésnél az elektromosságból részben hő keletkezik, mely a közbeneső levegőt s a fémrészekről magával ragadt részecskéket izzóvá teszi. A rövid szikra egyenes, a hosszú cikázó és elágazó (villám). A szikra kivált a nagyfeszültségű, gyúlékony testeket felgyújtani képes, valamint mechanikai hatásokat végezhet, pl. papirost, üveglemezt átüt, a villám fákat lehasít stb. Igen erősen ritkított gázokban való kisülésnél nem keletkezik szikra, hanem sajátzerű derengő fény, mely a nemleges elektromosság



székhelyétől (nemleges elektródtól, u. n. katódtól) indul ki a tevőleges elektród (anód) felé, s ha a feszültség tetemes, oly testeken is képes áthaladni, a melyek a rendes fénysugaraknak ellenállanak (*Röntgen-féle fény, katód-sugarak*); ezzel a fénnyel bizonyos módon át lehet világítani az emberi test belső szerveit s azokat fotografálni is lehet. (L. 87. oldalon is.) A kisülés kémiai hatásokra is képes, pl. az oxygen-gázt ozonná változtathatja; de van élettani hatása is, pl. a szervezetet erősen megrázkódtatja, sőt meg is ölheti; a hatás e két irányban főképpen az elektromosság mennyiségétől függ.

**Az elektromosság terjedése, sebessége,** vagyis a másodpercenként megtett út rendkívüli nagy; *Werner Siemens* mérései szerint 30,200 geográfiai mértföld (= 226,500 kilométer), de a vezető közeg vezetőképessége szerint változik.

**Légköri elektromosság.** Zivatarok alkalmával gyakran igen nagy szabású elektromos kisülések (villámok) játszódnak le előttünk a levegőben. *Franklin* bizonyította be először, hogy ezek tényleg elektromos jelenségek, levezetvén a földre a magasba feleresztett sárkányával a felső levegőrétegek elektromosságát. Oly elektroskoppal, melynek gömbjén felnyúló hegyes fém-pálcza van, bizonyíthatjuk, hogy a levegő állandóan elektromos, és pedig többnyire pozitív elektromos.

Honnan van a levegő elektromossága: máig sincs eldöntve; némelyek szerint a víz párolgása s illetve a párák sűrűsödése képezi a forrást, mások szerint a vízgőznek a levegő egyéb alkatrészeihez való dörzsölődése okozná azt.

A villám óriási méretű elektromos szikrának tekintendő; tehát elektromos kisülés, mely létrejöhet felhők közt (átcsapás), midőn egy elektromos felhő egy másikra megosztólag hat s a feszültség a közbeneső levegő ellenállását legyőzni képes; de lecsaphat a villám a földre is hasonló okból, t. i. a földre hat megosztólag s az egynemű elektromosságot eltaszítja, a különeműt vonzza. A villámcsapás és kártételei elhárítására szolgál a *villámhárító* (*Franklin* találmánya), mely a védelmezendő épület vagy egyéb tárgy fölött a magasba nyúló, igen finom csúcsban végződő fémrúd, (csúcsa a rozsdásodás ellen aranyozva van), mely az épületen végigfutó rézkötél (ú. n. kábel) révén a talajjal vezető összeköttetésben áll s egész a talajvizig lemege, a hol széles rézlapban érintkezik a földdel. Ez a villámcsapást elhárítani képes, mert a megosztólag ható felhőtől vonzott (ellentétes) elektromosság a csúcson kiáramlik s u. n. *csendes kisülés* folytán kiegyenlíti a felhő elektromosságát, ha pedig lecsap a villám, azt ártalom nélkül a földbe elvezeti.

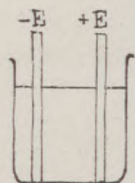
**Áramló vagy galvan-elektromosság.** A dörzsölés vagy megosztás folytán keletkező elektromosságok kiegyenlítődései (kisülései) rendkívül rövid tartamú áramlásoknak tekintendők, de ismerünk eljárásokat, melyek szerint kémiai erélyből folytonosan áramló, vagyis folytonosan kiegyenlítődő elektromosságokat létesíthetünk. Ezeknek nagyobb a jelentőségük. Ez áramok



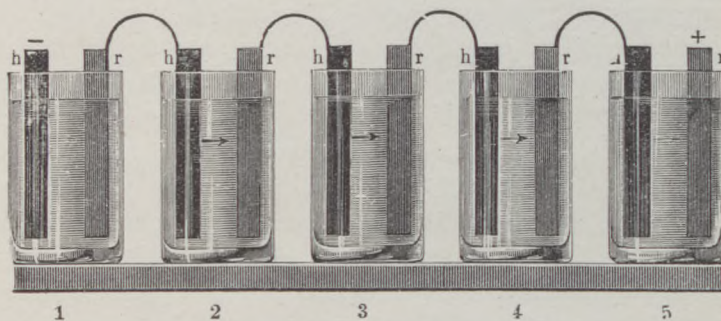
— a fentebb megismert nagy feszültségű elektromosságokkal ellentétben — igen kis feszültségűek, de itt az áram mennyisége igen nagy.

E neme az elektromosságnak *Galvani* egykori bolognai tanár ama megfigyelésén alapul (1780), hogy az elektromozó gép közelében lévő s bonczolási kísérletekre használt békacombok rángatóztak, ha a gépből szikrák ugrottak ki. (Nézeteink szerint a békacomb megosztás folytán elektroskópként viselkedik).

Galvani a dolgot tovább vizsgálva, azt is tapasztalta, hogy a szabadba egy vasrácsra rézhúzallal feltűzött békacomb akkor is megrándul, ha a szabadon lógó alsó vége a rácshoz ér. Galvani tanártársa, *Volta*, e kísérletek tanulmányozása folytán reá jött arra, hogy különböző fémek érintkezésénél, kivált ha e fémek közé bizonyos vezető folyadékokat is iktatunk, a fémek elektromosakká lesznek. A fontosabb fémek és a sajtolt



93. ábra.



94. ábra.

szén a következő sorozat értelmében viselkednek: (—) zink, vas, ón, ólom, réz, ezüst, platina, szén (+), vagyis ha ez elemek közül kettő közé vezető folyadékot iktatunk, az elemeknek a *folyadékon kívül lévő végeik* elektromosakká lesznek és pedig a sorozatban előbb álló elem negatív, az utóbb álló pozitív elektromosságú lesz; a feszültség — kiegyenlítődésre való törekvés — pedig annál nagyobb lesz, minél távolabb vannak ezek a fenti sorozatban egymástól (legnagyobb hát a feszültség a zink és szén közt, de elég tetemes a zink és réz közt is).

Az ilyen berendezésű elektromosság-fejlesztőket *galván-elemeknek* vagy *volta-elemeknek* szokás nevezni. A 93-ik ábrán legegyszerűbb alakjában láthatunk ilyet; üvegphárban híg kénsavban zink- és rézlemez áll, egymással a folyadékban nem érintkezve; ha kiálló végeiket fémes összeköttetésbe hozzuk, a réz szabad végétől (pozitív sarok) a zink szabad végéhez (negatív sarok) tevőleges elektromosság fog áramlani s innen a zinken végig s a kénsavon át vissza a rézhez s azon végig az előbbi úton tovább (áramkör). A nemleges elektromosság áramlása ezzel ellentétes lesz, de mi megegyezés szerint az áram iránya alatt mindig a tevőleges áram irányát értjük.

Itt is kapcsolhatunk egymással össze több elemet feszültségre. Feszültségi kapcsolásnál (94. ábra) az első elem zink-sarka (*h*) szabad marad, réz-



sarka (*r*) a második elem zink-sarkával érintkezik, ennek réz-sarka a 3-ik elem zink-sarkával s így tovább, míg végül az utolsó elem szabadon maradó réz-sarkát az első elem zink-sarkával kötjük össze; az ilyen volta-telep áramának feszültsége arányos lesz az elemek számával.

Az ilyen elemekben azt tapasztaljuk, hogy a zink mennyisége kevesebb lesz s a sav fokozatosan a zinkhez kötődik (kénsavas zink keletkezik); miért is feltételezzük, hogy az áram itt *chemiai erőből* termelődik.

**Állandó volta-elemek.** Az előzőben ismertetett eredeti volta-elem árama tapasztalás szerint csakhamar gyengül, sőt meg is szűnik, mert benne az áramot gyengítő chemiai folyamatok mennek végbe. Ugyanis az áram a vezető folyadékokra, tehát a közben eső vízre és kénsavra chemiai hatással van, azokat megbontja, mert azok csakis akkor vezetik az áramot, ha általa megbontatnak (másodrendű vezetők). A víz elbomlik hydrogenre és oxygenre; a hydrogen-részecskék positiv elektromosak, az oxygen-részecskék negativ elektromosak lesznek, s mert az áram a *folyadékban* a zinktől a réz felé halad, ezért a tevőleges hydrogen-részecskék az árammal együtt a réznek a folyadékban lévő és itt nyilván negativ elektromos részére rakódnak le; ellenben az oxygen nemleges elektromosságot kap s a nemleges árammal a zinknek folyadékban lévő részére (mely itt nyilván positiv elektromos) vándorol. Ez a két gáz a főárammal ellentétes irányú mellékáramot indít (u. n. sarkító hatás), mely a főáramot gyengíti; de mert a gázok a fémeknek a folyadékkal való érintkezését is akadályozzák, az elem vezető képességét csökkentik, vagyis a belső ellenállást fokozzák, miáltal az áram tetemes része hővé változik át. Ehhez járul, hogy az oxygen a zinkkel zinkoxiddá egyesül, mely a kénsavval kénsavas zinket (és vizet) képez és ezt is felbonthatja az áram és a zink a rézre rakódik le, a mi az áramot még inkább csökkenti, sőt megszünteti.

E bajok elkerülésére valók az állandó elemek. Ilyenek:

*Daniell-féle elem.* Ebben híg kénsavban zink van, a savba állított mázatlan, tehát likacsos s az áramot átvezető agyagedényben pedig kénsavas réz oldatában réz. Az áram a kénsavat és a kénsavas rezet felbontja, a kénsav sulfatja a zinkkel egyesül, hydrogenje pedig a kénsavas réz sulfatjával ismét kénsavvá lesz s a réz a rézen válik ki; sarkítás tehát nem történik.

