

ÁLTALÁNOS ÉLETTAN.

I. A SZERVEZETEK TULAJDONSÁGAI ÉS ÉLETFELTÉTELEI ÁLTALÁBAN.

ÖTÖDIK ELŐADÁS.

Tartalma: Szervezet (organismus), morphologiai és physiologiai értelemben. Szervetlen testek. Egyén (individuum). Az egyéniség fokozatai; annak morphologiai és physiologiai jelentősége. Elemi szervezetek, alakelemek, életegységek, szervek, szervrendszerek. A jellegző élettünemények. A jellegző élettünemények feltételeire vonatkozó feladatunk. Anyag és erő, a bölseleti fogalmak értelmében. E fogalmak keletkezésének valószínű indító oka; azoknak ontologikus felfogása; ugyanazon elnevezések használata és eltérő értelme a természettudományok körében.

Szervezet — Organismus, morphologiai és physiologiai értelemben. Szervetlen testek.

Mindaz, a mi egyéni elkülönöttséggel élőlényképen jelentkezik, *szervezetnek* (organismus) neveztetik. Az azonban, a mit az így elnevezett fogalomban összefoglalunk, igen különböző, az álláspont szerint, melyből ama lényeket tekintjük. Nevezetesen kétféle álláspontot kell megkülönböztetnünk, ú. m. a morphologiait és a physiologiait.

Már érzéki felfogásunk térszemléleti közvetetlensége folytán előbb is inkább vonták magukra az észlelők figyelmét ama tényeknek alaki, semmint egyéb sajátosságai és a tudomány is korábban állapította meg azok fogalmát morphologiai, semmint physiologiai értelemben. De mentül előbbre haladtak ismereteink és mentül behatóbban lettek e lények összes nyilvánulataikban tanulmányozva, annál kevésbé határozottnak és kielégítőnek bizonyult be a morphologiai fogalom, annál inkább erősödött a physiologiai fogalom egyedüli jogosultságának elismerése és ezzel a fogalom helyes megállapításának a szüksége.

A morphologiai alapon felállított fogalom szerint szervezetek alatt oly testek értendők, melyek az azokat alkotó különféle részeik-

nek mint *szerveknek* közreműködése által *egységes egészekké* fen-
tartatnak. Ámde jelenleg már számos oly élőlényt ismerünk, melye-
ken különböző részeket vagy egyáltalában nem találunk, vagy legalább
olyanokat nem, melyek a szerveknek, azaz oly részeknek a jelentő-
ségével határozottan bírnának, melyek másként, mint más részek
működnének. Ily lények az egynemű, szerkezetet nem mutató állo-
mány által képezett monerek (Protogenes, Protomoeba), valamint sokan
a Rhizopodák és a Protoplasták közül, melyeknél hasonló állomány
mellett, mint egyetlen ettől különböző szerv csak egy egyszerű kéreg,
vagy egy összehúzódó hólyag ismerhető fel; szintúgy az egysejtes
szervezetek a protisták és növények körében, melyekben elkülönített
szervképen csak a protoplasmában befoglalt mag, némelykor pedig
még egy külső burkoló hártya található. De minthogy ennek daczára
e lényeket mégis szervezetesnek kell elismernünk, utalva vagyunk
a szervezet fogalmát physiologiai alapra fektetni és annak értelmé-
ben szervezetesnek nevezzük mindazon testeket, melyek magukon a
sajátlagos élettüneményeket nyilvánítják; míg ellenben *szervetlen*
testeknek nevezzük mindazokat, a melyeken az élettünemények
egyike sem nyilvánul.

Egyén (Individuum).

Mindkét fogalom mégis abban találkozik össze, hogy mindkettő
a szervezeteket mint bizonyos módon a térben elkülönített oly *egy-
séges egészeket* tekintí, melyek mint ilyenek meg nem oszthatók a
nélkül, hogy ez által a fogalom szerint követelt jellegüket el ne vesz-
tenék. Ily «oszthatatlan» egész felel meg a régi *atom* (a τέμνειν és az α
privativumból lezármazó ἄτομος) és *individuum* (indivisibile) elneve-
zések értelmének. Míg azonban az előbbi elnevezés az «oszthatatlansá-
got» jelentő értelmét továbbra is megtartotta, sőt később mindinkább
egyedül csak azon anyagi részeknek megjelölésére használtatott, vala-
mint használtatik ma is, melyeket a parány-elmélet a szó szoros értel-
mében tovább már nem oszthatóknak tekint; addig a másik elnevezés
«Individuum», a szintén az oszthatatlanságot eredetileg jelentő értelmét
az «egységet» jelentő értelemmel felcserélve, mindarra használtatik, a
mi általában mint összetartó *egység* nyilvánul; és ugyanily értelemben
mint amazt, alkalmazzuk a magyar szót is «egyén» (egy én), pl.
a közéletben nem csak az egyes emberre, hanem átvitt értelemben
sok más élő és nem élő testre, valamint erkölcsi személyekre is.

De ilyképen e kifejezés nem bír már abszolút, hanem csak relativ fogalmi értelemmel, mert nem jelent bizonyos faji fogalom alá tartozó tárgyat, hanem szemléleti felfogásunknak megfelelőleg jelenti inkább az egy bizonyos faji fogalomhoz tartozó egy valamit, *viszonyítottan* az ugyanazon faji fogalom alá eső sok másnak a sokaságához; úgy hogy csak annyiban, a mennyiben a fajfogalom maga meg van határozva, nyer az egyén — individuum — is meghatározott jelentőséget mint oly egység, mely jellegének elvesztése nélkül nem osztható. De az egy bizonyos fajfogalomnak megfelelő egyéneknek mint egységeknek sokasága maga alárendelhető és *mint* magasabb rendű *egyén* viszonyítható az ugyane magasabb fogalom alá eső más ily egyének sokaságához; és ugyane sokaság ismét egy még magasabb rendű fogalom szerint megint *mint* *egyén* viszonyítva tekinthető az ugyanazon rendű más egyének sokaságához; amiből már látható, hogy tulajdonképen nem abszolút, hanem mindig csak relativ értelemben vett egyénekről lehet szó.

Az egyéniség morphologiai és physiologiai jelentősége.

Megfelelőleg a szervezetekre vonatkozólag előbb megkülönböztetett két fogalomnak, megkülönböztetjük szintúgy a morphologiai és physiologiai egyént is.

A *morphologiai egyén* alatt, melyképen nemcsak élő, hanem, mint más helyen látni fogjuk, nem élőlény is jelentkezhethet, oly térbeli egységet értünk, mely *alakilag* összefüggő, befejezett egésznek képez, melynek alkotó részeitől tehát egy sem vonható el, a nélkül, hogy ez által alakjának jellege szintén meg nem semmisülne; azért alakját a megsejmlélés tartama alatt *változatlan*nak is tekintjük.

A morphologiai egyén pedig akkor bír egyszersmind a *physiologiai* egyén jellegével is, a mikor az oly működéseket képes kifejteni, melyek által magát bizonyos időre legalább önállóan fenttarthatja.

Míg a morphologiai egyénre nézve a jellegző tulajdonság a térszerinti oszthatatlanság, addig a physiologiai egyént jellegzi az önfenttartását eszközölő *működés*; minthogy pedig e működés az egyén bizonyos változásától van feltételezve, azért a physiologiai egyént már nem tekintjük úgy, mikép a morphologiait, a szemlélet idejére változatlanak, hanem változóknak.

És valamint általában, mint előbb láttuk, különböző rendű egyéneket különböztethetünk meg, melyek a fogalom fokának megfelelő-

leg, melynek köréhez tartoznak, magukban vagy egyszerűbbek, vagy egyszerűbbeknek egyesített sokasága által képeztetve, összetettebbek: szintűgy megkülönböztethetünk az élőlények körében is úgy morphologiai, valamint physiologiai értelemben különböző rendű egyszerűbb és összetettebb szerves egyéneket; mely utóbbiak is épen úgy, mint a legegyszerűbbek mint *egységek* oszthatatlanoknak tekintendők, habár még ezek is physikailag épen úgy, mint bármely más nem szerves test mind kisebb részletekre elbontható.

Elemi szervezetek. Alakelemek, életegységek, szervek és szervrendszerek.

Egyéniségük fokára nézve az élőlények igen különbözők. Vannak, miként már előbb említettük, számosan olyanok, melyek náluknál alacsonyabb rendű és így egyszerűbb szerves egyénekre el nem bonthatók, mert csak egyetlen egy ily egység által képeztetnek, és a mennyiben ezek már is önfentartó működéssel bírnak, nevezzük azokat mint physiologiai egyéneket *elemi szervezetek*-nek. Sok más élőlény ellenben már nem egyetlen egy ily egyszerű egyén által, hanem számos ilyennek egyesített sokasága által képeztetik, sőt maga e sokaság lehet az élőlényben különböző rendű egyénekképen csoportosulva, melyek úgy megalakulásuk módjára, valamint működésük fokára nézve egymástól különbözők, — de az ezeket alkotó ama legalsóbb rendű egyének megtartják önfentartó működésük képességét még e magasabb rendű egyéneket képviselő csoport keretében is, vagy lételük egész idejére, vagy legalább annak bizonyos szakaszára; tudjuk továbbá, hogy még a magasabb rendű, sőt még a legösszetettebb szerkezetű lények megalakulása is egyetlen egy ily legegyszerűbb, alaktanilag tovább oszthatatlan egyénből indul ki, valamint hogy a fejlődés további lefolyásában minden egyes testrésznek a megalakulása szintén közvetlenül mindig az ezek alkotmányába belépő hasonló egyszerű egyének által eszközöltetik; nevezzük azért ez utóbbiakat morphologiai szempontból *alakelemek*-nek, ama önfentartó működésük alapján pedig physiologiai szempontból *életegységek*-nek, míg az ezek össze-csoportosulása által képezett magasabb rendű egyének, a mennyiben ezek bizonyos nemű működésük által az egységes élőlény önfentartásában közreműködnek, *szervek*-nek (organumok) neveztetnek; végre e szervek maguk is még egy magasabb rendű fogalomban egyesíthető működésük szerint, képezik a *szerrendszerek*-et.

A jellegző élettűnemények.

Az önfentartást eszközölő működés, mely az élőlényeket, azok minden fokozatán mint élettani egyéneket jellegzi, különféle *élettűneményekben* nyilvánul, melyeket a feltételező működés módja szerint a következő csoportokra oszthatjuk.

Észleljük, hogy minden élőlény környezetéből bizonyos testeket vesz magába fel, és ezeket áthasonítva és saját állományába bekebelezve, azaz *táplálkozva*, nagyobbodik térfogatában, valamint gyarapodik súlyában, azaz *növekszik*; és e folyamat már azon állományon indul meg, melyet más szerves egyén azon képességgel ellátottan szolgáltatott, a melynél fogva az táplálkozás által megfelelőleg szervezkedve az önfentartó működésekre képes egyénné *fejlődik ki*, ekképen pedig fejlődésének megszabott tetőpontját elérve és azon megállapodva, birja magát a szervezet folytatólagos táplálkozása által bizonyos időhatáron belül még továbbra fentartani. Így tehát úgy a fejlődés és a növekedés, valamint az önfentartás a táplálkozás eredménye, mely maga áthasonító működésen alapszik. A táplálkozás azonban képesíti az élőlényt még más működésekre is. Nagy része az élőlényeknek ugyanis azon képességgel van ellátva, hogy saját állományából bizonyos oly részletet választhat külön, mely maga képesítve van, hogy táplálkozás által oly önálló egyénné fejlődjék ki, mely hasonló ahhoz, a melytől leszármazott; az előbbinek eme működését *nemzés*-nek nevezzük. A szervezetek egy nagy része továbbá még azon képességgel is bir, hogy egész testével vagy egyes részeivel látszólag mintegy belső indítatból helyzetét megváltoztassa, azaz akaratlagos mozgást vigyen végbe, ami által midőn így külső behatásokra visszahat, annak a jelét látszik adni, hogy ama behatásokat megérzi. A mennyiben pedig e visszaható viselkedésénél némely élőlény még bizonyos határok közt változékony alkalmazkodást is mutat a külső körülményekhez képest, s ez sajátlagos működések hosszabb lánczolata által feltételezettnek látszik, az élőlények egy részének a *mozgáson és érzésen kívül még szellemi képességet* is tulajdonítunk.

A felsorolt működések, mint az áthasonító táplálkozás, a fejlődés és növekedés, a mozgás, érzés és a szellemi képesség, mint az élőlényeken nyilvánuló tűnemények, bizonyos megszorítás mellett, jellegzők ugyan a szervezetekre nézve, mindazáltal nem fordulnak valamennyi szervezeten elő, s így a szervezet faji fogalmának megállá-

pítására nézve mint jellegző tulajdonságok egyenlő jelentőséggel sem bírnak.

A szellemi működésnek nyilvánulatait csak a szervezettség magas fokán álló lényeknél találjuk; sőt még az *érző képesség* jelenlétére is biztosabban csak az élőlények egy részénél következtethetünk; azt pedig, hogy valamely a szervezet által kifejtett *mozgás* mint akaratlagos, érzés folytán, vagy akár minő más belső indítatból indul ki, felette nehezen határozhatjuk meg; de a *mozgás* még *egyáltalában* is vagy teljesen hiányozhat, vagy csak egyes testrészekre és csak bizonyos időszakokra lehet mint pl. a növényeknél szorítva; szintűgy a *nemzőképesség* sem tekinthető általánosan jellegző élettulajdonságnak, mert nem csak megszűnhet az oly szervezetnél, mely azzal egy ideig birt, a nélkül, hogy ugyanaz megszűnnék a miatt szervezet lenni, hanem még azt is találjuk, hogy az egyes lényfajokhoz tartozó bizonyos rendű egyének nagy sokaságánál, mint nevezetesen a méheknél és hangyáknál végkép hiányozhat is. Így tehát, mindezen élettűnemények, mint a szellemi nyilvánulatok, az érzés, a mozgás, a nemzés, miután azok csak a szervezetek egy részénél találhatók, nem alkalmasak a szervezet általános fogalmának a megállapítására, sőt erre még a táplálkozásból eredő *növekedés* és *fejlődés* sem alkalmas, a mennyiben az — mint tovább látni fogjuk — nem élő, szervetlen egyéneken is előfordul; úgy hogy ekképen a *táplálkozás* maga csak *mint áthasonító folyamat*, a mennyiben t. i. annál a szervezet az általa felvett és magába kebelezett testrészeket egyszersmind kémiai alakukban bizonyos módon megváltoztatja és meglevő részeit hasonlóvá teszi, képezi egyedül a szervezetet jellegző tulajdonságot.

A jellegző élettűnemények feltételeire vonatkozó feladatunk.

Legközelebbi feladatunk most oda irányul, hogy azon tényezőket keressük fel, melyek által az áthasonító táplálkozás, valamint ennek alapján még azon többi élettűnemények is feltételezhetnek, melyek habár csak az élőlények egy részénél jelentkeznek, de a nem élőknél kivétel nélkül hiányoznak; a mennyiben pedig másfelől a táplálkozáshoz bizonyos tekintetben legalább hasonló folyamat nyilvánul a nem élőlények növekedésénél és fejlődésénél is, azért feladatunk még arra is kiterjed, hogy megállapítsuk, miképen és mennyire különbözök az ez utóbbi folyamatot létesítő tényezők azoktól, a melyektől az *áthasonító* táplálkozás függ, valamint hogy

felkeressük azon feltételeket, melyek az utóbbi tényezők közreműködését csak az élőlényeknél engedik meg, ellenben a nemélőknél azt kizárják.

E feladatnak kitűzése teljesen indokolt. Mert jóllehet, hogy első tekintetre úgy látszik, mintha az élő és a nem élő lényeket még szorosabb és teljesen áthághatatlan határ választaná el egymástól, mint a minő az élőlények két legfőbb csoportját, az állatokat és a növényeket különválasztja, melyek közt elég számosan oly átmeneti alakok merülnek fel, melyek sem az egyik, sem a másik csoporthoz biztosan nem sorolhatók, úgy hogy azok számára a rendszeres természetleírás a protisták neve alatt egy harmadik csoportot volt kénytelen felállítani; úgy mindazáltal még akkor is, ha oly szoros határ élő és nem élő lények közt valóban fenn is állana, kellene, hogy e határnak feltételeit keressük; ha pedig ilyen nem léteznék, hanem csakis a feltételező tényezők fokára és miként való összecsoportosulására nézve volna különbség, úgy ezt kellene felderítenünk.