*Bunsen-elem:* pohárban zink híg kénsavval, a diafragmában szén erős salétromsavval; a zink itt is kénsavas zinkké lesz, a szénen hydrogen válnék ki, de azt a salétromsav azonnal vízzé oxidálja s így nem sarkíthat:  $H + HNO_3 = H_2O + NO_2$ ; a keletkező nitrogendioxid csak részben oldódik a salétromsavban (azt barnára színezeve), részben azonban mint ártalmas gáz a levegő száll és zárt helyiségben azt egészségtelenné teszi.

*Bunsen-elem chromsavval.* (Bemártási elem). Ebben a zink és szén egy közös folyadékba jön: híg kénsav ez, melyben chromsav van oldva (kaliumbichromat és kénsav); itt a szénen kiváló hydrogent a chromsav

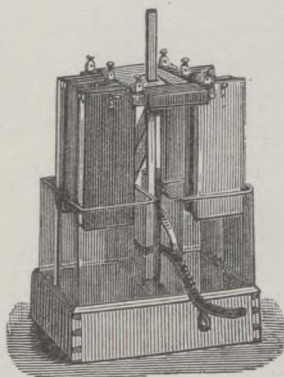


vízzé oxidálja s maga chromoxiddá lesz, melyet a kénsav mint chromisulfatot felold (a vöröses folyadék megzöldül). Használaton kívül a zinket és szenet kiemeljük a folyadékból. (95. ábra 4 elemes telepet mutat).

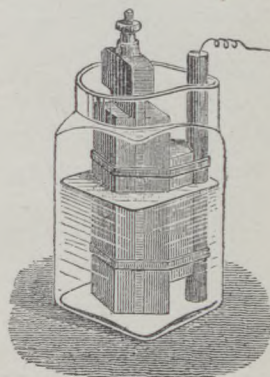
*Leclanché-elem* szalamia-sóval (96. ábra). Itt egy pár helyen átfúrt diafragmában mangansuperoxid-darabok közt áll a szén s úgy ez, valamint a zinkrúd egy pohárban ammoniumchlorid-oldatba jön. A zink zinkchloriddá oldódik fel, a szénen kiváló hydrogent a mangansuperoxid oxidálja vízzé. Ez elem kevés elektromosságot termel, de igen állandó s ezért elektromos csengőkhöz igen alkalmas, mert itt nincs sok áramra szükség.

**Elektromos accumulatorok.** Másodrendű elemeknek is nevezik, mert ezek tulajdonképpen a sarkított áramot hasznosítják. Leghasználtabbak az ólommal készült accumulatorok, melyek híg kénsavba merítve egy rácsos ólomkeretbe tömött szivacsos fém-ólmot s egy másik-

ban ólomsuperoxidot tartalmaznak. Ha a két keretet a folyadékon kívül összekötjük, áram keletkezik, melynél a szivacsos ólom felülete oxidálódik, a superoxid pedig részben szinitődik (redukálódik); ez a kisülés. A töltés úgy történik, hogy az accumulatorba kívülről áramot vezetünk, és pedig az oxidálódott szivacsos ólmot (ólomoxidot), kötve a negatív sarokhoz, hogy az áthaladó áram hatására a híg kénsavból (illetve vízből) itt váljék ki a hydrogen, mely az ólomoxidból az oxygent elvonja (vizet képez vele) s így az oxidált ólomfelület megint szivacsos ólommal lesz, míg a másik kereten kiváló oxygen a redukált ólmot újból ólomsuperoxiddá változtatja. Az így töltött elem heteken át megmarad változatlan állapotban, és felhalmozva (accumulálva) tartja az elektromosságot, mely csak akkor keletkezik, ha a két keretet a folyadékon kívül vezetően összekötjük.



95. ábra.



96. ábra.

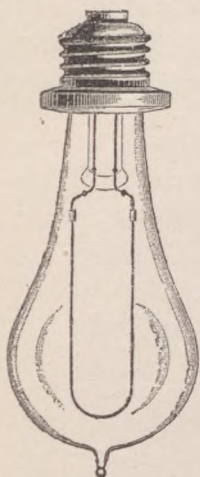
csos ólmot (ólomoxidot), kötve a negatív sarokhoz, hogy az áthaladó áram hatására a híg kénsavból (illetve vízből) itt váljék ki a hydrogen, mely az ólomoxidból az oxygent elvonja (vizet képez vele) s így az oxidált ólomfelület megint szivacsos ólommal lesz, míg a másik kereten kiváló oxygen a redukált ólmot újból ólomsuperoxiddá változtatja. Az így töltött elem heteken át megmarad változatlan állapotban, és felhalmozva (accumulálva) tartja az elektromosságot, mely csak akkor keletkezik, ha a két keretet a folyadékon kívül vezetően összekötjük.

**A galvan-áram hatásai.** Az elemi testből lévő vezetőn (elsőrendű vezetőn) áthaladó áram tetemes része *hővé változik át*, annál inkább, minél nagyobb a vezető ellenállása, a mi ugyanazon anyagú vezetőnél a vezető hosszúsága és vékonysága által fokoztatik.

Ha a vezető ellenállása és az áram erőssége elég nagy, a keletkezett hő a vezetőt izzóvá teheti s így *fényhatásokat* létesít, a mint azt az *elektromos izzólámpákban* látjuk (97. ábra), a hol a levegőhiyas üvegcsőben lévő vékony szénfonálon áthaladó áram a szénfonalat izzóvá (világítóvá) teszi. (Hosszas használat után a szénfonál elporlik, sőt elszakad s így a lámpa tönkre megy.)



Fény keletkezik az áramból az u. n. *ív-lámpában* is. Ez azon alapul, hogy elég erős áramot két összeérő végű sajtoltszénpálczán átvezetve, a két szénpálcza végeinek csekély mérvű széthúzásánál az áram nem szakad meg, hanem a közbenső levegőn átmegy s a két széncsúcs közt vakító fehér fényű ív, az u. n. volta-ív, vagyis *elektromos fényív* keletkezik (98.



97. ábra.

ábra). Ettől maguk a széncsúcsok is heves izzásba jönnek s róluk az áram apró szénrészecskéket ragad magával, kivált a pozitivról. Valószínű, hogy az áram vezetőjéül a fényívben főként ezen vándorló szénrészecskék szolgálnak. Levegőben természetesen a szénpálczák izzó végei lassacskán el is égnek, tehát fogynak, kivált a pozitív elektróddal összekötött s erősebben izzó szénrúd, melynek fogyása a negatívhoz úgy viszonylik mint 8:5. Hogy a fényív a szénpálczák e megrövidülése folytán ki ne aludjék, arra szolgál a szabályozó (regulator), mely a széncsúcsok eltávolodását megakadályozza.

*Chemiai hatása* is van az áramnak a chemiailag összetett vezető folyadékokra (tehát megolvasztott vagy oldott szilárd testekre is), melyeket áthaladtában elbont alkatrészeikre; az eltűnő áram (elektromos erő) itt átváltozik az atomok helyzeti (chemiai) erővé. Az áram

ily hatását elektromos bontásnak (*elektrolýsis*), a vezető húzalnak a folyadékba merülő végeit *elektród*-oknak és pedig a tevőleges sarokkal összekötöttet *anód*-nak, a nemlegessel érintkezőt *katód*-nak szokás nevezni; az árammal elbontható vegyületet *elektrolyt*-nek mondjuk. Ily elektrolytek, pl. a víz, melyből az áram bontó hatására hydrogen és oxygen válik ki; a hevítéssel megöm-



98. ábra.

lesztett kőszó, melyből fém-natrium és chlor-gáz keletkezik; továbbá számos szervetlen és szerves vegyület.

Érdekes az, hogy az elektrolysisnél az áram útjába eső folyadék nem mind bomlik el, hanem csak az elektródokkal közvetlenül érintkező molekulák. Ennek oka (*Grotthuss* feltevése szerint) az, hogy az áram útjába

eső molekulák tevőleges alkatrészeikkel (atomjaikkal) a nemleges elektród felé, nemleges alkatrészeikkel pedig a tevőleges elektród felé fordulva sorakoznak; s például a víznek a tevőleges elektróddal érintkező molekuláiból a nemleges oxygen a tevőleges elektródon kiválik, a tevőleges hydrogen pedig a mellette lévő molekula oxygenjével vizet alkot és így tovább, míg végre a másik (nemleges) elektróddal érintkező molekulákból a hydrogen azon leválik; ilyenformán:  $\text{katód} \text{---} \text{H}_2\text{O} \text{---} \text{H}_2\text{O} \text{---} \text{H}_2\text{O} \text{---} \text{anód}$ . Egyébiránt maga a tiszta víz az áramot nem vezeti, tehát csak úgy bontható el, ha vezetővé teszszük, pl. kénsav hozzáelegyítésével; ilyenkor azonban a kénsav

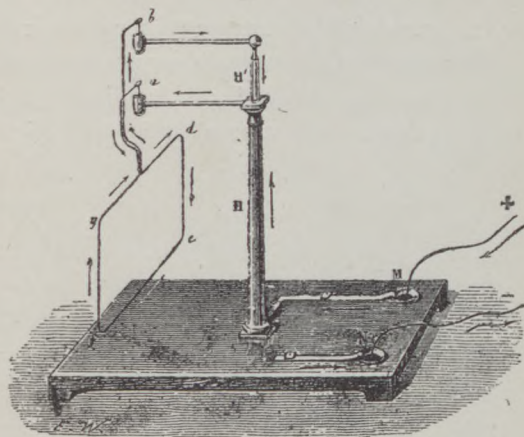


változatlan marad, mert ha közbenesőleg el is bomlik, újból képződik: katód  $\widehat{\text{H}_2(\text{SO}_4)} \mid \widehat{\text{H}_2(\text{SO}_4)} \mid \widehat{\text{H}_2\text{O}}$  anód, tehát csak hydrogen és oxygen válik ki.

A sók felbontásakor a fém a katódon, a nemleges alkatrészek az anódon válnak ki.

Gyakran megtörténik elektrolysisnél, hogy a kiszabaduló alkatrészek és az elektródok anyaga közt *másodrendű hatások* mennek végbe; pl. az elektród feloldódik, a mint azt a galvanos bevonásoknál (galvanoplastika, aranyozás, ezüstözés, nikkelezés stb.) látjuk, a hol a nemleges elektródra (katódra) akasztott tárgy felületére éppen annyi fém rakódik le, mint a mennyi az anódot képező azonos fémből (réz, arany, ezüst, nikkel stb.) feloldódik. Ily eljárás folytán az oldat alkata állandó marad.

Könnyen érthető ama (*Faraday* által megállapított) törvény, hogy: az adott időben felbontott vegyületmennyiség arányos az áram erősségével; ugyanaz az áram tehát egyenlő időben egyenlő mennyiségeit bontja fel ugyanannak a vegyületnek; ellenben ugyanaz az áram egyenlő időben a különböző vegyületekből az alkatrészeket azok chemiai egyenértékük arányában választja le.



99. ábra.

**Elektromos áramok vonzó és taszító hatása; földi áram.** *Ampère* tapasztalataiból tudjuk, hogy az áramló elektromosságnak is van vonzó és taszító hatása. Ugyanis: 1. Párhuzamos vezetőkben keringő áramok egymást vonzzák, ha irányaik megegyezők, — taszítják, ha irányaik ellenkezők. 2. Nem párhuzamos vezetőkben keringő áramok egymást vonzzák, ha mindketten az általuk képezett szög csúcsa felé tartanak vagy mindketten attól távolodnak.

Ezek szerint könnyen kimutatható, hogy a földben szünet nélkül kelet-nyugati irányú áram kering. Mert ha egy függélyes tengely körül forogható négyyszögű vezetőkben (u. n. *Ampère-állvány*) (99. ábra) áram kering és egy alatta vele párhuzamosan lévő vezetőkben ugyanolyan irányú áram fut, akkor ha a keretet helyzetéből kimozdítjuk, az az alatta futó párhuzamos s egyenlő irányú áram hatására ismét párhuzamosan helyezkedik el. Ugyanez a keret, ha alatta egy párhuzamos vezetőkben áramot nem vezetünk el, magától elfordul kelet-nyugati irányba, a minek magyarázatául fel kell vennünk, hogy földünkben is kelet-nyugati irányú áram kering.

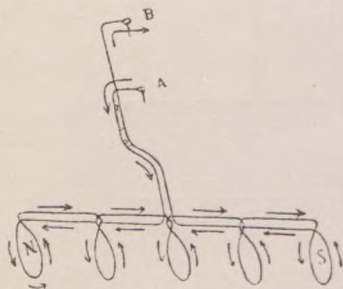
Ugyancsak így fog elhelyezkedni egy függélyes tengely körül forog-



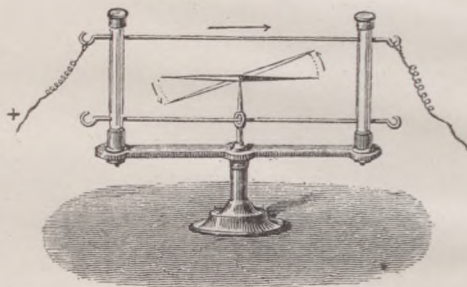
ható oly drótspiralis (u. n. *solenoid*) (100. ábra), melyben áram kering, t. i. hogy a benne keringő áram iránya kelet-nyugati legyen, a mikor aztán hosszanti tengelye a délkör irányában: éjszak-déli irányban fog mutatni. A solenoid éjszak felé mutató vége (éjszaki sarka) az eltérítő földi (vagy esetleg más mesterséges) árammal együtt úszó és a solenoid felé arczczal forduló alak balkeze felé esik tehát. Két ilyen solenoid egynevű (pl. éjszak felé mutató) végei (sarkai) egymást taszítják, a különnevűek egymást vonzzák; e hatás a távolság négyzetével fordítva arányos.

A földi áram hatását minden szélességi kör alatt lehet tapasztalni, ezért a föld maga egy nagy solenoidnak tekintendő, melyben kelet-nyugati irányú, egymással párhuzamos köráramok keringenek szüntelenül.

**Mágnesesség.** A most felsorolt tapasztalatok a mágneses jelenségek megértését igen megkönnyítik; valamint a mágnesességnek és az elektromosság-nak egymáshoz való viszonyát is érthetővé teszik.



100. ábra.



101. ábra.

A jelenség: mágnesesség, a mágnes-vaskő nevű ásványnak (magnetit), vagyis természetes ferri-ferrooxidnak ama tulajdonságán alapul, hogy a vasat magához vonzza.

Ha a mágnes-vaskőhöz (*természetes mágneshez*) aczeltűt vagy rúdat dörzsölünk, ez is mágneses lesz: *mesterséges mágnes*.

Az ilyen mágnesen a következő megfigyelések tehetők: Súlypontjában felfüggesztett (alátámasztott) és függélyes tengely körül forogható mágnes egyik vége éjszakra, a másik délre mutat, tehát éjszaki és déli sarka van (mágnestű, mint égtáj-mutató); két mágnes egynevű sarkai taszítják, különnevűek vonzzák egymást; két vagy több darabra tört mágnes minden egyes darabja egész mágnes lesz, tehát egyik vége éjszakra, másik dél felé mutat; a mágnestű közelében a tengelyével párhuzamosan vezetett áram a mágnestűt úgy téríti ki, hogy éjszaki sarka az árammal úszó és arczczal a tű felé forduló egyén balkeze felé mozdul el (101. ábra); a mágnesnek és egy solenoidnak egynevű sarkai taszítják egymást, különnevű sarkaik vonzzák.

A mágnesnek és a solenoidnak egyenlő viselkedése alapján felvehetjük, hogy a mágnes is solenoid, melyben tehát a tengelyére merőleges

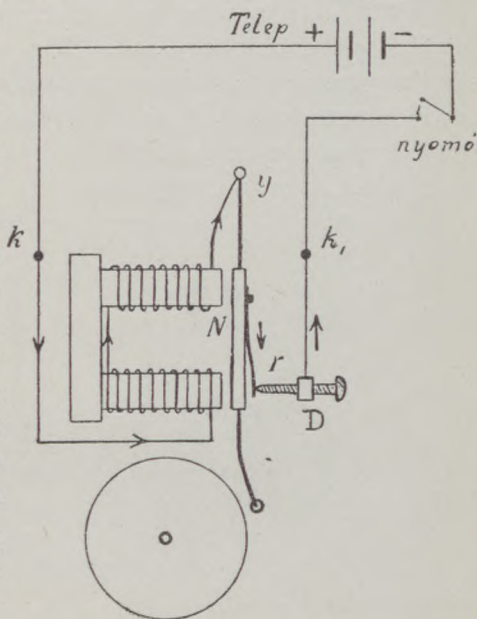


köráramok keringenek kelet-nyugati irányban. Az aczél, mely eredetileg nem mágnes, azzá válik, ha a molekuláit minden képzelhető irányban körülfutó köráramokat mágnesezéssel párhuzamosakká tesszük s így minden molekuláját egy-egy solenoiddá alakítjuk; e parányi solenoidok különnevű sarkai egymás hatását semlegesítik s csak a mágnes végein lévő sarkok hatása szabad, melyen a mágneses vonzások és taszítások nyilvánulnak. A kovácsvas is mágneses addig, míg mágnessel érintkezik, vagy míg körülötte egy drótspirálison áramot vezetünk (u. n. *elektromágnes*), de az érintkezés s illetve az áram megszüntével a vas mágneses tulajdonságait csaknem teljesen elveszíti, míg az aczél megtartja; ezt úgy magyarázzák, hogy a vas molekulái, illetve a körülötte keringő köráramok mozgékonyabb elrendezkedésűek s így a természetes állapotba visszatérni igyekeznek.

A mágnesű nem pontosan mutat éjszaka és dél felé, hanem a délkörrel bizonyos kis szöget képez, pl. Budapesten 1895-ben nyugat felé  $7^{\circ}30'$ -et tett ki; ez a mágnesű *elhajlása* (declinatio), mely lassanként változik, mert úgy látszik: a föld mágneses sarkai is lassanként eltolódnak. A vízszintes és egyúttal függélyes tengely körül forogható mágnesű földünk éjszakai felén éjszakai végével, déli felén meg déli végével lefelé hajlik s a vízszintessel annál nagyobb szöget képez, minél közelebb van a mágneses sarkokhoz; itt függélyes helyzetbe fordul, holott az u. n. mágnesi egyenlítőn vízszintesen helyezkedik el. Az éjszakai lehajlás (inclinatio) szöge Budapesten 1895-ben  $62^{\circ}$  körül volt.

A mágnesűt az u. n. mágneses térképek segélyével földrajzi tájékozódásra, egyébként pedig az elektromos áramok erősségének mérésére is használják; ugyanis a mágnesű körül vezetett áram erőssége a mágnesű kitérítésének szögéből megítélhető (galvanometer).

Az *elektromágnesek* sokféleképpen használhatók fel. Így pl. a házi villamos csengők működtetésére és általában csengőjelzésekre. E készülék (102. ábra) lényege egy kis elektromágnes, vagyis két lágyvas körül csavargatott szigetelt huzal (*N*), mely egy vagy több Leclanché-féle elem (telep) áramától mágnessé válik s a közelében lévő kis rugós vaslemezt magához rántja, melynek végén lévő kis gomb a csengőt megüti; de ugyanekkor a lemez az *r* csavaros szögtől elmozdulván, az itt áthaladó áram



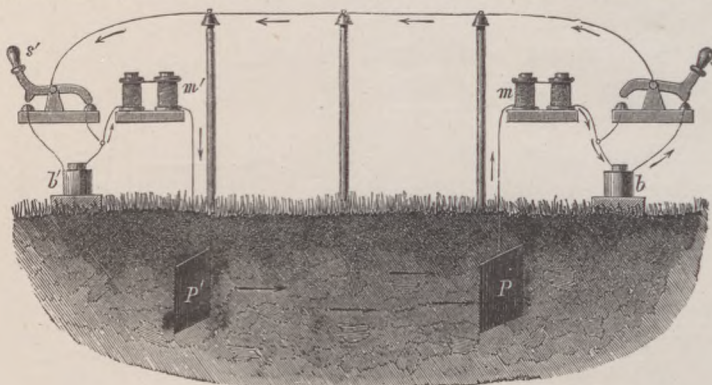
102. ábra.



megszakad, az elektromágnes mágnesessége megszűnik, tehát a rugós lemez a csengőtől visszaugrik; most újból zárul az áramkör s az előbbi jelenség ismétlődik, vagyis a csengő szól mindaddig, míg csak az u. n. nyomót szorítjuk, vagyis míg csak az áramot működtetjük.