Hogy e feladatunkat megoldhassuk, szükséges, hogy a két rendbeli, ú. m. az élő és nem élő lényeket részletesen beható összehasonlításnak vessük alá mindenre nézve, a mire irányukban érzéki fel fogásunk kiterjedhet.

Láttuk pedig már, miképen érzékeink és a velük szövetkező akaratos mozgásaink által arra vagyunk képesítve, hogy a midőn változatos érzeteinket az okadó törvény követelése szerint bizonyos okokból leszármaztatjuk, akkor ily okok gyanánt kívülünk a térben bizonyos viszony szerint elhelyezett és tértfoglaló testeket ismerjünk fel, melyeket, midőn így érzeteinket az általuk érzékeinkre gyakorolt behatásnak mint oknak tulajdonítjuk be, egyszersmind közvetlenül térszemléletileg fogjuk fel. Így tehát csak e hatásaikból ismerhetvén fel a külvilági testeket, sem tudomásunk nem lehet olyasmiről, a mi sem közvetlenül, sem közvetve érzékeinkre hatást nem gyakorol, sem pedig azt a mi így hat, hatáskéességétől különválasztottan nem ismerjük.

Anyag és erő, a bölcséleti fogalmak értelmében.

Mindazáltal a bölcséleti elemzés oly elvont fogalmakat állított fel, melyek nemcsak a külvilági testekkel, úgy a mint mi azokat fel foghatjuk, össze nem egyeztethetők, hanem a melyek még magokban is, valamint egymással ellenmondók. Bizonyos általános logikai

fogalom-képletekhez ragaszkodva, megkülönböztetendőnek vélte ama bölcsélet minden külvilági testen is a subjectumot és a prædicatumot, és elnevezte amazt *anyag*-nak, az utóbbit pedig *erő*-nek. E fogalmak szerint «anyag» alatt az értendő, a mi magában teljesen hatástalan, és nem bír egyébbel mint egyedül csak térbeli terjedelemmel és megfelelő mennyiséggel; míg «erő» alatt az értendő, a mi hatást kifejt. Ily értelemben tehát az erővel felruházott anyag felelne meg az érzékileg felfogható testeknek.

Ámde csak akkor vagyunk feljogosítva, hogy subjectumot és prædicatumot egymástól nemcsak megkülönböztessünk, hanem egymástól külön válaszszunk, ha a kettő, vagy legalább az elsőbbik magában még tényleg fennállhat, avagy legalább helyes logikai következtetésselilyképen gondolható; mert különben, ha a kettő egymással úgy különválaszthatatlan, hogy a különválasztás mellett megsemmisül, úgy akkor a kettő lényegében csak egynek vehető.

Már pedig teljesen hatástalan anyag nemcsak reánk nézve felismerhetetlen, hanem az összes természet irányában is teljesen közömbös volna, tehát nemlétezőnek volna tekintendő, és a fogalom, mely azt mégis létezőnek állítja, magában ellenmondó, mert nemlétezőt létezőnek állít.

De szintűgy magában fennálló erőt sem találunk sehol, hanem egyedül azt tapasztaljuk, hogy hatást csak testek gyakorolnak egymás közt és egymás irányában; mihelyt azonban ama fogalom szerint felfogott erőnek hatást tulajdonítunk, úgy akkor már egyszersmind fel kell tennünk, hogy az «valamire» és tehát bizonyos irányban is hat; de irányt nem gondolhatunk másként, mint csak a térnek legalább is valamely két pontja közt; következőleg ha az erő iránynyal bír, kell hogy kiinduló ponttal is birjon; de miután, mint már más helyen láttuk, üres tért nem gondolhatunk, puszta térbeli pontot sem gondolhatunk, hanem kell, hogy gondoljunk valamit, a mi helyét kitölti, vagyis a mi az előbbi fogalom szerint a terjedelemmel bíró anyag által képeztetethetik. S így midőn a magában fennálló erő fogalmából kiindultunk, mégis oda jutottunk, hogy az különválaszthatatlan oly anyagi pontoktól, a melyek egyrészt kiinduló pontul, másrészt a hatást elszenvető pontul szolgálnak. Ha pedig minden ilyenről eltekintünk, úgy már az erőnek sem irányt, sem hatást nem tulajdoníthatunk, tehát akkor megint kénytelenek vagyunk az állítólagos létezőt nemlétezőnek tekinteni.

Ama fogalmak keletkezésének valószínű eredete.

És mégis ama két fogalom felállításánál nyilván nem vezette a bölcséleti elmélkedést más egyéb, mint sajátlagos érzéki felfogásunk, melylyel a külvilág irányában birunk. Minthogy ugyanis csak természetlelileg foghatjuk fel a hatásaik után felismerhető testeket, azaz csak bizonyos viszony szerint egymáshoz, tehát térbeliesen elhelyezve, ezáltal már helyzetet és irányt is különböztetünk meg; minthogy pedig helyzetet magában még sem gondolhatunk, hanem csak valami által azt elfoglaltan, úgy irányt sem gondolhatunk pusztán magában, hanem azt csak mint kapcsolatot fogjuk fel bizonyos és valamiképen kitöltött helyek közt, különösen olyanok közt, melyekből bizonyos hatások kiindulnak, illetőleg a melyeken az eredmény fel-tűnik; mindez már okul szolgálhat nekünk arra, hogy a helyzet fogalmát felcseréljük ama felállított anyagfogalommal, az irány fogalmát pedig a felállított erőfogalommal.

Ama fogalmaknak ontologikus felfogása.

A bölcsélet azonban nem állapodott meg e pusztá fogalmak felállításánál, hanem átcsapva az ontologizáló metaphysikának korlátlan terére, az elvont fogalmakból önálló lényeket alkotott magának, azokkal nemcsak magát ámitva, hanem időszakonként tévútra vezetve még a természetbuvárlatot is. Sőt midőn már ez utóbbi tartózkodóbb lett és minden ábrándozást kerülni igyekszik, ellenében azon vádat szokták különösen a be nem avatott nagy tömegnek színe előtt emelni a józan bölcslelettől is eléggé elitelt metaphysikának hívei, hogy a természetbuvárlat mindennek a fő és végleges tényezőjeül csak az anyagot ismeri el; holott e lidércznek felidézője épen csak maga ama bölcsелеm volt. A mai természettudomány sem anyagot, sem erőt ama fogalmak értelmében nem ismer, hanem csak egymás irányában bizonyos hatást gyakorló testeket, és minden tüneményt, a mi az észlelés tárgyát képezi, mint e kölcsönös hatásoknak eredményét tekinti; és tartózkodik e határon túl terjedő következtetéseket vonni, mert jól tudja, hogy arra sem belátásunk, sem segédeszközeink nem telnek.

Ugyanazon elnevezések használata és eltérő értelme a természettudományok körében.

Azon vádra azonban, mely a természettudományok ellenében emeltetik, ha nem is épen alapot, de alkalmat e tudományok magok is szolgáltatnak és szolgáltatnak még ma is az által, hogy ama kifejezéseket, anyag, erő, saját körükben, sőt még az exakt buvárlat szűkebb körében is még folyton használatban fentartják, sőt még az utóbbi kör épen a vezérelvül szolgáló legáltalánosabb két törvényt, mint az anyag és mint az erő állandóságának törvényét azon szókkal nevezte el, ez elnevezésekhez azonban az előbbiektől lényegesen különböző fogalmakat kötve. De épen azért annál szükségesebb és annál okadatoltabb volna, hogy e nevek inkább teljesen elejtsenek és helyettük mások használtassanak, semmint hogy azok által oly sok félreértésre nem csak a természettudományok körén kívül, hanem még azon belül is, folyton alkalom adassék. E mulasztásnak mentségére csak azon majdnem leküzdhetetlen nehézség szolgál, melylyel általánosan közhasználatban álló elnevezéseknek a kiküszöbölése van összekötve.

De minthogy így mi is kényszerülve vagyunk ez elnevezéseket alkalmazni, szükséges, hogy mindenek előtt az értelmet, melyet hozzájuk kötünk, tüzetesen körülírjuk.

Valamint a világ egyetemességében felmerülő tüneteményeket, mint azon hatásoknak eredményes nyilvánulatait kell tekintenünk, miket az abban foglalt testek összeszövetkezetten valamennyien egymásra gyakorolnak, szintűgy kell, hogy minden hatást, mit valamely egyes test egy vagy több másra, avagy mi reánk gyakorol, mint eredményes hatást tekintsük mindazon részlethatások után, miket ama egyes testek határain belől foglalt alkotó részek valamennyien egymás irányában kölcsönösen kifejtenek és a melyektől a kifelé nyilvánuló eredményes hatásuk is származik. Ily részlethatások felvétele eléggé okadatolva van minden testnek a tapasztalás által tanúsított és messze határokig követhető mind apróbb részekre való oszthatósága által. Ezen, a testek, illetőleg a testrészekről érzékeinkre közvetlenül, vagy közvetve tapasztalt hatásokat neveztük már más helyen *tulajdonságoknak*. Az ez értelmű tulajdonságok közt megkülönböztethetünk olyanokat, melyek észlelésünk körébe eső minden egyes testnél vagy testrésznél tapasztalhatók, míg mások az egyes testeknél különbözök. Miután pedig számtalanszor tapasztalhatjuk azt is, hogy az ered-

ményes hatás, a mit valamely több egyes testből összeállított testcsoport valamely más egyes, vagy szintén csoportos testre kölcsönösen gyakorol, nem csak nyilvánulatának fokára, hanem még minőségére nézve is sokféleképen változó az illető részek összecsoportosulásának módja szerint, azért alapunk van azt következtetni, hogy még azon tulajdonságok is, miket az egyes testek mutatnak, akár legyenek azok minden testnél azonosak, akár különbözők, mégis valamennyien feltételezve vannak mint eredményes hatások a testeket alkotó végső részeknek mikénti összecsoportosulása által; míg maguk e részek, felvehetőleg egymás irányában valamennyien csak egynemű tulajdonsággal bírnak. Valamint pedig e részekre nézve fel kellene tennünk, hogy azok tulajdonságaikra nézve állandók, épen úgy kellene feltennünk, hogy valamely testcsoportnak a tulajdonságai is más valamely test, vagy csoport irányában szintén mindaddig állandók, a míg a részek csoportosulása abban meg nem változott; mert az okadó törvény értelmében fel nem tehetjük, hogy elégséges ok nélkül a tulajdonságok megváltozzanak.

Hogy vajjon azon tulajdonságok, melyek a megfelelő körülmények közt, azaz a még más testektől származó behatások mellett, minden testen, vagy testrészen egyenlően, vagy bizonyos módosulatokban észlelhetők, már ama végső részleteknek saját tulajdonságait képezik-e, avagy inkább mint bizonyos összecsoportosulásuknak eredményei tekintendők? azt itt kérdésen kívül hagyhatjuk; elég ha tudjuk hogy a testek általában még a legapróbb részleteiken, miket bárminő felosztásuk által előállíthatunk, de nyilván még a végső részleteiken is bizonyos állandó tulajdonságokkal bírnak. És a mennyiben így a testeket, terjedelmük bárminő tágas vagy szűk határai mellett, bizonyos állandó tulajdonságokat mutatóknak ismerjük és ilyeneknek tekintjük, nevezzük azokat, a természettudományok körében, *anyag*-nak és úgy mint testi részekről, ugyanazon értelemben szólhatunk anyagi részekről is. Azonban az előbb tett észrevételek szerint nyilván helyesebb volna e czélra más elnevezést használni, melyképen talán alkalmazható volna e szó «állomány», mely több tekintetben kevésbbé is volna kifogásolható, mint a némelyek által és a bölcsélet körében is használt szó «állag».

A másik elnevezést illetőleg, mindenek előtt meg kell jegyeznünk, hogy e szó «erő», még a matematikai természettudományok körében is többféle értelemben használtatik. Már előbb említettük, hogy ez elnevezés azon törvénynek jelképe gyanánt szolgál, a mely

szerint bizonyos egyszerű, vagy mint legtöbbször, összetett tényező mennyileges viszony szerint a tünemény lefolyásában közreműködik; így pl. nehézségi erővel jelöljük meg azon törvényt, melynél fogva a szabadon eső test 9·4 méterrel másodpercenként növekedő sebességgel halad a föld felé; vagy delejességi erővel azon törvényt, melynél fogva az illető testek egymástól való távolságuk négyzetével megfordított arányban hatnak egymásra. Az elméleti mechanika erőnek nevezi az okot, mely valamely test mozgásának nagyságát illetőleg sebességét és irányát változtatja meg. De erőnek nevezzük azt is, a mi bizonyos munkát vagy tényleg teljesít, vagy arra való képességet ad. És még e képességnek bizonyos más tényezőhöz viszonyított értéke is erőnek neveztetik. Mindezen fogalmak, habár értelmük nem azonos, sőt bizonyos tekintetben lényegesen különböző, mégis abban összehasonlítanak, hogy valamennyien a hatásra vonatkoznak, mit az illető testek egymás irányában gyakorolnak.

E fogalmak értelmébe nekünk is kellően be kell avatva lennünk; erre azonban csak tüzetesebb fejtegetés útján juthatunk, amihez épen azon legáltalánosabb két természettörvény levezetése adja meg a legjobb alkalmat, melyek vezérelvekképen szolgálnak az összes természettudományok körében és a melyek szemmel tartandók akkor is, midőn kitűzött feladatunknak megfelelőleg az élő és a nem élő lényeket feltételezettségükre nézve egymással összehasonlítandjuk. Miért is ez összehasonlítást megelőzőleg, tárgyalás alá vesszük az anyag és az erő állandóságának törvényeit.

II. AZ ANYAG ÉS ERŐ ÁLLANDÓSÁGÁNAK TÖRVÉNYE.

HATODIK ELŐADÁS.

Tartalom: Az anyag állandóságának törvénye. E törvényből következik, hogy mindenemű tünemény mozgásban áll, és a természettudományok végső feladatát a mechanika képezi. Az erő állandóságának törvénye. Tömegmozgás. Munka, munkaerő, hajtóerő, mint erőszerepek. Azoknak mértéke. Erő állapotok. Erő alakok. Minden erőszerep egymással valamint azokkal a munka kölcsönösen felváltható. E felváltás pedig fel van tételezve az erőnek állapotbeli vagy alakbeli átváltozása által; ez átváltozások kölcsönössége képezi a bizonyos szerepben jelentkező erőnek, illetőleg munkának a formáját. Az erő állapotbeli, vagy alakbeli változásainak néhány esete. Tömegmozgások. Meleg. Melegvezetési kisugárzás. Chemiai sugarak. Sötét hő sugarak. Fluorescentia, calorescentia.

Az anyag állandóságának törvénye.

A testek állománya (mint az előbbi előadásban körülírt értelemben vett anyag) úgy physikai valamint chemiai tulajdonságaira nézve, a halmazállapot, az alkotó részecskék rendezettsége által feltételezett molekularis-szerkezet és azoknak minősége szerint ugyan sokféleképen megváltozhat, sőt e közben még úgy is, hogy közvetlen érzéki felfogásunk köréből kilépve, látszólag eltűnik; de mindemellett a nehézkedésnek mindennemű részeiben folyton alávetve marad; a mióta pedig a múlt század vége felé legelőször LAVOISIER megkezdte a testek állományait chemiai átváltozásaik közben súlyok nyomán mérleggel követni, azóta a chemia számtalanszor ismételt vizsgálatoknak mindig egyértelmű eredménye alapján, minden kétséget kizárva kimutatta, hogy azon végleges elemek, melyekre a különféle állományok elbonthatók ugyan, sokféleképen egyesülhetnek és elegyülhetnek egymással, valamint a halmazállapotra és a molekularis-szerkezetre nézve is megváltozhatnak, mindazonáltal e változások közben soha meg

nem semmisülhetnek és meg nem változhatnak sem tömegükre, sem tulajdonságaikra nézve, a mennyiben az egyesületből — vagyis a közhasználatban álló műszót használva — a vegyületből *, melyben azok foglaltattak, mindig újra előállíthatók, és valamint szétválasztás után azok ugyanazon tulajdonságokkal és mennyiséggel bírnak, mint birtak ugyanazon halmazállapot mellett az egyesülésüket megelőzőt elkülönözöttségükben, épen úgy bírnak mindannyiszor ugyanazon bizonyos tulajdonságokkal és mennyiséggel, valahányszor ugyanazon vegyületben halmazállapotuk ugyanaz.

E törvényből következik, hogy mindennemű tűnemény mozgásban áll, és a természettudományok végső feladatát a mechanika képezi.

A testeket képző állomány tehát végső elemeiben úgy mennyiségére mint minőségére nézve változatlan; az, a mire nézve az változhat, csak a vegyület neme, a halmazállapot, a molekularis-szerkezet; vagyis egyszerűen csak a mód, a mely szerint az a térben el van terjedve. De az elterjedésnek változása nem lévén egyéb, mint csak helyváltozás, ama változás egyedül csak mozgás által létesíthető, amiből következik, hogy a tűneményvilág egyetemességében mindennemű változás végső elemeiben mozgásban áll. Ezért a fejtegető természettudományok végső feladata abban áll, hogy a változatos tűneményeket mint mozgásokat kutassa ki, és a mozgások alapokait, az ú. n. mozgató erőket határozza meg; végső fokozatát tehát e tudományoknak a mechanika képezi.

Hogy e felfogás helyes és indokolt, azt azon siker is bizonyítja, melyet az astronomia és physika már eddig elért, midőn nagy tűneménycsoportokat: úgy olyanokat, melyek testtömegeken, valamint olyanokat is, melyek azoknak legkisebb része közt mint hang, fény, meleg, mint villamosság és delejesség nyilvánulnak, egyszerű és következetes elvek szerint egységesen és áttekinthetőleg mechanikai törvények alapján megérthetővé teszi.

És ugyanily feladata van az élettannak is a köréhez tartozó élettűneményekre vonatkozólag, hogy azokat mind tovább elemezve, a végső mechanikai törvényekig elkövesse. Azonban nem csak a

* Csak a kényszerűség nyomása alatt használjuk a dolgot helyesebben kifejező «egyesület» helyett a már közhasználatban álló «vegyület» szót.

physiologia és nemcsak a chemia, de általában a természettudományok még sok másféle körében is a jelzett feladat befejezésétől ez időszerint még elég, sőt igenis messze állunk; mindazáltal még is ismereteink sokféle hézagosságát pótolni és az anyag állandóságának törvényéből előbb levont azon következtetést, miszerint minden tünémeny, a mennyire mi azt egyáltalában megérthetjük, lényegére nézve nem egyéb, mint mozgás, megdönthetetlenül bebizonyítani képes azon másik alaptörvény, mely az erőnek állandóságát állítja.

Az erő állandóságának törvénye. Tömegmozgás.

E törvény közvetlenül a testek mozgására vonatkozik. A mozgás felette sokféle alakban nyilvánulhat; de van annak egy neme, amely minden egyébféle mozgás közül legfeltűnőbbben és legközvetlenebbül hat be érzékeinkre, ez a tömegmozgás; s azért ezt vesszük alapul e törvény vázlatos fejtegetésénél, melynél HELMHOLTZ mintaszerűen világos tárgyalását követjük. Birjuk e mozgást kifejezni saját testünkkel, vagy egyes testrészeinkkel, vele találkozunk a testek szabad esésénél, a folyóvizek áramlásánál, a szélről hajtott levegőnél, vagy előállítjuk azt a lövőfegyverből kisütött golyón, a felhevített vizgőzzel megindított gépben. S midőn saját tagjaink mozgása által terheket emelünk, gőzgépekkel terheket szállítunk el messze távolba, vagy a midőn áramló folyó, avagy a szél malmainkat és egyéb gépeinket hajtja: mindez esetekben a tömegmozgás munkát teljesít.

E munka pedig abban áll, hogy általa a mozgásnak ellenszegülő akadályok legyőzetnek, legyenek azok akár a testek súlya által képezve, melynek ellenére azokat felemeljük, akár a testek összetartása által, melyet megbontunk. *De e munka mindig csak akkor létesülhet, ha előzetesen valamely más test, a gőzgép, a víz, a levegő mozgásban volt.*

Azt, a mi a munkát teljesítette *munkaerő*-nek, azt pedig, a mi ez utóbbit létesítette, *hajtóerő*-nek szokták nevezni. Elkerülhetetlenül bekövetkezett a szüksége annak, hogy az így elnevezett erők, valamint a munka számára bizonyos mérték legyen megállapítva és így a *munka- és erő-mennyiség* fogalma felállítassék.

A munka a munkaerőnek lévén közvetlen eredménye, legalkalmasabb egyszersmind, hogy mértékül szolgáljon az utóbbi számára. A mértéknek azonban általánosnak kell lenni, az iparnak szol-

gálatában álló munka ellenben annak szükségletei szerint alakjában igen változó; de attól eltekintve annál még mindig többféle főalakot, különböztethetünk meg: majd mint valamely súlynak felemelését, majd mint valamely testnek összenyomását, vagy mint összefüggésének szétbontását. De minthogy még is a munka minden esetben bizonyos ellenállás — akadály — legyőzésében áll, mely ott a nehézkedés, itt az összetartás által képeztetik, és minthogy egyáltalában a munka alakja közönbös a munkaerőre nézve, mely épen úgy, a mint az egyik esetben súlyt bír emelni, más esetben összefüggést bont el, azért a munka a munkaerő alakjainak bármelyikében mértékképpen szolgálhat, de tekintettel a mérésnek legkönnyebb eszközölhetésére, legalkalmasabban, mint súlyemelés. Annál nagyobb lévén pedig a szükségelt erő, mentül nagyobb a felemelendő súly és mentül nagyobb a felemeltetésének magassága, azért a kettőnek szorzata egymással annál inkább szolgálhat ily mérték gyanánt, minthogy a tapasztalat tanúsága, valamint az elmélet követelése szerint is, viszont a felemelt súly maga képes a saját nagyságával és az emelkedésének magasságával arányban álló munkaerőt és ezzel munkát létrehozni.

De midőn a felemelt súly, valamely gépnél alkalmazva, ezt esése közben mozgásba hozza, akkor e szolgáltatásban mint hajtóerő működik, és minthogy ugyanazon munkaerő létesíthető még sok másféle alakban jelentkező hajtóerő által is; a munkaerőre nézve tehát még a hajtóerőnek alakja is közönbös és a kettő, mint ebből látjuk, csak mint ugyanazon erőnek két különböző *szerepe* tekintendő, azért ugyanazon mérték, melylyel munkát és munkaerőt mérünk, szolgálhat egyszersmind bármely hajtóerőnek a megmérésére is.

Így nyerünk tehát minden erő számára egy közös — általános — mértéket, mint ilyet a gépészeti technika már régóta a munka számára a fontlábat, vagy újabban a kilogramm-métert használja, azaz azon munkát, melyet egy súlyfont, illetőleg egy kilogramm felemelése egy láb, illetőleg egy méter magasságra szükségel, és kifejezi valamely munka-, vagy hajtó-erőnek a nagyságát is a fontok, vagy kilogrammok száma által, miket az, az időegység — egy másodperc — alatt, egy láb, illetőleg egy méter magasságra felemel; ily értelemben egy lőerő azon hajtóerővel ér fel, mely által 75 kilogramm nehéz súly egy másodperc alatt egy méter magasságra emelhető.

Erő állapotok.

Azonban a felemelt súly, melyet mint a hajtóerő általános képviselőjét tekinthetjük most, csak úgy létesíthet munkaerőt és ezzel munkát, ha lesülyed, és csak arányban a súly lesülyedésének előhaladásával szaporodhatik fel a munkaerő és utánna a munka; ha pedig esési magasságának legalsóbb pontjáig eljutott, akkor már nem képes több munkát előállítani. Tehát csak mialatt mozog, bír a súly munkaerőt és munkát létrehozni. Sülyedő mozgása pedig lehet gyors vagy lassú, a létesített munkaerőnek a végleges eredménye mégis változatlan marad, és egyedül csak a növekedésének gyorsulása változhat általa.

Nem szükséges azonban, hogy megfordítva is, a lesülyedő súly már azonnal és közvetetlenül kívüle álló munkaerőt állítson elő, illetőleg más testen munkát teljesítsen; az esetben azonban, midőn a súly lesülyedése közben olyat nem hoz létre, maga nyer mindinkább gyorsuló sebességet mindaddig, míg munkaerőt, vagy munkát máshol elő nem állít; míg ellenben akkor, mikor ilyen lesülyedése közben folyton és közvetetlenül létesít, teljesen gyorsulás nélkül jut esési magasságának minden egyes pontjához el. Eképen a hajtóerőt képviselő súly által elnyert sebesség helyettesíti egyelőre a különben gyorsulás nélkül lesülyedő súly által előállítandott munkaerőt, illetőleg munkát; vagyis gyorsulás alakjában nyilvánul azon munka, melyet a súly lesülyedése közben önmagán teljesített. Épen azért azon képességet, melylyel munkaerő előállítására a súly esési magasságának tetőpontján birt volt, bírja teljesen még azután is, midőn már sülyedezve sebességet nyert.

E szerint a súly által birt eredeti erő nem változott meg lényegére, hanem csak *állapotára* nézve. Megkülönböztetjük azért az erőnek *kétféle állapotát*, u. m. a *nyugvó* (feszítő, Spannkraft) és az *eleven erő*t, vagy a későbbi indokolás szerint helyesebben, a *helyzeti vagy potenciális erő*t és a *kinetikai erő*t; amazzal bír a súly jelenlétének fogva az esési magasság valamely pontján, tehát *helyzeténél* fogva, még pedig egyszerűen egyenes arányban a hely magasságával; az utóbbi erővel pedig bír a súly az esése közben nyert *sebességénél* fogva, arányban a sebességnek a gyorsulásból — mint látni fogjuk — levezethető nagyságával.

Könnyen belátható, hogy míg a nyugvó erő az esés előhaladásával folyton apad, úgy ellenkezőleg az eleven erő mindinkább növe-

szik ; de szintűgy elvárható, hogy miután az eleven erő csak az eredetileg nyugvó erő állapotban jelenvolt hajtóerőnek közvetetlenül munkaerőre való fel nem használása mellett jöhetett létre, a hajtóerő eleven erő állapotában is épen annyi munkaerőt lesz képes előállítani, mint a mennyire az képes lett volna eredeti nyugvó erejénél fogva.

Erő alakok.

Valamint a felemelt súly által képviselt erő képes az erő mindkét állapotára, s ezek mindenikében úgy a hajtó- mint a munkaerő szerepére, szintűgy képes mindezekre az erő bármely alakban is ; *erő-alak* pedig igen sokféle van. Igy pl. hajtóerőképen felhasználjuk a szélpuskában összenyomott levegőnek nyugvó erejét, épen úgy, mint a szélmalomnál a mozgásban levő levegőnek eleven erejét ; és munkaerőt állítunk elő nyugvó állapotban midőn valamely más hajtóerővel súlyt helyezünk fel bizonyos magasságra, hogy az onnan leesve munkát teljesítsen, pl. valami kemény testet szétzúzzon, vagy czölöpöt a földbe beverjen, vagy előállítjuk a munkaerőt eleven erő állapotban, midőn az ágyúból kisütött golyót romboló munkájára indítjuk.

Minden erőszerep egymással, valamint azokkal a munka kölcsönösen felváltható. E felváltás pedig fel van tételezve az erőnek állapotbeli, vagy alakbeli átváltozása által ; ez átváltozások kölcsönössége képezi a bizonyos szerepben jelentkező erőnek, illetőleg munkának forrását.

Valamint a példaképen előbb felemlített esetben, a lesülyedő súlynak hajtóereje által megindított gép az általa kifejtett munkaerőt nem birta magából előállítani, hanem arra az épen említett alakban hajtóerőképen átvett erőt használta fel és ezt fogyasztotta mialatt munkaerőt állított elő ; szintűgy bármely más gép sem képes munkaerőt kifejteni, a nélkül, hogy máshonnan hajtóerőt ne kölcsönzött volna. Igy a vizimalom munkaerejét az áramló víz szolgáltatja, mely az által, hogy magasabb helyről mélyebb helyre esik, hajtóerőt állít elő ; vagy szolgáltatja ezt a szélképen tovarohanó levegő, mely a szélmalom szárnyaiba fogódzva, mialatt ezeket mozgatja, saját előhaldásában fennakad ; szintűgy veszi el hajtóerejét a szélpuskában összeszorított levegőnek feszülése, mialatt az általa kilökött golyót munkaerővel ellátja.

Ily hajtóerőt sohasem vagyunk képesek teremteni, azaz semmi-

ből előállítani, hanem mindig csak a természet nagy erőkészletéből merítjük azt még akkor is, midőn saját testünkkel fejtjük ki. Szolgáltatja pedig ezt nekünk a természet igen sokféle alakban; nemcsak a patak és folyóvizek esése vagy a szél áramlása által, nemcsak a testek súlya, valamint azoknak és a gőzök és gázok rugalmas feszülése által, melyet egyébiránt ismét csak valamely más erőből állíthatunk elő, hanem még a melegben és fényben, a villamosság és delejesség hatásában, végre pedig a chemiai egyesülésre képes anyagoknak egymásra gyakorolt vonzódásában; mely utóbbi ama erőt majd az általa létrehozott villamosság, majd a kifejtett meleg közvetítésével szolgáltatja, mint pl. a gőzgépben, melynél a fűtőszerek elégeésekor kifejlődő meleg a vizet gőzzé változtatva rugalmas feszüléssel látja el; majd pedig előállítja azt a chemiai folyamat egy bonyolultabb alakja által az állati izomban.

De bármelyikében ezen erőalakoknak lépjen is fel a hajtóerő, az előbbiek értelmében kell, hogy az folyton fogyjon, mialatt megfelelő mennyiségben munkaerőt állít elő.

S valamint sokféle a hajtó-, illetőleg a munkaerő alakja, szintűgy sokféle lehet az általa eredményezett munka is, amely tömegmozgáson kívül még meleg és fény, vagy villamosságnak a kifejtésében, vagy vegyületek elbontásában állhat.

E természeti folyamatok mindenike képesítve van tehát az erő- és munkaszerepek mindenikére; úgy azonban, hogy szerepet cserélve, kénytelen egyszersmind alakját, vagy állapotát megváltoztatni. E változás mellett két eset volna lehetséges, t. i. vagy hogy annak lefolyása alatt a bárminő alak- és állapotban jelenlévő erőknek összege mindig állandó maradna, vagy hogy az megváltoznék úgy, hogy míg az a változások egy bizonyos sorrend szerinti lefolyásánál növekednék, addig az ellenkező sorrend mellett meg apadna. Az utóbbi esetben oly perpetuum mobile volna lehetséges, mely az erőt semmiből előállított részletekkel folyton gyarapíthatná, míg ez nem volna lehetséges az első esetben, mert itt csak a máshonnan átvett hajtóerő munkálkodhatván, ennek kell folyton annyival fogynia, mint a mennyi erőt munkájával más testre átruház. Felmerül tehát az a kérdés, melyik áll fenn a két gondolható eset közül valóban?

E kérdés eldöntése alig jár nehézséggel addig, míg az erőszerep váltakozásánál az erő csak állapotára, de nem alakjára nézve is változik, midőn pl. valamely gépnél hajtóerőként felemelt súlynak az esése szolgál, amidőn az gyorsuló sebességgel aláhullva mint zúzó

eszköz, vagy mint kalapács (czölöpök beverésénél, stb.) teljesíti a beléhelyezett erőnek megfelelő munkát, avagy pedig még közvetlenebb benyomást nyerünk, ha rugalmas súlyt veszünk, s ezt megfelelő erő segítségével felemelve a magasból rugalmas alapra engedjük le-
esni, amidőn az a felemelésnél benne felhalmozott erőt visszapattanásával hozza szemünk elé: mindez esetekben könnyen belátható, hogy az eredeti hajtóerőből lett munkaerő semmi esetre és épen úgy nem fog nagyobb lehetni amannál, mint a hogy a munkaerő által teljesített munka sem lesz nagyobb az utóbbinál, s végeredményképen az elfogadott mérték szerint a súlylyal szorzott magasságban kifejezett minden erő- és munka-mennyiség egymás közt egyenlő lesz; semmi esetre sem lehetnének — mikép a tapasztalás is bizonyítja — az így egymásra átváltozott erők, az átváltozás bármely sorrendje mellett, növekedők.