Hasonló elven alapul az *elektromos óra*, melyben egy elektromágnes által ide-oda mozgatott vaslemez (horgony) minden áramzáraskor (a mit egy másodpercenként lengő inga létesít) egy fogaskerék egy fogát rántja magához, vagyis egy-egy fokkal fordítja tovább a kereket s így a vele összeköttetésben lévő mutatót.

A *telegráf* szintén az elektromágnes segélyével működik. A legegyszerűbb telegráfok egyike a *Morse-féle írótelegráf* (103. ábra), melynek részei: a jeladó ( $s$  és  $s'$ ) író ( $m$  és  $m'$ ) és jeltevő-készülékek és a két állomás helyi és vonaltelepei. ( $b$  és  $b'$ ) A jeladó nem más, mint egy áramzáró, melylyel a vonaláramot hosszabb vagy rövidebb ideig zárva tartjuk; ez az áram a póznákon álló vashúzalaton át eljut a másik állomásra s onnan az



103. ábra.

írókészüléken áthaladva a földön át visszatér. Az írókészülék (104. ábra) lényege egy elektromágnes ( $A A$ ), mely az áram áthaladásakor mágnesessé lévén magához rántja a fölötte lévő, kétkarú emelő megvasalt végét s mindaddig fogva tartja, míg csak a jeladót lenyomva tartják, vagyis míg az áram kering. De az emelő másik végén egy felfelé irányuló tompa aczéltű van, mely ilyenkor hozzányomul az óramű által egyenletesen hajtott papirosszalaghoz és azon az áram rövidebb vagy hosszabb tartama szerint látható jeleket: pontokat és vonalakat karczol. Ily jelekből áll az egész ábécé. De mert nagy távolságokon át az áram a vashúzalban annyira meggyengül, hogy az írógépet működésbe hozni nem képes, az áramot a leadó állomáson nem az írógépbe vezetik, hanem a jeltevőbe, a mely egy helyi telep áramát zárva, ez megy az írókészülékbe és létesíti ott az írásjeleket.

Az oczeánokon túlra a tengerbe leeresztett s igen gondosan elszigetelt húzalkötegek (u. n. kábelek) vezetik a telegráfozó áramot; de ez any-



nyira meggyengül, hogy az író telegráfot működésbe hozni nem képes s azért itt az áramnak a galvanometer igen érzékeny mágnesűjére gyakorolt kitérítő hatására vannak alapítva a jelek.

Ujabbán a drótnélküli telegráfozás van a kísérletezés állapotában, mely azon alapul, hogy az alkalmas módon létesített elektromos éterrezgések (elektromos sugarak) terjedésére nem szükségesek külön vezetékek, elterjed az a földön vagy a levegőn át nagyobb távolságokra is s (a *Marconi* olasz fizikus által szerkesztett) alkalmas készülékkel felfogatván gyenge áramot létesít, mely a jel-vevő révén az írásjelek létesítésére alkalmas erősebb áramot iktat be.

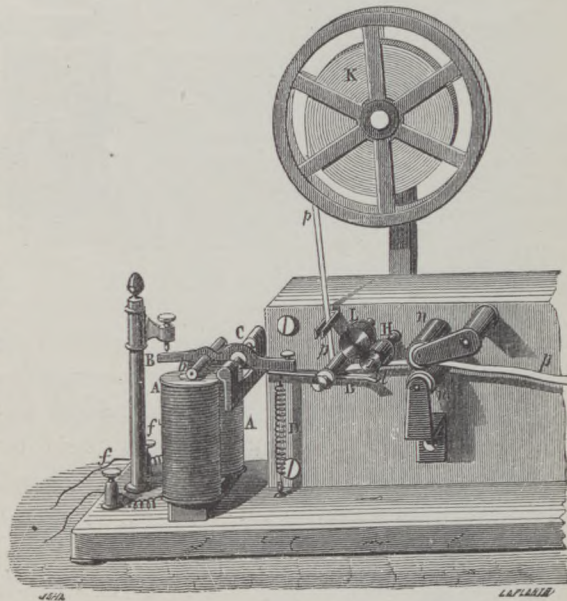
**Hőelektromosság.** Az elektromosság gerjesztésének egyéb nemei közé tartozik a hőelektromosság. Ez olyankor lép fel, a mikor két fém összeforrasztásával zárt vezetőt készítünk és az egyik forrasztási (érintkezési) helyet melegítjük vagy hűtjük, tehát a két forrasztási hely közt hőmérsékleti különbségeket létesítünk. Erre nézve a fémek a következő sorozatba helyezhetők: (+) stibium, vas, zink, ezüst, ón, ólom, réz, platina, bismuth (—). Minél távolabb áll a két fém egymástól, annál eredményesebb azok alkalmazása (pl. stibium és bismuth).

**Inductio.** *Faraday* tapasztalatai nyomán árammal is lehet megosztás vagyis indítás (inductio) útján áramot létesíteni.

*Lenz* törvénye szabja meg, milyen lesz az áram hatása; ugyanis: »ha egy áram (illetve mágnes) és egy zárt vezető viszonylagos helyzetét (közelítés vagy távolítás által) megváltoztatjuk, a zárt vezetőben oly áram jön létre, mely a mozgásra gátlólag hat«. Pillanatnyi áram akkor is keletkezik a zárt vezetőben, ha közelében az áramot zárjuk vagy megszakítjuk, vagy ha erősítjük s gyengítjük. Áramzárásnál, közelítésnél és az indukáló áram erősítésekor ellentétes irányú áram keletkezik; megszakításnál, távolításnál és az indukáló áram gyengülésekor egyező irányú indukált áram keletkezik.

E jelenségeken alapulnak az u. n. *indukciós gépek*.

**Indukciós elektromos gépek.** Ezekben vagy volta-elemek (telep) árama indukál (105. ábra): ilyenek a *volta-indukciós gépek*; vagy pedig mág-

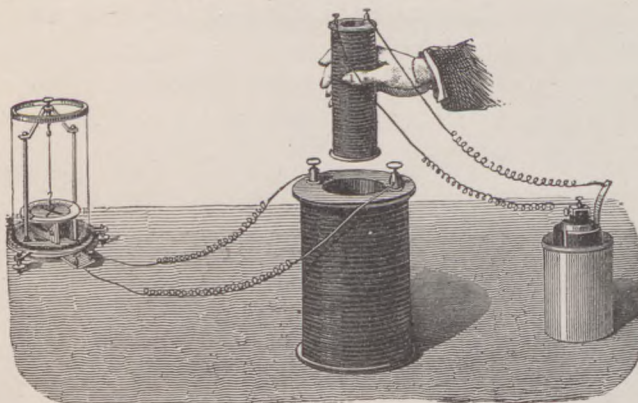


104. ábra.



nesek indukálnak (106. ábra) s mechanikai munka árán termelődik az elektromosság: ilyenek a *mágnes-indukciós gépek*.

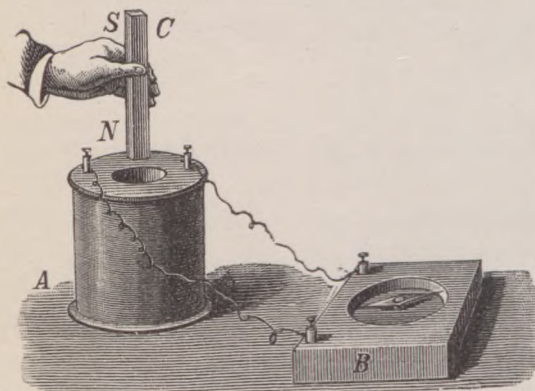
A 105. ábrán a galvan-elem árama egy facsévére csavart húzalban kering s ha ezt a tágabb csévébe toljuk, a mozgás tartama alatt a tágabb



105. ábra.

cséve húzalában áram indul meg, minek jeléül a vele összekötött mágnesű kitér. A 106. ábrában egy mágnesrúdat tolunk a nagy csévébe s így indítunk ebben áramot; a visszahúzásnál ellenkező irányú áram indul meg, vagyis a mágnesű a másik oldalra fog kitérni.

Volta-indukciós géppel a volta-elem kis feszültségű áramát nagy feszültségű árammá lehet átváltoztatni, például az u. n. *szikra-induktor*



106. ábra.