Ugyanennek igen tanulságos és meggyőző példáját szolgáltatja az inga. Képzeljünk egy légmentes űrben akképen felfüggesztett egyszerű ingát, hogy az mozgásakor sem dörzsölést ne szenvedjen felfüggesztési pontján, sem ellentállást a levegő részéről. Ez ingának a mozgása a felfüggesztő szál által akképen lesz korlátozva, hogy a távolság a felfüggesztő pont és az inga súlypontja közt változatlan marad, ez utóbbi ezen berendezés folytán általában csak egy gömbszelvénynek lapjában mozoghat, s így lengései alatt a földtől való távolságát megváltoztatja; ha már most nyugalmi helyzetéből oldalra kihajlítottván, egyszerűen szabadon bocsáttatott, akkor oly függőleges síkban fog nyugalmi helyzete felé haladni, mely sík az inga nyugalmi, felfüggesztelési és oldalhelyzeti pontjával összeesik, s folyton ezen síkban maradva fogja lengéseit egyik oldal felől a másik felé és vissza vég nélkül ismételni, mert feltettük hogy e mozgása közben más testekre mozgást át nem ruház. Arra pedig, hogy az inga ily mozgásba jöjjön, szükséges, hogy oly munkaerővel mozdíttassék ki nyugalmi helyzetéből, mely egyenlő p súlyának szorzatával azon h növe-
déssel, melylyel e kihajlítás folytán a földtől való távolsága nagyob-
bodott, tehát ph -val, mely érték még mgh által is kifejezhető, lévén $p=mg$, vagyis az m tömeggel szorzott g gyorsulás. Így kihajlítva az inga olyan nagy nyugvó erővel bír, hogy magára hagyatva az nyugalmi helyzete felé fog haladni; ez alatt azonban mind inkább kisebbedő magasságánál fogva nyugvó ereje folyton apadni fog, a nélkül, hogy ellenállást kellett volna legyőznie, épen úgy, mintha szabadon esnék, így aztán önmagán fog munkát végezni, és ennek

folytán mind nagyobb sebességet nyerni, mely akkor éri el legnagyobb értékét, midőn az inga nyugalmi helyzetébe érve, minden előbbi nyugvó erejét teljesen kimerítette. E v sebesség növekedése itt is úgy mint a szabad esésnél, lévén:

$$v = \sqrt{2gh},$$

lesz:

$$\frac{1}{2} v^2 = gh,$$

mely egyenletnek mindkét oldalát m -mel szorozván, kapjuk, mint

$$\frac{1}{2} mv^2 = mgh$$

azon eleven erő értékét, mely előbb mint nyugvó erő az inga kihajlásának határpontján jelen volt.

Ez utóbbi erőnél fogva az előbbi nyugalmi helyzetbe lesülyedt inga, ebben meg nem maradhat, hanem mozgásának irányát továbbkövetve, az ellenkező oldalra fog kihajlani, mind addig, míg e közben eleven erejét teljesen el nem fogyasztotta; ez pedig akkor fog bekövetkezni, a midőn sulya ellenében mindinkább felemelkedve, annyi nyugvó erőt gyűjt össze magában, mint mennyi eleven erővel indult ez irányban a nyugalmi helyzetből ki, a midőn tehát újabb emelkedése h , egyenlő lett az előbbi h -val. Ama határállásból pedig épen úgy fog ismét visszasülyedni, mint az tette először a túlsó oldali határállásból. E két határállásban tehát az inga csak nyugvó erővel bír, mely mindkettőben egyenlő, és egyenlő egyszersmind azon eleven erővel, melylyel az bír, midőn épen a nyugalmi helyzeten, minden nyugvó erő nélkül áthalad.

A közbeeső helyeken ellenben, pl. $h_{,,} < h = < h$, emelkedés mellett, az inga ereje részint mint nyugvó erő $= mgh_{,,}$, részint mint eleven erő $= \frac{1}{2} mv^2$ lesz jelen, ha v -vel jelöljük az e helyzetbeli sebességet, ezen eleven erő egyenértékű $mg(h - h_{,,})$ nyugvó erőben is kifejezhető lévén, lesz az összes erő

$$mgh_{,,} + mg(h - h_{,,}) = mgh,$$

tehát ugyanaz a mi kezdetben volt, és minden további lengése közben nemcsak összeségében, hanem ama részleteiben is ugyanaz fog maradni mindannyiszor, valahányszor az inga ugyanazon helyzetbe visszakérül, és minden egyes lengés lefolyása alatt, az erőnek állapotbeli változásai úgy fognak történni, hogy a mennyivel épen a nyugvó erő növekszik, annyival apad az eleven erő és megfordítva.

Az erő ez állandóságánál fogva az inga megkezdett lengéseit végtelenszer folytathatná, ha a már előbb kijelölt feltételek teljesen létesülhetnének, hogy t. i. az inga sem a felfüggesztő pontján, hol más testtel érintkezik, ne szenvedjen surlódást, sem ellenállást a környező levegő felől. De minthogy ez nem teljesíthető, a surlódó részekeken pedig, mint tudjuk, meleg fejlődik ki, mely molekulás mozgásképen azokra ruháztatván, az ingatömeg mozgását fogyasztja, továbbá még a levegőre is át lesz ruházva az erő egy része, ezek folytán az inga kihajlásai mind kisebbek lesznek, s összes ereje apadni fog.

Az erőösszegnek állandósága tehát valamely testrendszer kiterjedésében csak úgy áll fenn, ha ez utóbbi még valamely más, az illető rendszerhez nem tartozó testre befolyást nem gyakorol, sem maga attól befolyást el nem szenved; más szóval csupán akkor ha az illető rendszer ama erők tekintetében teljesen elszigetelten áll.

De ily elszigetelt testrendszer egyedül csak a világ egyetemessége által képezetik, melyen kívül már más, arra befolyást gyakorló, vagy attól elszenvedő testek nem léteznek, azon egyetemes rendszerhez tartozván minden test; ellenben minden abban befoglalt test, valamennyi többinek kölcsönös befolyása alatt áll, s ezen befolyás folytán majd tömeg, majd molekulás-mozgásokképen erők ruháztatnak egyik testről a másikra át, s így a világ egyetemességében meglevő összes erők, mialatt azok mint mozgások egyik testről más testre átruháztatnak azok közt folyton változó részletek szerint feloszlanak, és nemcsak állapotaik, hanem még alakjaikra nézve is folyton változnak. Ámde semmiképen nem áll módunkban, hogy mind e különféle részletek által képezett összes erőt a világ egyetemességen csak valamely pillanatra is meghatározhatnánk, és így be sem bizonyíthatjuk, hogy az összeg az erő állandóságának törvénye értelmében változatlan marad; mindazáltal bebizonyítottunk volna e törvény akkor is tekinthető, ha úgy mint előbb az ingára vonatkozólag láttuk, ahol az erő állapotbeli változásánál annyi nyugvó erő vesz el, mint a mennyi eleven erő támad, ugyan ily viszony állana fenn általában minden akár állapotbeli, akár alakbeli erőváltozásnál. S így arra, hogy eldönthető legyen, vajjon az erőváltozásoknál változatlan marad-e az erőösszeg, avagy talán a változások bizonyos sorrendje mellett növekszik-e? szükséges, hogy meghatároztassék: egyfelől azon erőnek a mennyisége, melyet bizonyos alakban valamely más alakbeli erőmennyiségnek elfogyasztása által előállítottunk; másfelől pedig azon erőnek a mennyisége, mely a második alakbeli erőnek visszaváltozta-

tásakor az eredeti alakban előállott. Ha e visszaállított alakban az erő mennyisége ugyanaz, a mi az előbbi alakban eredetileg volt, akkor ezáltal be van bizonyítva, miszerint azon két erőalaknak kölcsönös átváltozása állandó egyenértékek szerint történik, és ha az erő átváltozás e törvénye valamennyi többi erőalakra nézve is megállapítható lenne, akkor már a lehetősége is ki volna zárva annak, hogy a természetben valamikor éppen meglevő erőösszeg változást szenvedhessen, vagyis be volna bizonyítva annak állandósága.

Az erő állapotbeli vagy alakbeli változásának néhány esete.

Az esetek száma, melyekben az erő, bárminőnek tekintsük is éppen esetleges szerepét az állapotát, vagy alakját megváltoztatja, végtelen nagy, mert minden tünemény-változat egyedül ilyféle átváltozásokon alapszik.

Midőn ide vonatkozólag példaképen néhány esetet itt felemlítünk, két csoportba állíthatjuk azokat, a mint azoknál vagy az erő állapota, vagy pedig annak alakja változik meg.

Állapotbeli átváltozásokat találunk :

az ingánál, mely csak azon eleven erő által, melylyel azt nyugalmi helyzetéből kezünkkel kimozdítottuk és felruháztuk, indul mozgásnak és marad abban meg azután, mialatt minden egyes lengése közben az erő úgy változtatja állapotát, hogy míg az a kilengés határpontjain egyedül csak nyugvó erőképen van jelen, addig az midőn az inga éppen nyugalmi helyzetén áthalad eleven erővé válik, az e körbe eső helyeken pedig egyidejűleg jelen van részben nyugvó erő, részben eleven erőképen, mely utóbbi folyton nő a nyugvó erő kisebbsége mellett, midőn az inga a nyugalmi állása felé közeledik, ellenkezőleg pedig amaz fogy és a nyugvó erő nő, midőn azon állástól az inga mindinkább eltávolodik;

szintúgy midőn a zsebórát felhuzzuk, akkor eleven erő felhasználásával feszítjük meg annak főrugóját, mely ama erőt nyugvó erőképen fogadja fel magába; ez pedig apró részletekben eleven erőre visszaváltozva, mialatt a rugó feszülése megfelelőleg kisebbség, hozza létre az óra kerekzetének a mozgását. E mozgás szabályozása pedig a billegő által eszközöltetik oly módon, hogy a billegő rugója a kerekzet utolsó — akasztó — kereke által meglökvetve, nyugalmi helyzetéből kimozdul és megfeszül, mialatt egyszersmind ama keréknek s így az egész gépezetnek megakasztását is eszközli; midőn azután a meg-

feszült billegő-rugó határállásából, melyben a lökés által átvett eleven erőt nyugvó erőképen bírja, növekedő eleven erővel ismét visszafelé halad, felszabadítja egy pillanatra az akasztó kereket, úgy hogy a főrugó a kerekzetet ismét mozgásba teheti, minek folytán az akasztó-kerek is újból, de most ellenkező irányban mint előbb, lökést gyakorolhat a billegő-rugóra és azt ismét megfeszítheti. E rugó tehát szakadosan eleven erőt vesz fel, ezt nyugvó erőre változtatja át, mely maga azután ismét eleven erőre visszaváltozva, szabadítja fel egy-egy pillanatra a gépezetet. S ez így mindaddig ismétlődik, míg a főrugóra ruházott erő teljesen el nem fogyott, vagyis míg e rugó feszülését teljesen el nem vesztette.

Midőn ujjunkkal eleven erőt ruházunk a zongora-billentyű közbenjárásával a kalapácsra és azt felemeljük, ez a hűrt üti meg és ezt nyugalmi helyzetéből kihajlítja, ekkor a húr megint nyugvó erőképen vette át az eleven erőnek egy részét, melyet ujjunkkal a billentyűre ruháztunk. De az így megütött húr ezután épen úgy növekedő sebességgel, tehát eleven erővel siet vissza nyugalmi helyzete felé és azon az ellenkező oldalra átcsapódva, eleven ereje fogyasztása mellett ismét megfeszül, tehát eleven erőt nyugvó erőre változtat át, mint a hogy azt lengései közben az inga teszi. S ez erőállapotbeli változás a húrnál annyiszor, pl. 10000-szer egy másodperczben, ismétlődik, a mennyi lengést azon idő alatt a húr tenni képes. És tart a húrnak e mozgása mindaddig, míg az általa átvett erő részint más testekre (a levegőre) át nem ruháztatott, részint alakbeli átváltozást (melegre) el nem szenvedett.

A húrról a levegőre ruházott erőrészlet összetömörülést hoz létre a legközelebbi légrétegben, minél fogva ez feszülést, vagyis nyugvó erőt nyer, mely midőn eleven erőre átváltozva, e réteget sebességgel látja el, arra képesíti azt, hogy az a következő rétegre tömörítőleg hasson, annak adva át saját eleven erejét, melyet az ugyan oly módon a további rétegre átruház, ekképen terjed a levegő első rétegére átvitt eleven erő, mialatt felváltogatva nyugvó erőre átváltozik, hullámmozgásképen a levegőben tovább.

De ugyan így mint a levegő által képezett rugalmas közegben terjed az átruházott mozgás a vízben is tovább; minden kiemelkedő (hegy) hullámszakasz felemelt testnek felel meg, mely midőn az a hullámvölgy felé lesüllyed, átváltoztatja nyugvó erejét eleven erőre.

Mind e mozgások tömegmozgások, melyeknél az erőállapotbeli változások ugyan oly törvények szerint történnek, mint az elliptikus

pályájukon változó sebességgel tovahaladó bolygóknak tömegmozgása alatt.

Azonban nem mindig tapasztaljuk, hogy miként az előbbi példánál, midőn tömegmozgást más testre ruházunk át, ez utóbbi egy egészképen jönne mozgásba, vagy is hogy tömegmozgás ismét tömegmozgást hozna létre. Tudjuk, hogy midőn két tökéletesen rugalmas golyó egyenlő eleven erővel súlypontjaik irányában összetalálkozik, akkor azok összeütközésük után egyenlő erővel ellenkező (felcserélt) irányban visszaszöknek; ha pedig eleven erejük nem volt egyenlő, úgy akkor ezt cserélik fel kölcsönösen és haladnak ez erők irányában tovább. De ha eleven erővel bíró két, tökéletesen *nem* rugalmas test találkozik ugyan oly feltételek mellett egymással össze, úgy akkor mindkettőnek a mozgása mint tömegmozgás megszűnik és helyette más tünetény lép fel; ugyanis alakjuk és térfogatuk megváltozása mellett mindkét testen ekkor szabad meleg keletkezik. Szintúgy, midőn valamely eszköz segítségével, ha ezt eleven erővel látjuk el, czölöpöt verünk be a földbe, akkor is az utóbbinak hasonló változásai mellett felmelegszik úgy a czölöp, valamint ennek környezetében a föld is, melyben a meleg azután még tovább elterjed. A testeknek eme alak- és térfogatbeli változásainak viszonyát az azokat eredményező tömegmozgásokhoz tovább fogjuk még taglalni, itt az e változások mellett jelentkező azon tünetényekre fordítjuk figyelmünket, melyek a melegen kívül még mint fény, mint villamosság, mint chemiai változások nyilvánulnak.

E tünetények szintén mozgásoknak tekinthetők, de a melyeket nem tömegszerű testek vagy testrészek, hanem azoknak alkotó kisebb részecskéi, ú. n. tömecssei visznek végbe, a miért is e tünetények *tömecs-* vagy *molekulás-mozgásoknak* neveztetnek. Lényeges különbség ez utóbbiak és a tömegmozgások közt azonban nincs. A tömecsmozgásoknál ugyan soha sem láthatjuk magokat a mozgó részecskéket, de még erre nézve sem található ama két mozgás közt oly határ, mely azokat szorosan különválasztaná.

Ugyanis nem csak hogy a tömegmozgás tulajdonképen szintén a tömeget alkotó tömecseknek együttes és egymás közt párhuzamos irányú mozgása által létesítettik, s ez utóbbiak akkor szintén nem láthatók: de még magok a tömegrészek is oly aprók lehetnek, hogy azok részint e miatt, részint felette nagy sebességük miatt érzékszerveink által észre nem vehetők. Így pl. láthatjuk a hűrt és mozgását, midőn az mérsékelt kifeszítés mellett oly lengésbe tétetett, melynél

minden része együttesen és egyidejűleg kezdi és végzi lengését, de már nehezebben fogjuk azt meglátni erősebben megfeszített húrnál, mely lengéseit gyorsabban és szűkebb határok közt viszi végbe, ha pedig úgy állítjuk be, hogy a húr nem mint egy egész, hanem szakaszokra beosztottan tegyen lengéseket, melyek annál gyorsabbak lesznek és annál szűkebb határok közt történnek, mentül több, tehát mentül rövidebb szakaszokra oszlott fel a húr egész hosszában, úgy már akkor e mozgások megszűnnek láthatók lenni; s épen így van ez, midőn valamely rugalmas rudat egyik végénél megrögzítvén, másik szabad vége felől lengésbe hozzuk, e lengések annál gyorsabban és annál szűkebb határok közt fognak történni, és annál kevésbé lesznek láthatók, mentül rövidebbre fogtuk az ily rudat. Mindazáltal az ekkor már meg nem látható mozgásnak jelenléte érzékileg még felfogható lesz bizonyos más tünetényképen: és pedig mint hang, ha a lengések egy másodperc alatt legalább 16-szor ismétlődnek, de számuk a 16000-t felül nem múlja, azontúl pedig, midőn a lengések száma egy másodperc alatt már néhány millióra terjed, fel fogjuk azokat vagy közvetlenül, vagy közvetve érzékeny eszközök (thermo-láncz és thermomultiplicator) segítségével, mint meleget, még nagyobb számú lengések mellett pedig, melyek azonban mind szűkebb határok közé szorítkoznak, végre mint fényt ismerjük fel a molekula rezgéseket.

Az így valamely testnek mind kisebb részeire szorítókozó mozgásoknál, az egyes részeknek a mozgása már sem irányra, sem lefolyásra nézve nem lesz egyidejűleg egyenlő, s azért a mozgó részek által összetett test sem egészben, sem tömegesebb részeiben nem fog helyváltozást — (dislocatio) — mutatni, hanem csak alkati szerkezetében fog pillanatról-pillanatra változást — (configuratio) — szenvedni, ez azonban felette szűk határookra szorítóközvén és szintűgy felette nagy gyorsasággal ismétlődvén, sem az egész testben, sem annak részein nem lesz látható. Így tehát a tömecs mozgásra nézve csak az jellegző, hogy annál a mozgás az illető test alkotó részecskéinek kisebb-nagyobb csoportjai szerint feloszlottan, s azért egymással időszerint sem összeegyező lefolyás mellett történik; de ama csoportok nagysága még maga is igen különböző lehet a különféle e nemű tünetényeknél. Miután pedig azt tapasztaljuk, hogy míg a tökéletesen rugalmas testek közt az átruházott tömegmozgás ez alakját nem változtatja meg, ellenben a teljesen nem rugalmas testeknél az melege mint molekulás mozgásra változik át, úgy akkor ennek okát csak az

illető testeknek, melyre a mozgás ruháztatott, különböző molekula-szerkezetében és az általa feltételezett tömecserők sajátlagos egyensúlyi viszonyában kereshetjük. E viszony taglalásába azonban itt már azért sem bocsátkozhatunk, mert ez által jelen feladatunktól igen messzire fognánk eltéríttetni; és csak még azon megjegyzésre szorítkozunk, hogy valamint a kifeszített húrnál közönségesen előfordul, hogy midőn az mint egész, teljes hosszában lengéseket végez, ugyanakkor még többféleképen szakaszokra oszlottan is számra, időtartásra és a kilengés határaitra nézve különböző lengéseket tesz; szintűgy lehetséges sok más testnél is, hogy midőn azokra tömegmozgás átruháztatik, azok az átruházott erő feloszlása mellett egyidejűleg úgy tömegmozgásba, valamint molekulás mozgásba hozassanak, mely utóbbi legtöbbször melegképen nyilvánul.

Így nevezetesen melegre változik át a tömegmozgás mindenkor, midőn különböző sebességgel, vagy különböző irányban haladó testek egymáson surlódnak, az érintkező felületen kiálló emelkedések miatt, melyek egymáshoz ütődve, a testek haladását akadályozzák; sőt még síkfelületek közt is gátló hatást gyakorolhat szorosabb érintkezésnél a *tapadás*, minek folytán ilyenkor is meleg keletkezik. Így felmelegszik, sőt kigyullad a forgó kerék tengelye, ha elégtelenül van megkenve, felmelegszik a fűrő, valamint az általa átfűrt test, meleg lesz a fűrész, valamint az átfűrészelt fa, két fadarabnak összedörzsölése által tüzet hozhatunk létre. A tömegmozgásból keletkező melegnek érdekes példáját szolgáltatják a meteoritok is, melyek, midőn a föld vonzása folytán meggyorsult sebességgel a légkör legritkultabb rétegébe benyomulnak, dörzsölődés folytán olyfokú fehér izzásba jönnek, hogy vasrészeik elégnak, kovavegyületeik megolvadnak. De a kifejlett melegnek megfelelőleg megapadt a meteor azon eleven ereje, melylyel tömegmozgásában bírt, minek következtében az már csak oly nagyobb távolságban haladhat a nap körül, a melyben a napnak vonzó hatását a meteor körforgása ellensúlyban tarthatja. És mégis feltűnően csekélynek látszik a meleg arányban a tömegmozgással, melyből keletkezett; így pl. midőn egy másodpercenként 36 lábnak megfelelő sebességgel haladó 1000 mázsa nehéz vasuti vonat a fékező-gépnek dörzsölése által megakasztatik, úgy hogy annak előbbi 2.090,000 fontlábna megfelelő összes eleven ereje a kerekeken melegre változik át, akkor e meleg, egy melegegységet 1400 fontlábba számítva, tesz összesen 1493 melegegységet, a mely tehát ugyanannyi font víznek hőmérsékét 1 fokkal emelné, vagyis a mely épen

csak arra volna elég, hogy mintegy 25 font vizet 0° -ról — a forráspontig melegítsen fel.

Hogy ekképen tömegmozgás melege változhat át, könnyen érthető, mihelyt a meleget mint molekula-mozgást tekintjük, mert akkor ez átváltozás csak abban áll, hogy az egész tömegnek átvett eleven ereje feloszlott a felmelegedő tömeget képező tömeceknek eleven erejére, ez pedig az egyes tömeceken tömegének és sebességének kicsinysege folytán csak csekély lehet, de valamennyié összesen mégis az átvett mozgás eleven erejével egyenlő. És e felfogás megérthetővé teszi nemcsak a melegnek keletkezését a tömegmozgásból, hanem, mint még ezután látni fogjuk, a melegnek valamennyi más tünetényeit is; míg ellenben azon régi felfogás mellett, mely szerint a meleg mint sajátlagos tulajdonságokkal bíró anyag — *caloricum* — tekintetett, semmiképen megérthető nem volt, hogy mikép állíthasson mozgás meleget elő, a nélkül, hogy az előállító mozgó tömeg, vagy akár az a test, a melytől a meleg elvezettetik, ez által súlyában, tehát mennyiségében megváltozott volna, a mi pedig annyi mint semmiből meleganyagot teremteni; ezért ama felfogás még kénytelen volt a meleganyagot súlytalannak is — *imponderabile* — tekinteni, de így is a dolog rejtélyessége csak még inkább fokozódott; hasonlóképen kénytelen volt ama felfogás még sok más szintoly indokolatlan felvétel segítségül venni, midőn megkísérelte a melegnek egyéb tulajdonságairól számot adni.

Míg tehát megfoghatatlan és az anyag állandóságának törvényével ellenkező volna, hogy mozgás által meleg mint anyag legyen előállítható; addig a melegnek mint mozgási tüneténynek előállítása mozgás által erősen támogatva van azon számtalan tapasztalás által, hogy mozgás testről-testre átruházható és ez alatt sokféleképen módosítható.

Valamint pedig egyik esetben mozgás egyik testről más testre mint tömegmozgás vihető át, szintúgy kell, hogy más esetben tömecekmozgás is egyik tömecekről, vagy tömeccsoportról más tömecekre illetőleg csoportra, valamint egyik testnek tömeceiről más testnek tömeceire legyen átruházható, és így megértjük, hogy a meleg valamely testnek egyik részéből ugyanannak más részeire, vagy egyik testről ezzel érintkező más testre, mint mondjuk *vezetés* útján tovább terjedhet.

De tudjuk, hogy e melegvezetésnek még egy más módja is van, t. i. a *kisugárzás*. És e sugárzás újabb bizonyítékokat, sőt olyanokat

szolgáltat arra nézve, hogy a meleg ez alakban is csak mozgás, melyek másféle felfogást már teljesen kizárnak. Mert e sugárzásnak tünetei, valamint a törvények, melyek szerint azok történnek, valamennyien ugyanazok mint a fény sugárzásánál, s miután ez utóbbit csak mint mozgási folyamatot tekinthetjük, következik szükségképen, hogy a melegsugárzás sem lehet egyéb.

Valamint a fénysugárzás csak bizonyos, az ú. n. átlátszó testekben és testeken át lehetséges, szintűgy melegsugárzást is csak diathermen testek engednek meg. Noha pedig egyfelől a fényt, másfelől a melegsugarakat átbocsátó testek nem valamennyien azonosak, mert míg pl. a konyhasó átlátszó és diatherman is, addig az átlátszó üveg már sokkal kevésbbé diatherman, az átlátszó timsó pedig majdnem teljesen atherman, és megfordítva, míg a korom már aránylag vékony rétegben nem átlátszó, addig az MELLONI szerint képes még sok hőszárgát magán átbocsátani, szintűgy viselkedik a jóddoldat is; de mindazáltal a fény- és melegsugarak természetére nézve e különbség, mint tovább látni fogjuk, semmiképen nem lényeges.

Ellenben teljesen egyezőleg verődnek vissza és töretnek meg a meleg és a fénysugarak, mint azt a homoru tükrök, valamint a gyűjtőlencsék tanusítják, melyek által mind a két rendbeli sugarakat a gyűjtőpontban összegyűjt hetjük, ami mellett azonban az összegyűjtött fénynek és az összegyűjtött melegnek maximumai, a később kijelölendő oknál fogva, nem esnek teljesen egy ugyanazon pontra.

Szintűgy megtaláljuk, miként már FIZEAU és FOUCAULT kimutatták úgy a fénynél, mint a melegnél is a sugármeghajlásnak tüneteit, melyek épen arról tanuskodnak, hogy e sugarak hullámmozgás által képeztetnek, mert csak ilyeneknek átszelődése folytán, amidőn a hullámok helyenként egyező, helyenkén ellentétes szakaszokkal találkoznak össze, lehetséges, hogy a fény, úgy mint a meleg, helyenként megerősüljön, helyenként meggyengüljön, vagy épen megsemmisüljön.

Miután pedig a meleg is úgy, mint a fény sugárzólag még légmentes űrben is tova terjedhet, következtetnünk kell, hogy e hullámmozgás nem a súlylyal bírő testeknek, hanem a súlytalan éthernek részei által vitetnek végbe.

Ki van továbbá mutatva, hogy úgy mint a fény-, a melegsugarak is a visszaverődés valamint az egyszerű és kettős törés útján sarkulhatnak (polarizálódhatnak), a miből következik, hogy mindkettőnél a

hullámmozgás alatt az illető részek a sugár irányára merőleges irányú lengésben vannak.

Végre tudjuk még azt is, hogy a naptól, vagy a valamely mesterséges forrásból kiinduló látható fénysugarak az útjukba állított testeket felmelegítik, annál erősebben, minél kevésbé bocsáttatnak azok e testeken át. A fényben tehát hősugarak is foglaltatnak. Ha ily fényt valamely átlátszó s egyszersmind diathermán anyagból pl. konyhasóból készült hasábon bocsátunk át, akkor ennek sugarai megfelelőleg a lengések száma szerint különböző törésüknek, egymástól külön választatnak és a felfogó ernyőn előtűntetik az ú. n. színeképet — spectrum. — Alkalmas eszközök segítségével meggyőződhetünk, hogy a látható színekép, azonkívül hogy az látható, tehát a látóidegre hat, még hőhatást, meg chemiai hatásokat is képes gyakorolni. Ez utóbbi hatások foka a színekép hosszában igen különböző a különféle vegyületek irányában, de többnyire, és különösen a photographiánál alkalmazott anyagok irányában, erősebb a színeképnek nagyobb törésű vége felé, sőt még e végen túl is, hol már sugarakat nem látunk, a chemiai hatás erős fokban nyilvánul. Neveztetnek azért az ibolyaszínű sugarakon túl fekvő sugarak *chemiai sugarak*-nak. E hatás folytán a színeképnek photographiai képmása sem felel meg híven a látható színeképnek, melynek vörös szakasza amazon hiányzik, míg ellenben ugyanaz a látható színekép ibolya végén túl eső, s különben már nem látható szakasszal van megtoldva.

Szintűgy különböző a színekép kiterjedésében a thermoláncz és thermomultiplicator segítségével meghatározható hőhatásnak is a foka. Általában leggyengébb e hatás a színekép legerősebben törő végén, innen kezdve annak vörös vége felé folyton növekszik, sőt még ezen túl is követhető, miáltal — mint a nap színeképén — a látható színeképnek egész hosszúságát túlhaladja, és épen e szakaszban éri el a hőhatás maximumát. Ezen már nem látható sugarak neveztetnek *sötét hősugarak*-nak.

E sugarak is épen úgy mint az előbbi szintén láthatatlan chemiai sugarak csak abban különböznek a látható színeképnek sugaraitól, hogy ezekhez képest a sötét hősugarak kisebb törésűek, tehát kevesebb lengést is tesznek, míg ellenben a láthatatlan chemiai sugarak azoknál erősebben törékenyek, tehát számosabb lengéssel bírnak. De valamint a hőhatás nem szorítkozik egyedül a sötét hősugarakra, hanem kiterjed az, bár fokra nézve különbözően, a látható sugarakra is, szintűgy nem szorítkozik a chemiai hatás sem egyedül

a láthatatlan chemiai sugarakra, hanem birnak ily hatást gyakorolni, és pedig különösen nagy fokban némely épen a növényi szervezetben felette fontos szerepet viselő anyagra (chlorophyll), az azoknál kevésbbé törékeny, látható sugarak is. A látható sugarakat is tehát épen oly joggal nevezhetnők hősugaraknak mint a sötéteket, és épen oly joggal chemiai sugaraknak mint a láthatatlanokat. Az, hogy mi ama sugarakat nem látjuk, csak az által van feltételezve, hogy e sugarak legnagyobbára a szem törőközegei által visszatartatnak, nevezetesen a chemiai sugarak a szemlencse által, másrészt pedig, hogy azok irányában a szemideg hártája kevésbbé érzékeny. Egyébiránt látta a sötét hősugarakat állítólag id. SEEBEK mint gyenge fényt, és BREWSTER is, miután előbb hosszabb ideig sötétben tartózkodott, TYNDALL ellenben még igen concentráltan sem volt képes azokat megérezni. Szintúgy látták némelyek a chemiai sugarakat is erős fény után, mialatt a látható színek a szem elől eltakartatott, majd mint ibolya, majd mint kékes-szürke színbe játszó, majd mint ezüst-szürke fényt.

A fény- és a meleg sugaraknak azonosságát tanúsítja végre még az is, hogy midőn valamely testet erősen felhevítve izzó állapotba hozunk, úgy az nem csak a melegével erősbülő sötét hősugarakat, hanem mind erősebben felhevülve mind több és több törékenyebb fény-sugárt is bocsát ki magából. Így ha villamosan átáramlott platinhuzalt alkalmazunk mint fény és hőforrást és az attól kiinduló sugarakat hasábbal szétbontjuk, észlelhetjük, hogy míg eleinte a még sötét huzaltól csak sötét hősugarak indulnak, úgy már, ha a huzal vörös izzásba hozatott, látható vörös sugarak is találhatók és ha az mind jobban fehér izzásnak indul, akkor egymás után a színeknek mind törékenyebb sugarai is megjelennek.

De valamint a világosság érzete mint subjectiv tünetény a fénysugarak után csak akkor támad bennünk, ha azok a szemidegre behatnak és a chemiai hatások is csak a sugaraknak kitett bizonyos anyagokon nyilvánulnak, szintúgy csak akkor nyilvánulhat azoknak hőhatása is, midőn valamely test azokat felfogja. Addig míg e sugarak csak mint hullámmozgás terjednek tova, nem tekinthetők azok egyéneknek, mint az éthert képező részecskék lengéseinek, akár álljanak ez étherrészek egymagukban az átvonuló sugarak útjában, mint a légüres térben, akár pedig azon közökben foglaltassanak, miket a testeket képező, súlylyal bíró tömecek között feltenni jogosulva vagyunk.