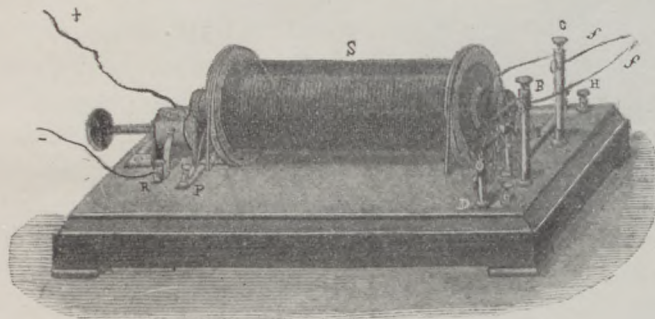
segélyével (Ruhmkorff-féle induktor, 107. ábra). Ez a következő szerkezetű: Egy facsévére 2—2,5 mm. vastag szigetelt húzal van vagy 300 tekervényben felcsavarva s a facsève belsejébe lágyvas-pálczikák csomója van bedugva; ez a *főtekeres* beletölthető egy másik nagyobb csévé (*másodlagos tekercs*), (*S*) üregébe, a melyen egyébként sokkal vékonyabb és hosszabb: mintegy  $\frac{1}{4}$  mm. vastag szigetelt húzal legalább 30,000 tekervényben van

felcsavarva. Az indukáló áram a vastag húzalú főtekeresben kering és valahányszor megszakítatik vagy záratik, minden alkalommal pillanatnyi de igen nagy feszültségű áramot indukál a vékony húzalú másodlagos tekercsben. A megszakítás többnyire egy elektromágnes segélyével történik az által, hogy egy hajlékony rúgó végén lévő kis vaskalapács (*Neff*-

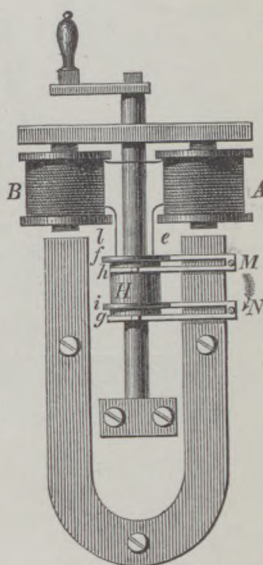


féle kalapács) a főcséve belsejében lévő s az áramtól elektromágnessé váló vashúzalok által odarántatik, mi által az elmozduló kalapács az áramkört (vezeték) megszakítja; de ugyanekkor a vashúzalok elektromágnessége megszűnván, ismét visszaugrik a kis kalapács, vagyis az áramkör újból záródik s ez folyton így ismétlődik szikrák átugrása közben. A másodlagos tekercs nagy ellenállású vékony húzalában keletkező nagy feszültségű szaggatott áramot aztán a *B* és *C* csavarok révén elvezethetjük. Ily nagy feszültségű indukált áramokkal lehet a Röntgen-féle fényt (l. 76. oldalon) létesíteni.

Az ilyen nagy feszültségű indukált áramot kisebb feszültségű, de bővebb árammá visszaváltoztathatjuk az u. n. *transformator*-okkal. A transformator az induktorhoz hasonló szerkezet, csak hogy ebbe az indukáló nagy feszültségű áramot a vékony húzalú tekercsbe vezetjük be, miáltal a vastag húzalú tekercsben kisebb



107. ábra.



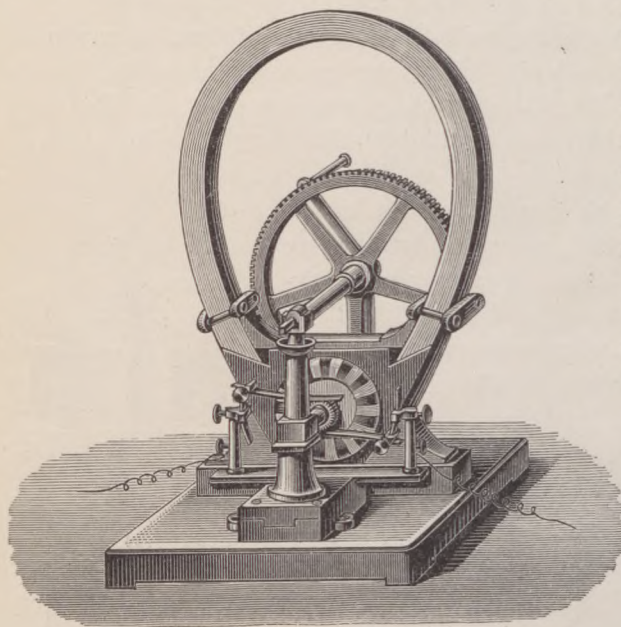
108. ábra.

feszültségű, de bővebb áram fog indukció folytán keletkezni. Igen fontos ez az elektromos erőátvitel eseteiben, a hol nagy távolságokra olcsóbb a nagy feszültségű áramot vezetni el, mert erre vékonyabb, tehát olcsóbb vezeték is alkalmas, a felhasználás helyén pedig könnyű transformátorral kis feszültségű, de bő árammá átváltoztatni.

A *mágnes-indukciós gépeknél* nem árammal indukálunk, hanem erős aczélmágnesekkel, az által, hogy zárt vezetők helyzetét folyton változtatjuk a mágnessarkok közelében, midőn a vezetőkben indukált áramok keletkeznek. Ilyen elven alapul a 108. ábrán feltüntetett kis mágnesindukciós készülék, melyen a mágnespatkó sarkai előtt *A* és *B* csévéket forgatjuk, miáltal ezekben áram képződik. Ugyanez elv szerint működik a *Gramme* gépe (109. ábra), melynél erős aczélmágnesek sarkai közt oly dob forgatható, a mely zártgyűrű-alakú lágyvasra egymástól szigetelten felrakott húzaltekercsekből áll s mindegyik ily húzaltekercsben kétszer változik az indukció folytán keletkező áram iránya a dob egyszeri körforgása alatt; t. i. egyirányú áram kering benne addig, míg az egyik mágnessaroktól a

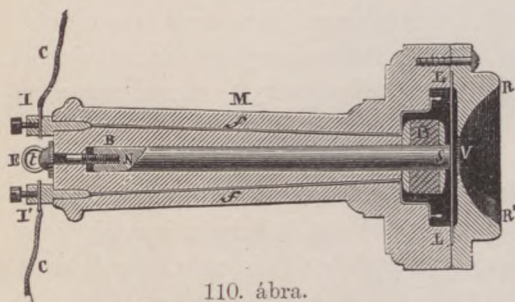


másikig halad s ezzel ellentétes irányú, míg ettől megint az előbbi mágnessarokhoz közeledik. Egy áramirány-változtatóval a gyors egymásutánban indukált *váltakozó irányú* áramokat *egyirányúvá* és folytonossá lehet tenni.



109. ábra.

sége szerint a lemez megfelelő rezgésbe jön s a mágnessarokhoz való távolságát rezgés közben folyton változtatván, annak erősségét fokozza és gyengíti, a mi aztán a tekercsben változó irányú gyenge áramokat indít. Ezek (ff huzalok s  $I$  és  $I''$  révén) a másik állomás telefonjának hasonló tekercsbe



110. ábra.

A Gramme-féle gépekben e szerint tulajdonképpen a forgatásra szükséges mechanikai munka változik át elektromos árammá, mely annál erősebb, minél gyorsabb a forgatás, de annál jobban is megnehezíti ezt.

A beszédnek nagy távolságokra való áttételére szolgáló *telefon* ugyancsak a mágnesindukción alapul. A legegyszerűbb, *Bell-féle* telefon (110. ábra) szerkezete és működése a következő: Egy aczélmágnes ( $S$ ) egyik végén szigetelt huzal ( $B$ ) van körülsavargatva s ez előtt egy vékony vaslemez áll ( $V$ ). Ha ez előtt beszélünk, a hang minő-

vezettetnek s az ottani mágnes erősségét megfelelően változtatják, ennek változó erősségű vonzása a telefonlemezt az első telefon lemezéhez hasonló, de gyengébb rezgésnek indítja, a mi hallható hangokat létesít. Újabban a *mikrofon*-okat (széntelefonokat) alkalmazzák, melyek azon a tapasztalaton alapulnak, hogy

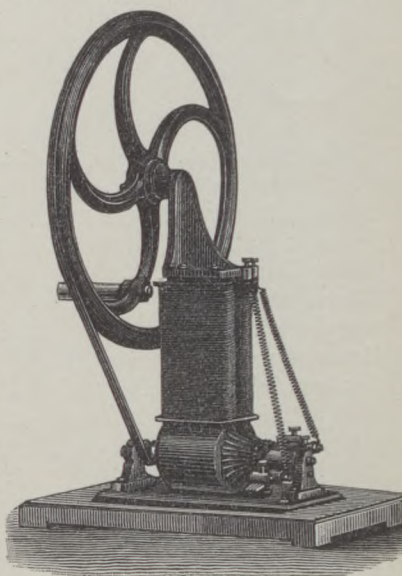
érintkező széndarabok ellenállása nyomás következtében kissebbedik s így a beszéd (hanghullámok) okozta csekély nyomáskülönbségek is megváltoztatják a széndarabok ellenállását. A *Berliner-féle* telefon felvevő mikrofonja egy fémtokban felül egy szénhengert tartalmaz, melynek alsó részén kör alakú csatornák vannak vájva. A tokot alul egy csillámlemez (u. n. mem-



brán-lap) zárja el; e membrán belül szénporral von bevonva s a membrán és a szénhenger közt szénszemecskék vannak. Ha a membrán előtt lévő ebonit-tölcsérbe belebeszélünk, a membrán rezgésbe jön s a szénszemecskék jobban vagy rosszabbul érintkeznek a szénhengerrel. Ez a helyi áram erősségét növeli vagy gyengíti, mely a Bell-féle telefon elve szerint készített hallgatóban lévő tekercsen áthaladván, a mágnespatkó erősségét változtatja, a mi a mágnessarkok előtti lemezt rezgésnek indítja s ez által hallható hangokat létesít.

A Gramme-féle gépeknél jóval hatásosabbak a *Siemens-féle dynamo-gépek*. (111. ábra). Az aczélmágneseknél nagyobb hatásokra képesek ugyanis az elektromágnesek. De ilyenekre sincs tulajdonképpen szükségünk, mert körülvezetett áram nélkül is gyenge mágnesként viselkedik minden lágyvas, minthogy minden lágyvasban van már a feldolgozásánál kapott igen csekély mágnesesség. Ha tehát ily rendkívül gyenge mágnesen izolált húzalt csavargatunk körül és sarkai közt forgatjuk a Gramme-féle dobót: eleinte rendkívül gyenge indukált áramok keletkeznek abban, de ezek a vas körül csavart húzalon át vezetettvén, erősítőleg hatnak arra mint elektromágnesre, mely most már erősebb áramot indukál s ez megint erősíti az elektromágnest s így tovább; úgy hogy a dob igen gyors forgatása árán (persze gőzgép segélyével) igen erős áramot termelhetünk.