Hogy tehát e sugaraknak hőhatása beálljon, szükséges, miszerint a lengő étherrészecskéknek eleven ereje a testek tömeceire

átruháztassék. Hogy általában ily eleven erő átruházás valóban történik, azt a fénysugarakra vonatkozólag a *fluorescentiá*-nak, a hő-sugarakra vonatkozólag pedig a *calorescentiá*-nak tünetényei tanúsítják, melyek nekünk egyszersmind még ez átruházás közelebbi viszonyaiba is betekintést engedvén, itt részletesebben felemlitendők.

A *fluorescentia* nevét kapta azon fluorspát után, melyen e tünetény legelőször észleltetett, s abban áll, hogy a fluoresháló test megvilágítva mintegy magától világító test, minden irányban fényt szór ki magából, úgy hogy ha szűk nyíláson át egy fénysugár-köteget, vagy lencsével összegyűjtött fényt vezetünk feléje, láthatjuk a fény útját a test belsejében. Mutatják e tünetényt nem csak különféle fluorspát fajok, hanem sok más test is majd szilárd állapotban, pl. az uránüveg, majd feloldva, mint nevezetesen a kénsavas chinin. Hogy az ily oldat megvilágított helyei felől minden irányfelé kiszórt fény nem egyszerűen visszaverődött fény, mint pl. a poros vagy füstös levegőben, melyben a por- illetőleg füstreszektől visszaverődött sugarak után a fény útját szintén láthatjuk, az abból tűnik ki, hogy míg az ily visszaverődött fény mindig kisebb-nagyobb fokban sarkított, addig a *fluorescentia* fénye sarkítást nem mutat. STOKES-nek vizsgálataiból kitűnt pedig, hogy nem minden fénysugár képes a kénsavas chinin-oldatban *fluorescentiát* előidézni, nevezetesen sem a vörös, sem a sárga és zöld színű egyszerű fény, tehát a kevésbé törékeny sugarak, hanem csak a nagyobb törésűek, mert csak a színeképi kék sugarak kezdik azt előtűntetni, de még nagyobb fokban az ibolyaszínűek, sőt még a már láthatatlan chemiai sugarak is. A fluoresháló testből kiszórt fény pedig, mint annak elemzése tanúsítja, nem egyszerű, hanem többféle törésű sugarat tartalmaz, melyek általában más, és legtöbbször, mint nevezetesen a chininoldatnál, kisebb törésűek, mint a megvilágító fénynek sugarai. A *fluorescentiánál* tehát a fénysugarak lengése idő hosszára és így számára nézve, s ennek folytán a sugarak törésére nézve is megváltozott; minek folytán oly sugarak is, melyek mint a chemiai sugarak különben nem, vagy alig láthatók, ha kevésbé törékeny sugarakra változtak át, láthatókká lesznek. Ámde nem található ok arra, hogy az éther-részecskék lengése ily módon *magától* változott volna meg, hanem azt kell következtetnünk, hogy e változás a test súlylyal bíró részecskéinek közbejárulása által eszközöltetett, ezek a megvilágító fénynek bizonyos sugarai által eleven erő átvitel mellett lengésbe hozattatva, midőn az átvett erőt mint új központok minden irány felé saját lengéseik módja szerint megint

az éther részeire visszaruházzák, ezeket megfelelő lengésekre indítják. A súlylyal bíró részecskék szerepe tehát abban áll, hogy azok eleven erő átvétele és visszaszolgáltatása mellett eszközlik, miszerint a hullámmozgás, mely az étherben különben a sugarak adott egyenes irányát tovább is folytatta volna, most mint megannyi új központtól minden irány felé terjed. Ennek megfelelőleg elvárható, hogy a megvilágító fény annál inkább fog a fluorescentiának az illető testben való előidézésére alkalmas sugaraiban megfogyni, minél előbbre halad útjában. S ezt tanúsítja is azon kísérleti tapasztalás, hogy míg híg chininoldatban a fluoreskáló sugár-köteget még vastag rétegen át is végig láthatjuk, addig tömör oldatban a fluorescentia ugyan élénken mutatkozik ott, hol a fény az oldatba betér, de innen mindinkább gyengül és bizonyos távolságon túl már teljesen hiányzik. Miután a szemlencse is, a mely épen a legtörékenyebb — a kémiai sugarakat — fogja fel magába, a fluoreskáló testek közé tartozik, ez okozza legnagyobbára, hogy e sugarakat oly kevésbé láthatjuk.

KISÉRLETI ÉS KRITIKAI TANULMÁNYOK

AZON MOLEKULARIS FOLYAMATOK FELETT, AMELYEK AZ
IZOMBAN, ANNAK ÖSSZEHÚZÓDÁSÁNÁL VÉGBEMENNEK.

1. Bevezetés.

A villam-áram által az izomban előidézett áramlatok okairól írt dolgozatomban ¹ kimutattam, miszerint mindannyiszor, a mikor az izomplasma kémiai állapota megváltozik, és pedig akár az izomban magában támadó szétesési productumok folytán, akár kívülről beható anyagok, s nevezetesen savak vagy lúgok következtében, ezen megváltozás az izomrost molekuláris elrendeződését is befolyásolja; az izomrost ugyanis megrövidül, s harántcsíkolata keskenyebb lesz, egymáshoz közeledik, s ezen megrövidülés mindaddig tart, a míg az izomplasma ismét elnyeri normális amphoter reakcióját.

Ezen, a többi jelenségekkel is megegyező kísérleti eredménnyel szemben azonban igen feltűnő, hogy a tetanizált izom, daczára a benne összehúzódása alatt támadó szabad savnak, az áram megszakítása után azonnal elernyed, sőt hosszabb ideig tartó tetanizálásnál még az áram folyása alatt is összehúzódása mindinkább gyengül. Tulajdonképen azt kellene várni, hogy épen ellenkezőleg az összehúzódás a savi produktumok felszaporodása arányában folyton erősödjék, és még az áram megszakítása után is megmaradjon. Ezen sajátságos ellenmondás azonban nem dönthette meg kísérleteink fentebb jelzett értelmezését, hisz ezen az alapon egyáltalában kétségbe kellene vonnunk azt, hogy a savak mint összehúzódást létrehozó ingerek tekinthessenek.

Ilyenformán fel kellett vennünk, hogy egy új probléma előtt

¹ L. Ertekezések a természettudományok köréből. M. Tud. Akad. 1878.

állunk, annyival is inkább, mert ez ellenmondás elől annak felvétele által sem lehetett kitérni, hogy a tetanusnál képződött sav mennyisége nem lenne elegendő akár összehúzódási hullámok, akár pedig állandó összehúzódási állapotok előidézésére. Ha ez utóbbi kötve is látszik lenni az izom kémiai reactiójához, úgy még sem szabad elfeledni, hogy előttünk ismeretlenek azon közvetítő folyamatok, a melyek folytán a megváltozó kémiai hatás az izomrostok molekuláris elrendeződését megmásítják.

Így jutunk ama feladat elé, megvizsgálni azon feltételeket, *a melyekhez az izomban a különböző összehúzódási alakok szerint végbemenő molekuláris folyamatok vannak kötve.* S habár ismereteink mai álláspontján, az elmunkálatok egy beható s mindent felölelő izomösszehúzódási theoria felállítására nem tekinthetők elégségesnek, mégis úgy véljük, hogy kritikai megvilágítása a részben már elismert, részben egyelőre még többé-kevésbbé problémás magyarázatú tünetményeknek legalább egyes, tájékoztató pontokat fog szolgáltatni, s így új irányzatokat jelölhet ki további vizsgálatok számára. Egy ily kísérletet bátorodom ezen értekezésben előadni.

2. Az izom statikai állapotai.

Kétségenkívül másnak kell tekintenünk az izom állapotát akkor, midőn egyszeri rángásban, vagy tetanusban van, mint a midőn azon fajába az összehúzódásnak jut, a melyet rövidség kedvéért egyszerűen idiomusculáris duzzanatnak hívunk.

A tetanizált izom csak azáltal képes megrövidülését a külső akadályok ellenében fentartani, hogy belsejében folytonosan erőket tesz szabaddá s ezeket az egymásra felrakodó s nagy sebességgel ismétlődő összehúzódási hullámok létesítése által juttatja érvényre. Minden egyes ily hullám az izommolekuláknak rétegről rétegre terjedő helyzeti megváltozásának eredménye, a melynél az izommolekulák az izomrost hosszanti irányának megfelelőleg megvékonyodnak s egymáshoz közelednek, az izom elernyedése alatt pedig ismét eredeti helyzetükbe térnek vissza. Ezen utóbbi állapot felel meg a szilárd egyensúlyi helyzetnek, a melyből a szabaddá váló eleven erő az izommolekulákat kizökkenti, a melybe továbbá azok az energia elvesztése után, a bennök levő irányzó erők folytán visszatérnek és megmaradnak mindaddig, míg egyensúlyi helyzetük újabb energia-nyerés folytán ismét megváltozik.

Jóllehet azonban, hogy az idiomuscularis duzzanat alatt az izomrost rövidülése szintén az izommolekulák harántrétegzetének hasonló eltolódása által jön létre, mint az összehúzódási hullámok alatt, sőt ezen eltolódások még jobban kifejezvék ott, mint emitt; mégis jelentékeny különbség mutatkozik e két alak közt, ugyanis míg az összehúzódási hullám csak pillanatos, s ezen hullámban egyenletesen fokozódó s elmuló jelleggel bír, addig a fentebb jelzett duzzanatnál és még inkább bizonyos, azzal analog összehúzódásoknál: a különböző izommerevségi állapotoknál a rövidülés rövidebb-hosszabb ideig eltarthat, a nélkül, hogy ezáltal izomerő kifejlesztésére, s így a nélkül, hogy eleven erő az izomban szabadabbá lenne, s az izomrészeknek ezen helyzetben való megtartására eleven erő kifejtése (vagy legalább más mértékben való kifejtése, mint a milyen az alább felhozandók értelmében az izom-molekulák normális elrendezésének fentartására megkívántatik) szükséges lenne. Mindebből pedig szükségképp következik, hogy az izommolekuláknak az ezen izommerevségi állapotokban való helyzete bármennyire is eltérni látszik a normális nyugalmi elrendeződéstől, mégis tulajdonképen nyugalmi helyzetnek felel meg, s fel kell vennünk, hogy az izommolekulák ezen esetben is szilárd nyugalmi helyzetet foglalnak el.

Ily módon az izommolekuláknak *kétféle szilárd egyensúlyi helyzetét* kell megkülönböztetnünk, a melyek tapasztalataink szerint az izomrostok két, különböző reactiójával járnak; az egyik neutrális (amphoter) a nyugvó izomban, a másik savanyú, vagy lúgos az idiomuscularis duzzanathoz tartozó merevségi állapotokban. S a mint képesek vagyunk a kémiai reactió megváltoztatása által az izommolekuláknak az egyensúlyi helyzetét is megváltoztatni, ép úgy sikerül a reactió visszaállítása által a normális egyensúlyi helyzetet is újból előhíni. S miután az idiomuscularis duzzanatban létrejött állása az izommolekuláknak tulajdonképp csak fokozása azon helyzetváltozásnak, a melybe a rángási hullám alkalmával az izommolekulák törekednek, úgy ez utóbbinál az izomrészek kimozdulása, mint a két szilárd egyensúlyi helyzet közt való ingadozás fogandó fel, azaz a molekulák ilyenkor *labilis egyensúlyi helyzetbe* jönnek.

Az itt taglalt viszonyok könnyebb értelmezésére jó például szolgálhat egy középpontján megtámasztott kétkarú emelő (Wippe), melynek egyenlő hosszúságú karjai végükön körülbelül egyenlően vannak megterhelve, a karok súlypontja azonban nem esik össze a tengellyel. Egy ilyen készülék oly helyzetben, midőn súlypontja éppen a ten-

gely felett függőlegesen van, labilis egyensúlyi helyzetben lesz, a melyből egyik vagy másik oldal felé eldőlhet s a stabilis egyensúlyi helyzetbe térhet át. Ha azonban a lefelé nyúló szár két oldalán támasztókat alkalmazunk, a melyek csak bizonyos határ közt engedik meg az ide-oda mozgást, akkor ezen rúdnak is két stabilis egyensúlyi helyzete lesz, ép úgy, mint az izommolekuláknak, s ezen két végpont közt labilis helyzetet foglalhat el és pedig olyan irányban, a mint azt a rúd súlypontjának helyzete s a támasztó pontok állása megengedi. Ezen példa szerint az is elképzelhető, hogy az izommolekulák labilis egyensúlyi helyzete nem mindig ugyanazon helyen és nem épen a két támasztó ponttól egyenlő távolságban fekszik, hanem az izom összes alkotánának megfelelő módon változhatik. Ha egy ilyen rúdat egyik stabilis határállásából a másikba akarjuk hozni, akkor ahhoz annyi erő kifejtés szükséges, a mennyivel sikerül e rúdat a labilis egyensúlyi helyzettel összeeső határálláson valamivel túl juttatni, a midőn aztán a rúd már azon helyzeti viszony alapján, a melyben ezen új állásában a másik stabilis egyensúlyi helyzethez van, nyugvó erejét (= feszülő erő, Spannkraft) eleven erővé változtatva át, fogna abba áthaladni; ezen második stabilis egyensúlyi helyzetből azonban az elsőbe vissza megint csak olyan erő folytán juthatna, a mely ismét a labilis egyensúlyi helyzeten túl, bár most ellenkező irányban segítené. Épen így az izommolekulák is, hogy egyik nyugalmi állásukból a másik határállásba az idiomusculáris összehúzódásnak megfelelőleg átjuthassanak, oly erőt szükséglenének, a mely azokat a labilis helyzet határállásán átlökje, a midőn már folytatva összehúzódásukat, követni kénytelenek lennének az új, közelebb fekvő határállásba való vonzódásukat. S ezen új helyzetükből vissza az első állásba ismét csak oly erő befolyása mellett juthatnának, a mely az ellenkező irányban a határálláson túl vezetné azokat.

Ha azonban a megfelelő erő, akár erőátvitel következtében meggyengült, akár már eredetileg kisebb volt, semminthogy képes lett volna a labilis határálláson túltaszítani az emelő rúdat — vagy az izommolekulákat, úgy azok kimozdult helyzetükből újabb erő behatása nélkül első állásukba esnének vissza.

Ezen példa analogiája szerint várható volna tehát, hogy azon áthelyezése az izommolekuláknak, a mely az egyszerű rángás, vagy tetanuszos összehúzódás által elért határt átlépi, csak olyan erő behatása alatt jöhet létre, a mely az egyszerű összehúzódási hullámnak megfelelőt felülmúlja, s másrésről, hogy a molekulák új erőt szükség-

gelnek, hogy ezen második stabil határállásukból az elsőbe visszatérhessenek.

Egyelőre eldöntetlenül hagyjuk azon kérdést, hogy vajon jogsult-e az egyszerű rángás és a tetanus illetén felfogása, mint közeledés a labilis egyensúlyi helyzet felé, a melyen túl ismét — a másik stabilis helyzetnek megfelelő — stabilis egyensúlyi pont következne, s első sorban azon erőket vesszük taglalás alá, a melyektől ama egyensúlyi helyzetek függenek.

3. Az izommolekulák egyensúlyi állapotát feltételező és változtató erők.

A kísérletek arra tanítottak, hogy az izommolekulák ama második egyensúlyi helyzetökben akkor vannak, ha az izom kémiai reakciója a normális amphotertől eltérőleg savanyú, vagy lúgossá lesz, akár vegyületek, akár elektrolythok, vagy más behatások következtében és hogy e molekulák a kémiai hatás visszaállítása mellett ismét első nyugalmi helyzetükbe térnek vissza. Közel fekszik a gondolat, hogy a megváltozott reakció-közömbösítésnél a savnak alkálival való vegyülése adja meg az izommolekulák áthelyezéséhez szükséges erőrszertet.

Egyelőre még azt is sejthetjük, hogy az az erő, a mely képes a molekulák elrendezését az egyik határállásból a másikba átvezetni, csak fokban, de nem lényegben különbözik attól, a mely az egyszerű rángást, vagy a tetanust feltételezi. Ezen felvételek értelmében s azon tapasztalatok alapján, hogy az izommolekulákat sikerül sav vagy lúg hozzáadása által az egyik stabilis nyugalmi helyzetből a másikba (a sűrű harántesikolatúba) juttatni, az is várható lenne, hogy ezen anyagok hígabb oldatainak alkalmazása mellett egyszerű múltó összehúzóadások is kiválthatók legyenek. És valóban a tapasztalat ezen irányban már régen megelőzte fentebbi következtetéseinket: az említett anyagok általánosan elismert izomingerek. Mindazonáltal ezen tapasztalatok még egyáltalában nem világosítanak fel arról, hogy miképen válik az izomhoz adott sav, vagy lúg azon erőnek forrásává, a mely az izommolekulák áthelyezéséhez szükséges, akár az egyszerű rángás és tetanusz, akár az idiomusculáris duzzanat keletkezésénél. Még ottan, a hol a sav mint az izomban végbement oxydatio produktuma jelen meg, az erő kifejtés meg volna magyarázható, habár ezen esetben is az erő kifejtő vagy kiváltó szerep nem a savnak volna tulajdonítható,

hanem az oxydatio processusának. Ott azonban, a hol az erő kifejtés s általa az izom-molekulák áthelyezése egy már kész sav hozzájárulása által látszik feltételezve lenni, ez már azért is nehezen érthető, mivel ha felteszszük is, hogy a sav természeténél fogva az izomban alkálival köti össze magát s ezen kémiai folyamat közben erőt is fejleszthetne, úgy de ezen művelet alatt meg is köttetnék az, így a közömbös kémhatás egyidejűleg állana elő s az izommolekulának e miatt mégis stabilis egyensúlyi helyzetökben kellene megmaradniok. De még azon esetben is, ha az izom-plasma nyugalmi állapotának megfelelő közömbös kémhatás figyelembe vétele mellett azt vennők fel, hogy a hozzáadott szabad sav vagy lúg nem közvetlenül kötődik össze már előzetesen ott levő lúg- vagy savval, hanem ezt egy lazább vegyületből választaná ki, úgy hogy a hozzáadott szer helyett egy más sav, vagy lúg lenne szabaddá s így még mindig fenmaradna egy része az ezen kémiai műveletnél kifejtett erőnek, s egyidejűleg az izom kémhatása is megváltozott volna: még ezen felvétel sem lenne képes eloszlatni a homályt a reactió megváltozása és az izommolekulák más elrendeződése közt való összefüggésről és pedig annyival kevésbé, mivel nemcsak sav és lúg, hanem sok fémsó, sőt még a lepárolt víz is képes izomrágásokat s összehúzódásokat kiváltani. Ehhez járul még az a körülmény is, hogy habár az izommolekulának az idiomusculáris duzzanat alakjában való elrendeződése csak azon határon belől jön létre, a melyen a sav vagy lúg az izomplasmát érte: mégis az ezen anyagok által kiváltott rágások az izomrost egész hosszára terjednek ki, sőt akkor is, ha a rostok csupán legvégükön érintkeztek ezen szerekekkel, ismét bizonyítva, miszerint ezen rágások nem lehetnek közvetlen folyamányai a sav vagy lúg behatásának, mert azok csak az érintkezési helyen válhatnak ki kémiai hatást.

Hogy ezen a téren csak valamennyire is sikerüljön az első alapfeltételeket megismerni, szemünk előtt kell tartani egyrészt az izomokban lefolyó mozgások jellegét úgy az egyszerű rágásnál, mint azon összehúzódásoknál is, a melyeknek az idiomusculáris duzzanatképződés a képviselője s másrészt azon módot, a mely szerint egyáltalában kémiai erők mozgató erőkké válhatnak.

A felől ma nem igen van kétség, hogy az egyszerű rágásnál az izomnak alakváltozása az izom heterogén harántrétegeinek szabályos egymásutánban s bizonyos időben lefolyó eltolódásából származik, a midőn ezek az izom hosszanti irányának megfelelőleg egymáshoz közelednek. Ezen okból az egyszerű rágásnál végbemenő mozgási folya-

matot mint tömegmozgást kell felfognunk, habár a megmozdított tömegek csak mikroszkópos nagyságúak is.

A látható izommolekulák elrendeződésének megváltozása az idiomusculáris duzzanat alakjában támadó összehúzódásnál, — mint azt egy közlésemben * leírtam — úgy történik, hogy az izomrost bizonyos kiterjedésében a harántcsikolatok szétesnek, kissé erősebb behatás mellett alig látható igen finom részecskékre s áramlatba jönnek, majd ezen áramlat széli részein egy harántcsikolat képződik, a midőn az anisotrop anyag rétegei egymás mellé sorakoznak, maguk közt azonban isotrop réteget hagyva, és pedig vagy úgy, hogy ezen újabb rétegek a régiékből közvetlenül és az egész rostszélességben egyszerre, vagy részsut az egyik széltől a másikhoz irányuló áramlat folytán keletkeznek, vagy pedig a teljesen szétesett molekulákból mintegy újra rendeződnek. Hasonló az átváltozás menete akkor, ha ezen keskeny harántcsikolat ismét a szélesebbre alakul vissza, csak hogy rendszeren kissé korlátozottabb. S így ezen összehúzódásnál is tömegmozgással van dolgunk, jöllehet itt a tömegek még sokkal apróbbak, mint az egyszerű rángásnál.

Ha továbbá ezen tömegmozgásokat kémiai erőkből, a melyek természetök szerint molekuláris erők, akarjuk megmagyarázni, akkor mindenekelőtt vizsgálnunk kell, hogy molekulás erőkből mint lesznek erőátalakulás által tömegmozgató erők.

Ezen kérdést illetőleg két módot ismerünk, a melyeken kémiai molekulás erők tömegmozgást létesíthetnek, ugyanis vagy kötött — latens — és szabad hő által, vagy pedig villamosság útján.

S valóban már azon kölesönös irányító erők tekintetbe vételével, a melyek a molekuláknak határozott egyensúlyi helyzetben való maradását fentartják, s ha abból kimozdultak volna, abba ismét visszavezérlik, alig lehet másra gondolni, mint hogy az itt működő erők *elektrodinamiás természetűek*, s az izommolekulák villamos sajátságai által vannak feltételezve.

Midőn ezen felvételt kimondom, teljes tudatával bírok azon nehézségeknek, a melyekkel ezen a téren megküzdeni ma még alig lehet, s hogy mennyire merész annak felvétele, hogy a molekulák, a melyek az izomban változatos elrendezésben látható húsprizmácskákat alkotják, elektrodinamiás ható erővel vannak felruházva, annyi-val is inkább, mivel az idegek és izmok villamossági tünetényeiben

* Archiv f. Anat. u. Physiologie. 1879. p. 314.

oly nagy tapasztalatú mester, mint Du Bois REYMOND is nagy óvatossággal úgy nyilatkozik,¹ hogy az elektromos molekulák alatt nem az izomnak legkisebb részletei értendők, a melyek elektromotoros erővel felruházva, folytonosan áramokat idéznek elő, mint Ampère theoriájában a vasrészecskék, hanem e helyett egy elvont fogalmat vesz fel, mely szerint az elektromotoros molekulák, mint igen apró elektromotoros felületek, mint határozott irányban orientált góczai a chemiai működésnek, melyek az izom lélegzését is végeznék, lennének értelmezendők. S még más helyen is nyilatkozik ugyanazon bűvár²: «az elektromotoros alkotó részek, a melyekből a hal-oszlopok» (villamos halaknál) «elemlánczai állanak, nem keresendők optikailag felismerhető alakulatokban, egymást érintő, nem egynemű szövetekben, vagy állati folyadékokban, ép oly kevéssé, a mint ezen felvétel nem vezet az izom és idegáram magyarázatára. Épen ellenkezőleg az elektromotoros erő székhelye egy morphologiailag egynemű képlet belsejébe helyezendő».

Mindazonáltal Du Bois REYMOND is egész határozottsággal kijelenti L. HERMANN-nak az izmok és idegek elektromotoros theoriája ellenében, hogy: «előtte minden oly theoriája az izom- és idegműködésnek, a mely a húsprizmáskák, tengelyfonál és idegvégkészülékkel nem számol, halva születettnek látszik».³ Továbbá, midőn ugyanaz a bűvár megengedi, hogy talán téves egyedül a folyadékokra helyezni az idegek és izmok villamos ingerlésénél végbemenő folyamatokat, felhozza tapasztalatait, a melyek szerint: «oly porózus félvezetőknél, a melyeknek az állati szövetek, a félvezető gerendázat is elektromotoros szerepet látszik játszani».⁴

Másrészről azonban saját felvételünk sem kíván többet, mint hogy azon bárminő alakulatú elektromotoros góczok, mint alkatrészek a húsprizmákban és az azokból előálló harántkorongokban elhelyezve oly tulajdonságokkal birjanak, miszerint azok a folyékony izomplasmával érintkezésben dipoláris elemekké váljanak, a melyek aztán megfelelőleg egymáshoz való viszonyuknak, határozott módon rendeződnek és mindaddig ugyanazon sorrendben maradnak, míg sem a legközelebbi rétegek poláris irányulásában nem áll be változás, sem

¹ Gesamm. Abhandlungen zur allg. Muskel- und Nervenphysik. II. Bd. pag. 291.

² I. h. p. 670.

³ I. h. p. 345.

⁴ I. h. p. 293.

pedig az izomplasmában, a mely szintén egyike az elektromotoros faktoroknak.

Így oly erőket ismerünk meg, a melyek az izom nyugalmi helyzetében annak tartalmát határozott molekulás elrendeződésre kényszeríti, sőt az elrendeződést, ha az azt esetleg megzavaró ok megszűnik, ismét helyreállítja, oly erőket tehát, a melyeket Du Bois REYMOND a halak villamos szervének elektromotoros molekuláira nézve megkívánt, hogy a nyugalmi helyzetökből kizavart molekulákat ismét visszavezessék, s a mit már azon feltevéssel is elfogad, hogy a molekuláknak elrendeződését a nyugalmi szak alatt, mint adott saját-ságot tekinti.*

Természetes, hogy azon felvételünkkel, hogy az izmok nyugalmi helyzetében is a szabályos molekula-elrendezést elektrodinamiás erőknek tulajdonítjuk, egyszersmind azt is felvesszük, hogy ezen állapotban is folytonos erőfelhasználás történik és pedig épúgy az izomplasma részéről, a mint a dipoláris elemeknek legalább egyik polusfeléről is.

Ezen az anyageseréből állandóan származó eleven erők befolyását a molekulák nyugalmi helyzetének fentartására az előbb a kétkarú emelőrúdról vett példa alapján következő módon illusztrálhatnám. Tegyük fel, hogy az emelőrúd egyik végére egy a végén zárt cylinder van alkalmazva, a melyben egy pontosan alkalmazott dugattyú jár. Tegyük fel azt is, hogy e dugattyú teljes betolása által a rúd elveszti azon egyensúlyi helyzetét, a melyben mi az izom nyugalmi helyzetének képét adtuk. Tegyük fel továbbá, hogy az a levegőmennyiség, a mely a dugattyú mögött van, a szobahőmérséknél kevés arra, hogy a dugattyú eléggé kihúzva maradjon, elégséges lesz akkor azonban, ha mi e levegőt bizonyos fokra melegítve tartjuk. Így tehát látható, hogy ezen esetben csak folytonos meleg-odavezetés mellett tartható fenn a stabilis egyensúlyi helyzet.

Ezen kitérés után térjünk ismét vissza elektromotoros izom-molekuláinkhoz, hogy mélyebben behatolhassunk azon befolyások megismerésébe, a melyek az izom-molekulák s az általuk alkotott harántkorongok nyugalmi helyzetének megváltozását idézhetik elő.

Felvesszük tehát, hogy ezen molekulák az izom-plasmával való érintkezésben, azon különböző polusok folytán, melyekkel két végükön bírnak, két polusú elektromotoros elemekké válnak. Mint közelfekvő

* I. h. p. 672.

következmény felveendő az is, hogy az egyugyanazon rétegben levő dipoláris molekulák a szomszédos (de ugyanazon rétegben levő) molekulák befolyása alatt, feltéve, hogy szabadon mozoghatnak, egy irány felé fordulni kénytelenek s így az egész sor egy két polusú felületet alkot. Csakis ezen elrendezés mellett hathatnak egymásra vonzólag az izommolekulák. Ugyanazon elektrodinamiás törvények alapján következik továbbá, hogy két vagy több ily harántréteg egymásután való sorozatban dipolárisan van rendezve s egymásra taszító hatással bírnak, míg az egymáshoz peripoláris elhelyezésben levő rétegek vonzást fejtenek ki. A nélkül, hogy meddő sejtelmekbe bocsátkoznám ezen harántrétegek irányuló képessége felett s foglalkoznám azon elektromotoros és élettani tulajdonságokkal, a melyekkel e theoriám a legjobban megférne, csupán annyit kívánnék megjegyezni, hogy ha ezen elektromotoros, dipoláris rétegek ketteje egymáshoz viszonyítva peripoláris irányzattal bírna, minden egyes rétege azonban az ilyen pároknak a feléje fordulthoz dipoláris irányzatban állana: akkor minden kettős réteghez tartozó molekula-rétegek egymásra vonzólag hatnának, míg minden kettős réteg a legközelebbit eltaszítaná. Egyelőre azonban a rétegek irányulásának kérdését függőben tarthatjuk, és elégedjünk meg azon felvétellel, miszerint az ilyen rétegek irányulásuk szerint egymásra vagy vonzólag vagy taszítólag hatnak; mindazonáltal az egyes molekulákat megfordítani a szomszédos egyes, vagy kettős rétegek még akkor sem képesek, ha bármilyen ok folytán azoknak polaritása meg is változnék. Így tehát a mi felvételünk csak annyiban különbözik Du Bois REYMOND hypothesisétől, a mennyiben mi az egyes izommolekulákról csak azt vesszük fel, hogy azok harántirányban a megfelelő réteg síkjában, hosszirányban pedig a rost irányában eltolódhatnak, de ezalatt polaritásuk tengelye változatlanul párhuzamos marad a rost hosszára, s a molekuláknak súlypontjuk körül való forgásának felvételére szükségünk nincsen. Felvételünk szerint tehát az izomban a látható s fizikai tulajdonságaik alapján is megkülönböztethető rétegek, állandó érintkezésben az izom-plasmával dipoláris elektromotoros molekulákból állanak, a melyek egymás mellett sorakozva dipoláris felületet alkotnak s ezen dipoláris rétegek egymástól a plasma által vannak elválasztva. Az izom nyugalmi állásában ezen rétegek azon elektrodinamiás erő behatása által, a melyet bizonyos poláris elrendeződésük folytán a plasma rétegén keresztül egymásra fejtenek, határozott helyzetet foglalnak el; ha már most be akarunk hatolni az izom alakváltozásának mechanikájába, akkor fel kell keresnünk

azon okokat, a melyek az elektromotoros rétegek poláris irányulását úgy változtatják meg, hogy a hol a hosszanti irányban előbb taszítás szerepelt, ott az összehúzódnás alatt ez vonzássá válik, sőt még az is valószínű, miszerint az ugyanazon rétegekben a dipoláris molekulák egymás közt való vonzódnása ugyanakkor taszításra alakul át, a nélkül, hogy ezen vonzó és taszító sajátságok megváltozása az egyes molekuláknak súlypontjuk körül való forgásával járna.

4. Az izom kémiai állapotának befolyása molekuláris erőire.

Az a körülmény, hogy a mint láttuk a harántesíkokat szélesége és egymástól való távolsága az izom-plasma kémiai reakciójával változik, s így ezáltal befolyásoltatik, azon kérdés feltevésére indít, hogy vajjon az izom-plasma kémiai alkatának megváltozása idézheti-e elő az izommolekulák polaritásának megfordulását?

Vizsgáljuk tehát, hogy jogosult-e az ilyen felvétel, s ha igen, mennyiben képes e körülmény az izom összehúzódnásának értelmezését elősegíteni.