Ezek a dynamo-gépek azonban nemcsak mint áramfejlesztők a legelterjedtebbek, hanem motorokul (*elektromotorokul*) is szolgálhatnak. Ugyanis ha egy álló dynamo-gép indukciós tekercseibe (dobjába) áramot vezetünk, attól az forgásnak indul s e forgás aztán más szerkezetekre átvihető. Ily elektromotorokkal működnek a villamos vasútak és villamosság által hajtott gépek. Ezzel tehát módunkban van az *erő átvitele* igen nagy távolságokra is, mert a rendelkezésünkre álló és sokszor a természetben önként is kinálkozó erőforrásokkal (vízesések stb.) dynamo-gépekben áramot fejlesztünk, ezt vezetéken elvezetjük oda, a hol szükség van reá s ott átválttatjuk megint mechanikai munkává vagy hővé, fénynyé stb., tehát az erélynek oly nemévé, a milyenre éppen szükségünk van.



111. ábra.





## TARTALOMJEGYZÉK.

Bevezetés.	Oldal		Oldal
Chemia és fizika .....	1	Csigasorok .....	14
Test, anyag, erő .....	1	Karos mérlegek .....	15
A testek általános tulajdonságai .....	1	Kézi mérleg .....	16
Térfogat .....	1	Táramérleg .....	16
Áthatatlanság .....	1	Chemiai elemző mérleg .....	18
Likacsosság .....	1	Római vagy gyors mérleg .....	18
Kiterjedés .....	2	Hidmérleg .....	18
Hosszúságmérés .....	2	Lejtő .....	19
Területmérés .....	2	Ék .....	20
Térfogatmérés .....	2	Csavar és csavaros sajtó .....	20
Halmazállapot .....	2		
		<b>Cseppfolyós testek.</b>	
<b>I. Rész. Mechanika.</b>		Alak .....	21
<b>Szilárd testek és mozgási jelenségeik.</b>		Libella .....	22
Molekulákon ható erők .....	3	Szerkezet .....	22
Hőhatások .....	3	Összenyomhatóság; a nyomás egyen-	22
Szilárdság .....	3	letes elterjedése .....	22
Rugalmasság .....	3	Hydraulikus sajtó .....	23
Merevség, nyújthatóság, keménység .....	4	Fenéknyomás .....	23
Mozgások. Tehetetlenség. Sebesség.		Real-féle sajtó .....	24
Gyorsulás .....	4	Oldalnyomás .....	24
Szabad esés .....	5	Segner-féle kerék .....	25
Erők (mozgások) összetétele .....	5	Turbinák, vízi kerekek .....	25
Hajítás .....	6	Felfelé irányuló nyomás .....	25
Súly és tömeg .....	7	Közlekedő edények .....	26
Fajsúly, sűrűség .....	7	Archimedes elve .....	26
Súlypont. Egyensúlyi helyzet .....	8	Úszás .....	26
Visszahatás .....	9	Szilárd és cseppfolyós testek fajsúlyá-	26
Ingamozgás .....	9	nak megállapítása .....	27
Forgómozgás .....	10	Mohr-féle és Westfahl-féle mérleg .....	28
Ütközés .....	11	Areometerek .....	29
Mozgások akadályai .....	11	Tapadás és hajcsővesség .....	29
Munka, erély .....	12	Átszivárgási jelenségek .....	30
Gépek .....	12		
Emelő .....	12	<b>Légnemű testek. (Gázok és gőzök.)</b>	
Hengerkerék .....	13	Terjedősség, összenyomhatóság .....	31
Álló csiga .....	14	Archimedes elve .....	31
Mozgó csiga .....	14	Levegő nyomása. Barometer .....	32
		Aneroid barometer .....	33



	Oldal
Térfogat és nyomás viszonya. (Boyle-Mariotte-féle törvény.)	34
Avogadro tétele	34
Levegő nyomásán alapuló készülékek	34
Lopó	34
Szivornya	35
Ritkító szivattyú	35
Szivattyús kút	36
Sűrítő szivattyú	36
Nyomó kút	37
Fecskendő	37
Heron-labda (szélkazán)	37
Fújtató	37
Gázok diffúziója	37
Gázok absorptiója	38

## II. Rész. Hangtan.

Pillanatnyi hang	39
Zörej	39
Zenei hang	39
Hanghullámok	39
Hang magassága	39
Hang erőssége	39
Rezonancia	39
Hang színezete	39
Hang sebessége	40
Visszhang	40
Phonograph	40

## III. Rész. Fénytan.

Rezgési elmélet	41
Fénysugár és a fény terjedése	41
Árnyékjelenségek	41
Sötét kamara	41
Fénysebesség	42
Fényerősség	42
Fény- visszaverődés	43
Síktükör	43
Fénytörés	43
Teljes visszaverődés	44
Átlátszó lemezek	44
Prizmák	45
Gömbtükörök	45
Homorú tükör	45
Domború tükör	46
Optikai lencsék	46
Gyűjtő lencse	47
Luppa vagy egyszerű nagyító	48
Szóró lencse	48
Aplanatikus lencsék	49

	Oldal
Emberi szem	49
Mikroszkop vagy összetett nagyító	49
Messzelátók vagy távcsövek	50
Színek	51
Szintelenítő (achromatikus) lencse	52
Színképek, spektrumok	52
Folytonos színekép	53
Fényes vonalas színekép	53
Spektroszkop	53
Elnyelési (sötét vonalas) spektrum	54
Fraunhofer-féle vonalak	55
Hősugarak és chemiailag ható sugarak	55
Különleges fénysugarak	56
Fluorescentia	56
Phosphorescentia	56
Sarkítás (Polarisatio)	56

## IV. Rész. Hőtan.

Hőmérséklet	57
Hőmérő	57
Maximum- és minimum-hőmérő	59
Hőterjedés	59
Hő lényege	60
Fajhő	61
Hőközta térfogatváltozások	61
Kiterjedési tényező	61
Absolut hőmérséklet	62
Halmazállapot-változások	62
Olvadás	62
Olvadási hő	62
Oldás	63
Oldási hő	63
Túlhűlés	63
Túltelített oldat	63
Párolgás és forrás	63
Forráspont	64
Párolgási hő	65
Gázok megsűrűsítése	65
Kritikus (válságos) hőfok	65
Hőforrások és hőgépek	65
A nap erélye	66
Gőzgép	66

## V. Rész. Elektromosság és mágnesség tana.

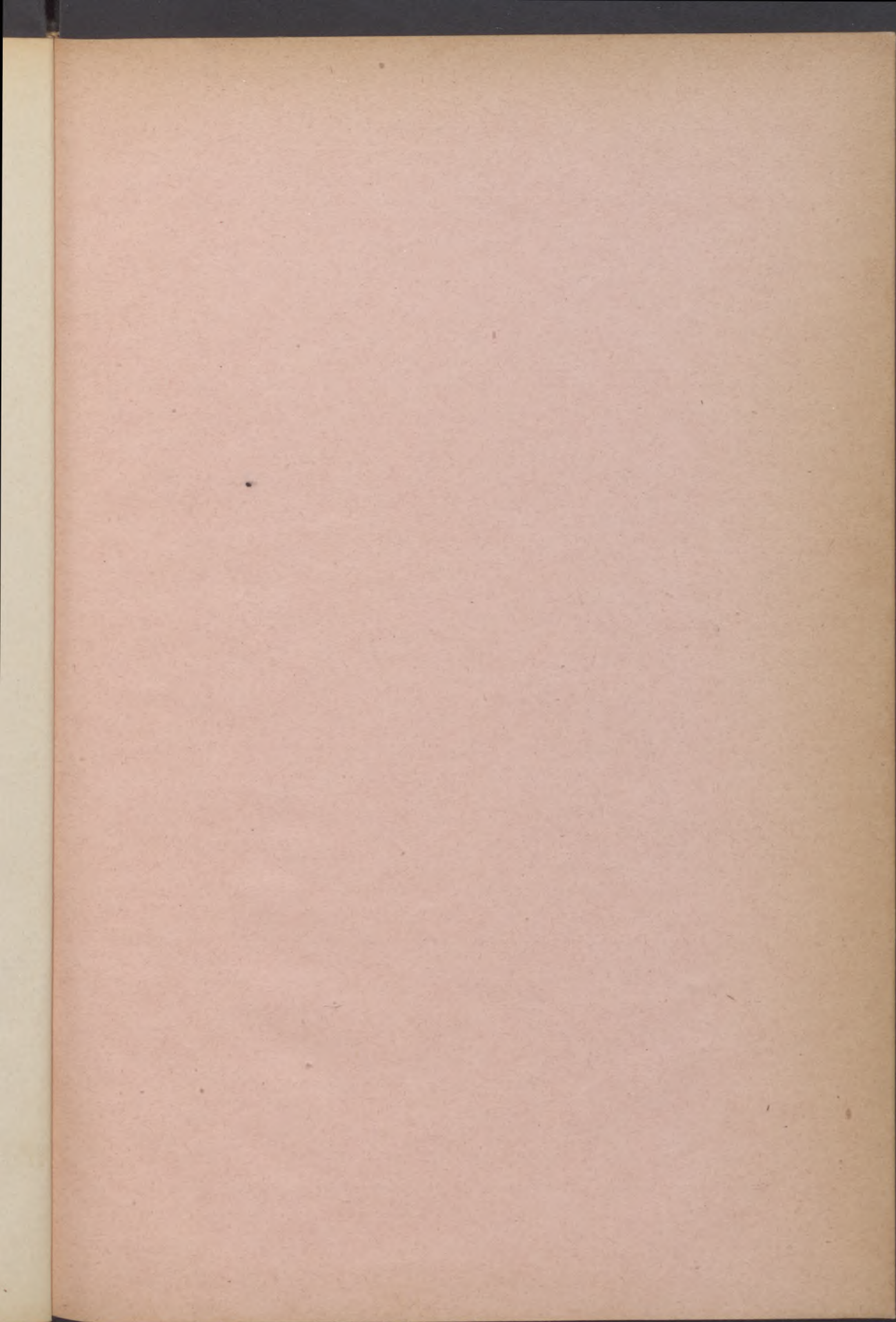
Elektromos jelenségek	69
Vezetők és szigetelők	69
Elektromos vonzás és taszítás	69
Tevőleges és nemleges elektromosság	70
Elektromosság lényege	70
Elektromos feszültség	71



	Oldal		Oldal
Elektromosság elterjedése .....	71	Iv lámpa .....	80
Elektromos megosztás .....	71	Volta-ív .....	80
Elektroszkop .....	71	Elektolysis .....	80
Dörzsölési vagy Winter-féle elektro- mozó gép .....	73	Faraday törvénye .....	81
Elektrophor .....	73	Áramok vonzó és taszító hatásai .....	81
Sűrítők .....	74	Földi áram .....	81
Franklin-tábla .....	74	Ampère kísérletei .....	81
Leydeni palaczk .....	74	Solenoid .....	82
A kisütés hatásai .....	75	Mágnesség .....	82
Villám .....	75	Mágnestű .....	82
Röntgen-féle fény .....	76	Elektromágnes .....	83
Elektromosság sebessége .....	76	Elektromos csengő .....	83
Légköri elektromosság .....	76	Elektromos óra .....	84
Villámhárító .....	76	Telegráf .....	84
Csendes kisülés .....	76	Hőelektromosság .....	85
Áramló vagy galvan-elektromosság .....	76	Inductio .....	85
Galvan- vagy volta-elem .....	77	Lenz törvénye .....	85
Állandó volta-elemek .....	78	Indukciós gépek .....	85
Daniell-féle elem .....	78	Szíkra-induktor .....	86
Bunsen-elem .....	78	Transformator .....	87
Leclanché-elem .....	79	Gramme-gép .....	87
Elektromos accumulátorok .....	79	Telefon .....	88
Galvan-áram hatásai .....	79	Siemens dynamo-gépe .....	89
Izzólámpa .....	79	Elektromotorok .....	89
		Elektromos vasút és erőátvitel .....	89









# SZIGNÁLÓ KÉSZÜLÉKET

tartányok szignálásához, falragaszok, árjegyzékek stb. elkészítéséhez, szép és tartós ozégérek minden nagyságban, vörös, fekete és fehér írással szállít

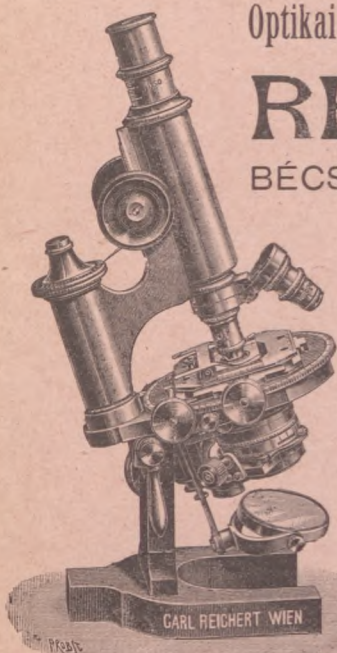
**J. POSPISIL** Pharmaceut in Stefanau bei Olmütz, Mähren.

1878 óta 25,000 drb körül a világ minden részében használatban van.

**UJ!** Elegáns, időszerű kiállítás új konstrukcióval (lénia megerősítés ruganyokkal) **UJ!**

Szabadalom bejelentve. — Minták német, francia, cseh és orosz nyelven díjtalanok.

===== Minden hasonló készülék utánzat! =====



Optikai műintézet. \* Optikai műintézet.

## REICHERT C.

BÉCS, VIII., Bennogasse 24 és 26. sz.

Különlegesség: **MIKROSKOPOK.**

Tisztelettel jelenti a következők megjelenését:

**Főkatalogus 23. sz.**

mikroskópok, mikrotomok, haemometerek, ferrometerekről stb.

**Külön katalogus 1. sz.**

polarisációs készülékekről a nád- és szőlő-cukor mennyileges vizsgálatára.

**Külön katalogus 3. sz.**

mikrophotografiai készülékekről.

**Külön katalogus 4. sz.**

projectiós készülékekről mikroszkopiai célókra.

E katalogusokat a t. cz. érdeklődők kíváncsra ingyen és bérmentve kapják.

VÉDJE



VÉDJE

TÁVIRAT-CZIM:  
SALVATOR BUDAPEST.



TELEFON:  
11-09. szám.

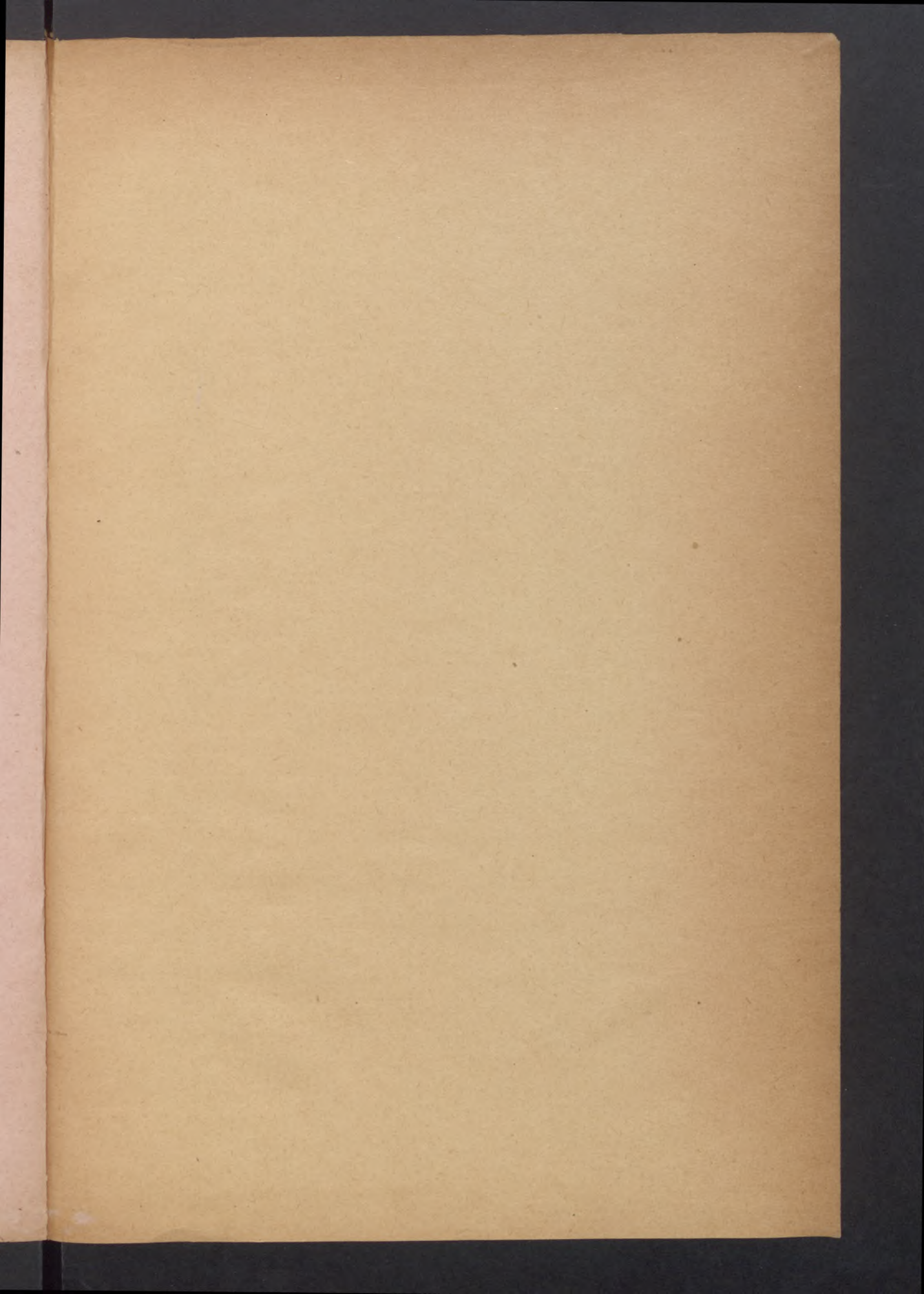
# SALVATOR

## KÖTSZER-GYÁR

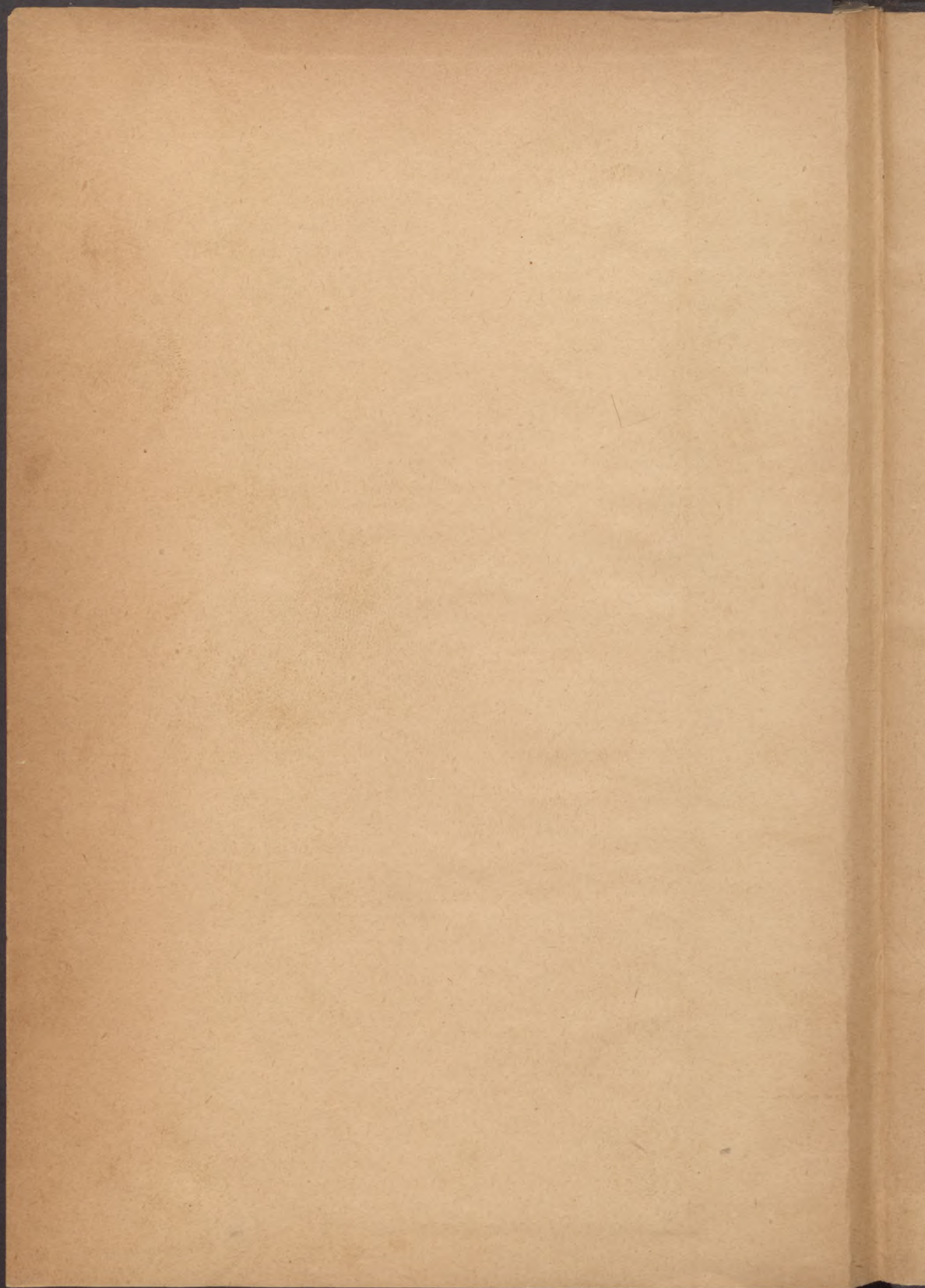
sebészeti gummiárúk és betegápolási cikkek  
**BUDAPEST, VI., Hajós-u. 15.** (az Opera mellett.)

A székesfővárosi kórházak kötszer- és gummiárúk szállítója. Gözfertőtlenítő géppel sterilizált kötszerek. Mentőszekrények. Hordágyak. Teljes kórházi berendezések.

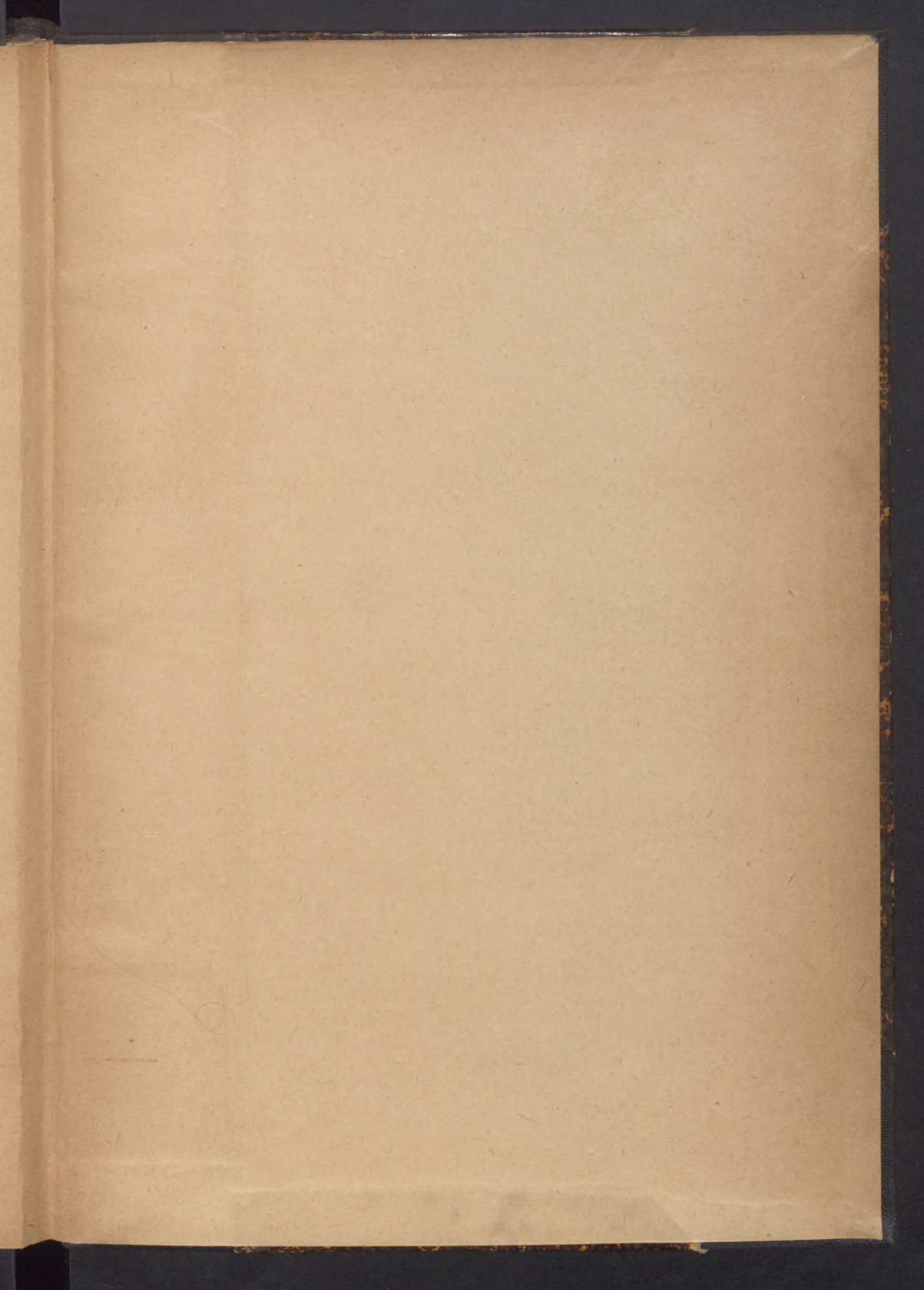




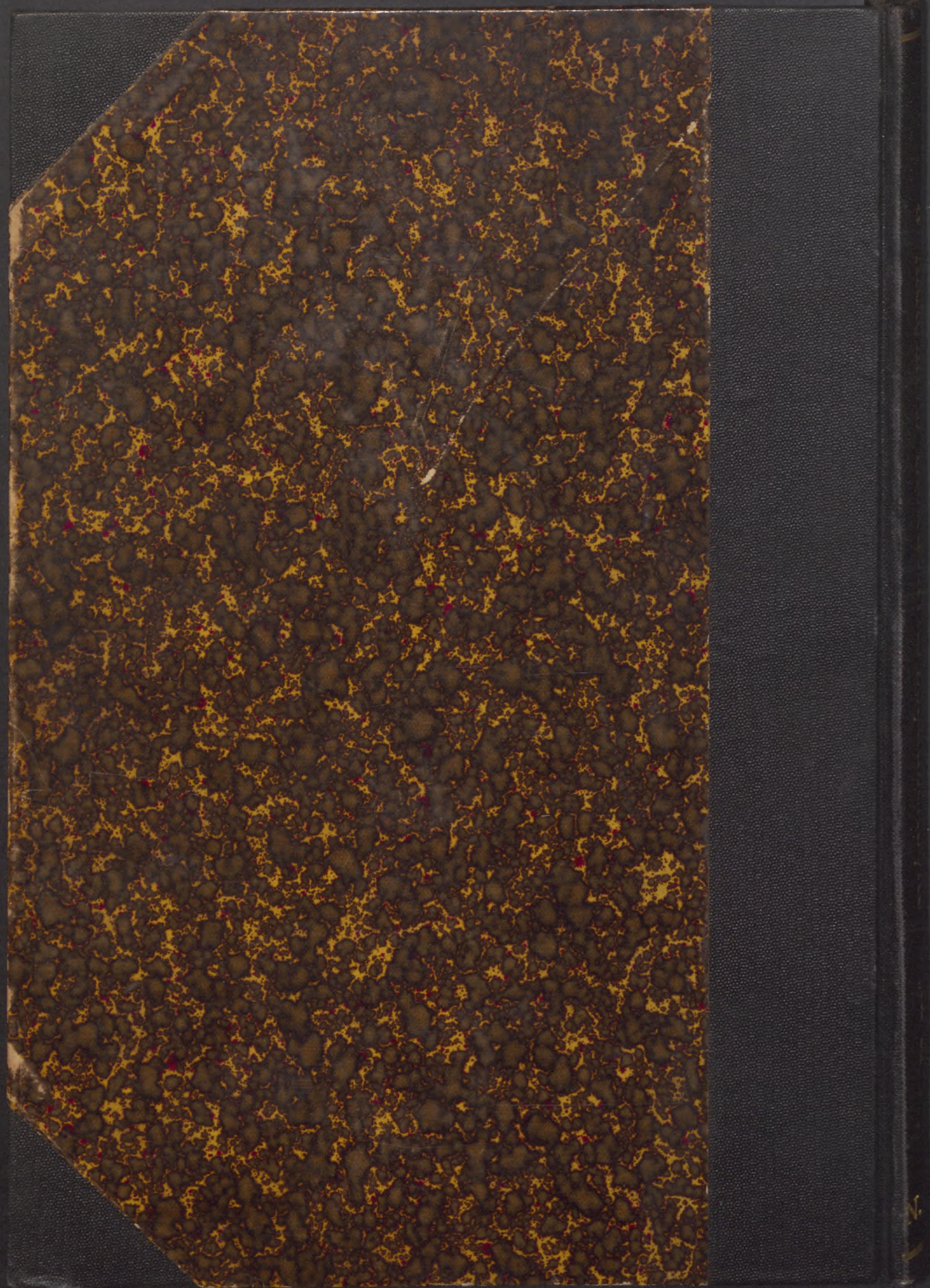














DR. GYÖRXY. GYÓGYSZERÉSZ-GYAKORNOKI TANKÖNYV 2.