Igazolását találhatná ezen felvétel azon ismert tényben, hogy a villamfejlesztők polaritásukat, már az olyan elemekben is, a melyek fémből és folyadékból állanak, de még inkább a csak folyadékból állókban külső befolyások alatt könnyen megváltoztatják; az utóbbiakról mondja Du Bois REYMOND,¹ hogy már a használt folyadékok sűrűsége nemcsak a fejlődő áram nagyságára, hanem irányára is befolyással van. Így pl. a nevezett buvár találta, hogy szirupsűrűségű tejsav alkalmazása mellett az áram iránya ellenkező volt, mint ha ugyanazon savat egyenlő mennyiségű vízzel hígította, hogy továbbá savak, a szervesek is, még a legnagyobb fokú hígításnál is zink- vagy konyhasóoldattal szemben igen erős áramot adtak, míg káliumhydrátoldat aránylag csak gyenge hatású² volt; végre, hogy a desztillált víz ezen elemeknél igen fontos szerepet játszik, a mi hidratatión látszik alapulni. Igaz, hogy Du Bois REYMOND-nak nem sikerült oly folyadék-kombinációkat találni, a melyeknek elektromotoros ereje az izom-áram erejét elérni képes lett volna (s csak az olyan folyadék-elemek közelítették meg némileg, a melyeknek egyik tagja lepárolt víz volt),³

¹ I. h. p. 279.

² I. h. p. 272.

³ I. h. p. 292.

de viszont azon felvétele is eléggé indokolt, mely szerint «az oly porózus félvezetőkön, mint a milyenek az állati részek, a félvezető gerendázat is elektromotoros szerepet visz». Még más ellenvetések daczára is úgy vélem, hogy Du Bois REYMOND által az izmok elektromotoros képessége eléggé be van bizonyítva, a folyadék-elemekről pedig tudjuk, hogy azok látszólag kis külső modificatiók folytán jelentékeny változásokat szenvednek el. S csakugyan elegendő adattal rendelkezünk ma annak bizonyítására, hogy az izomáram olyan körülmények között, mint a melyek a folyadékáramokra módosítólag hatnak, maga is módosulást szenved.

1. *A sav befolyása az izomáramra.* Ezen tekintetben feltűnő példát nyújt Du Bois REYMOND-nak azon észlelete, hogy a hossz- és harántmetszett izom árama az első időben jelentékenyen fokozódik, a mely tünetnynek magyarázata az elhaló izomszélben támadó sav hatásában rejlik; csakugyan főleg tej- és eczetsavval való ecsetelése (ásványsavak kevésbé alkalmasak) a harántmetszetnek képes az izomáramot fokozni, míg ugyanezen savak a hosszmetszetre alkalmazva, az áram erejét igen gyengítették. Feltűnő módon a lúgos folyadékok is ugyanazon értelemben hatottak, míg desztillált víz ellenkező eredményt adott, tehát gyengítést a haránt-, erősbitést a hosszmetszeten.

Igaz ugyan, hogy Du Bois REYMOND ezen változásait a képződő áram erejének néhány kísérlete alapján nem hajlandó az izomáram ereje fokozásának betudni, hanem inkább a megsavanyított agyag-elektrodban támadó folyadék-elemek hatásának, mindazonáltal úgy hiszem, hogy bár tagadhatatlan ezen utóbbi befolyás létezése, mégis van alap azon felvételre is, miszerint ezen savbehatás alatt az izomáram ereje is megváltozik.

Ezen utóbbi véleményünkre az óvatos buvárnak nemcsak azon vallomása biztat, hogy «azon homályban azonban, a melyben a folyadék-elemek lényege egyáltalában burkolva van és az ezen téren tett tapasztalataim csekély volta nem engedi meg véleményemet egész határozottsággal megállapítanom»,¹ hanem és főleg a harántcsikolatnak azon áthelyezése, a melyet mi az izom egyik végére helyezett savak vagy lúgok behatása alatt támadó áramlatok folytán látunk beállani, s a mely áramlást az idiomusculáris duzzanattal analognak kellett tartanunk, ez pedig CZERMAK² észleletei szerint a többi izommal szem-

¹ I. h. p. 214.

² Sitzungsberichte der Wiener Akademie 1857. XXIV. k. p. 510.

ben negative viselkedik. KÜHNE ugyan úgy találta, hogy az idiomusculáris duzzanat nem jár savanyú kémhatással,¹ evvel szemben azonban felhozhatjuk Du Bois REYMOND egy megjegyzését, mely szerint az izomösszehúzódás finomabb és érzékenyebb reagens, mint a legjobb lakmusz-papír, vagy Liebreich-féle táblácska;² de még más érvelést is hoztunk fel a villamáram által a harántcsíkolt izomban támadó áramlatok okairól írt dolgozatunkban ezen analogia feltüntetésére, s nem kis mértékben nyer megerősítést ezen felvételünk Du Bois REYMOND azon észlelete által, hogy az izomáramban hasonló változás, mint a savak által előidézett lúgok behatása által is létrejön. Ha azonban savak beivódása az agyag-elektrodákba előidézhet is ilyen folyadéklánczokat, a lúgokról ez eddigelé nem ismeretes; a tiszta folyadéklánczoknál, mint már fentebb említve volt, a savak igen erős hatásúak, a lúgok ellenben igen gyengék.

Továbbá tapasztalta Du Bois REYMOND, hogy függetlenül az agyaglap beivódásából származó áramoktól a le nem nyúzott izomkészítmény árama is növekedik,³ a minek okául felhossa, miszerint: «valószínűleg az elektromotoros erő postmortalis növekedése a tulajdonképi izomárammal, vagy az izommolekulák elektromotoros erejével nincs összefüggésben, sőt talán ez utóbbi a kikészítés kezdetétől fogva csökken, a vérkeringés hiánya mellett azonban az izom anyagcseréje megváltozik, a minek következtében a primitív nyalábok belseje, tehát a mesterséges harántmetszet kevésbbé lúgosan, vagy erősebben savanyúan reagál, úgy hogy ezen, az agyagelektroddal való érintkezési helyen egy folyadékláncz támad, a melynek árama vagy növeli, vagy ha ellenkező irányú, gyengíti az izom áramát, mialatt a hosszmetset az agyaggal való érintkezésben egy változatlan lánczszemet képez»⁴. Ha lehetségesnek is tartjuk ezen forrását a villamos erő egy részének, mégis alig lehetne elgondolni, hogy az izom primitív nyalábaiban keletkező áramok erejére a változó kémiai hatás nem lenne befolyással, feltéve, hogy mi az izomáramot elektromotoros molekulákból származtatjuk. De bármiként is fogjuk fel azokat, az kétségtelen, hogy azok elektromotoros képességüket nem merítik egyszerűen saját magukból, hanem ezen sajátságuk az őket körülvevő s

¹ Myologische Studien p. 111.

² I. h. p. 227.

³ I. h. p. 217.

⁴ I. h. p. 226.

bizonyos kémiai sajátosságokkal felruházott szövetrészekkel való érintkezésből származik, s az utóbbiak megváltozása által a rezultáló erő-kifejtésnek is módosulnia kell. Ha még továbbá az izommolekulák elektromotoros magatartása folytán azok polaritása is megváltoznék, akkor már épen nem maradna ki az izomáram erejének módosulata.

Ezen felvételre további bizonyítékokat találunk azon, Du Bois REYMOND által ismertetett utóhatásokban, a melyek az izomingerlést követik.¹

2. Az izomingerlés utóhatása, a) *terminalis* utóhatás. Ezen utóhatás abban áll, hogy az izomáram törvénye szerint ellenkező irányban ható, tehát negatív erő, a parelektronomiás terület negatív erejéhez csatlakozik; székhelyét a rostok természetes végei, azaz a parelektronomiának anatómiai substratuma képezik, s ennek áramát erősíti. Ez mint a rostvégeken megtörő összehúzódási hullám következménye tekintendő, a melynek eleven ereje részben arra szolgál, hogy az összehúzódásra képes anyagban azon elrendeződést hozza létre, a melyről ezen utóhatás ad hírt.² Ez azonban csak a természetes harántmetszeten áll be, nem a mesterségesen, mert itt a megfordított irányban működő molekularéteg, úgyszólván *in statu nascenti* megsemmisítetik a mesterséges metszési lapból kiinduló elhalás következtében támadó sav folytán.

Ezen felvétel szerint a parelektronomiás réteg megfordított irányú elektromotoros ereje fordított molekuláris elrendeződésből származnék, de ez nem kémiai változáson alapulna, sőt ellenkezőleg a savképződés ezen parelektronomiás elrendeződést meggátolná.

S habár nem igen lehet kételkedni a felől, hogy a rétegről-rétegre terjedő elhalás ezen elrendeződés létrejöttét meggátolni képes: mégis nem lehet azt állítani, hogy ezen savképződés a legközelebbi szomszédos rétegek parelektronomiás tulajdonságait meggátolhatná. Volt alkalmunk még 0.5%-os savoldat behatására is láthatni, mint alakul át a széles harántcsíkoltat keskenynyé, s ugyanezen hely alkáli hozzáadására ismét szélescsíkoltatúvá lett, midőn a sav közömbösítése beállott. Tehát a sav behatása alatt nem halt el a szövet.

Így tehát nem tulajdoníthatjuk a *terminalis* utóhatás meggátolását savképződés következtében beálló elhalásnak, ép oly kevésbé, mint a hogy azt lehetne felvenni, hogy ujjal való érintés, a mely Du Bois

¹ I. h. p. 536.

² I. h. p. 552.

REYMOND szerint a házinyúl-izmon már elégséges a parelektronómia megsemmisítésére, ilyen helybeli elhalást támaszthatna.*

Másrészről azonban azon körülmény, hogy már igen gyenge savak, s más sokféle, s látszólag jelentéktelen beavatkozások is elégségesek a parelektronómia meggátlására, azon kérdést keltik fel bennünk, hogy vajjon nem hatnak-e mindezen befolyások az elektromotoros elemek magatartásának megváltoztatására, és pedig akár a molekulák helyzetváltozásával, akár a nélkül, de úgy, hogy az által a harántmetszet polaritása a hosszszelvényhez negatívvá lesz, vagy pedig egy parelektronómias réteg normalis erőirányát kapja vissza.

Következtetésünkben azonban még tovább is mehetünk. Az izomban állandó villamáram által előidézett áramlatok okairól írt értekezésünk második részében törekedtünk kimutatni, hogy az izom állapota úgy a mechanikai behatás alatt támadó idiomuscularis duzzanatban, mint ott, a hol kémiai anyag, gyenge sav vagy lúg, sőt az izomban felhalmozódott elektrolyth, vagy meleg behatására előállott sav, vagy az elhalással kapcsolatos kémiai folyamatok okozta merevség van jelen, mindig egyenlő. S tekintetbe véve azt, hogy ellenkező értelmű újabb behatásoknál a megváltozott harántcsíkot ismét az előbbire fordíthattuk vissza, ezen állapotot nem tekinthettük úgy, mintha akkor már az izom el lett volna halva. Így aztán nem is kételkedhetünk azon, hogy mindama behatások által, a melyekkel mi mechanikai, thermikus, vagy kémiai mesterséges harántmetszetet létesítünk, s evvel a parelektronómiát megszüntetjük, helybelileg azonos állapotot idézünk elő, a nélkül, hogy ezen megváltozott állapotba jutott réteget megölnénk. Az természetesen mit sem változtat a dolgon, hogy ezen rétegen kívül még teljesen elhalt réteg, vagy rétegek vannak is; untig eléggé bizonyítja azonban azt, hogy az elhalt rétegnek lényeges befolyása nincsen, azon körülmény, hogy a parelektronómiát már oly enyhe behatások is megszüntetik, melyek elhalást egyáltalában nem idézhetnek elő: a leggyöngébb savak, sőt egy alig észrevehetően savanyú kémhatású, hosszabb ideig tetanizálva volt — de még mindig összehúzódásra képes — izom érintése s egy oly gyenge konyhasóoldat is, a mely éppen a legalkalmasabb az izmok összehúzódó képességének minél hosszabb időre szóló megtartására.

És éppen ezért alig lehet visszautasítani azon felvételt, hogy ugyanezen, a változott kémiai alkat miatt beállott módosulása az

* I. h. p. 249.

elektromótoros tulajdonságoknak, oka egyszersmind a mesterséges harántmetszet negativitásának.

Ha azonban ezen gondolatmenet alapján tovább megyünk, akkor a természetes harántfelület positivitása, s így a parelektronómia új világitásban tárul elénk.

Az a körülmény ugyanis, hogy a legjobb szerzők összehangzó adata szerint a parelektronómia csakis a sértetlen izom természetes harántfelületén mutatkozik és soha a mesterségesen, és hogy továbbá, mint fentebb ki volt fejtve, minden beavatkozás, a mely mesterséges harántmetszetet létesít, egyszersmind egy vagy több rétegben a molekuláris elrendeződésnek megváltozását is hozza magával, a nélkül, hogy azért ezen rétegek elhaltaknak volnának tekinthetők: azon, véleményem szerint alapos, feltételre jogosít, hogy tulajdonképpen a parelektronómia nem kivételes tünet, hanem ellenkezőleg a természetes, változatlan alakja az izom elektromótoros állapotának, a mely csak a mesterséges harántmetszeten abnormis müleges változást szenved; így tehát rendes körülmények közt nincs oly különbség a hossz- és harántmetszet között, a mint az a vizsgálati körülmények alatt gyakran, a mesterséges harántmetszetenél pedig állandóan feltűnik, hanem a harántmetszet negativitása csak következménye az oly behatásoknak, a minők az izomrost belsejének levegőre jutása, vagy pedig a perimysiumon, a sarcolemmán át külső körülmények behatása, s ezek következtében származik az elektromótoros molekulák új polaris irányulása.

Ezen felvételemet további okokkal is képes vagyok támogatni. Azon vizsgálataim közben, a melyekben tanulmányoztam, hogy az izom elektromótoros tulajdonságai mennyiben változnak a kémiai állapot befolyása alatt, felvilágosítást kerestem a Du Bois REYMOND által észlelt terminalis utóhatás felől és sikerült bizonyító adatokat nyernem azon körülményekben, a melyek a terminális utóhatás létrejöttét a mesterséges harántmetszeten megakadályozzák.

Vessünk egy pillantást a *b) belső utóhatásra*, a mely Du Bois REYMOND szerint nem szorítkozik egyedül a sértetlen izomra, hanem az egész izomtömegre kiterjed s így a mesterséges harántmetszet felületén is kimutatható. Ez is a tevőleges áram gyengítése alakjában jelentkezik, úgy, hogy a tetanizálás után kevesebb áramot nyerünk, mint a pihent izmon. Du Bois REYMOND * maga is csatlakozik H.

* I. h. p. 537.

ROEBER¹ bizonyításához, a ki ezen utóhatást az izom savanyúvá változásának tulajdonítja. Már félszázalékos tejsavoldat békaizomba fecskendve, annak elektromótoros erejét közel 30%-kal gyengítette, míg szénsavas natrium ugyanolyan sűrűségű oldata pikrotoxintetanus által kifárasztott izomba fecskendve, annak erejét 11%-kal fokozta. Ez DU BOIS REYMOND szerint tanúsítja, «miszerint egy savkötő beavatkozás semmisíti meg az utóhatást, a mi annak savképződés folytán való keletkezését kétségtelenné teszi». Ezen savanyodásnak szerinte azonban csak a belső utóhatás lehet a következtése, a terminális nem, mert a képződő savról nem tudjuk, hogy az csak az izom rostvégében gyűlné meg, s mert «nem vagyunk feljogosítva e savképződésnek más hatást, mint erő- és akadálycsökkenést tulajdonítani, sem erőgyarapító befolyást, sem az izomáram törvénye szerint önálló elektromótoros hatást nem vehetünk fel. A terminális utóhatás által pedig egy nyugalomban hatástalan izom negatív hatást nyer, egy negative ható még erősebbé lesz. Ezt nem lehet annak felvétele által magyarázni, hogy az egész izom pozitív ereje gyengülne, mialatt a parelektronómiás terület negatív ereje állandó maradna, mert akkor az utóhatásnak a mesterséges és természetes harántmetszetenél egyenlőnek kellene lenni.»²

De ha nem vagyunk is feljogosítva az elmondottak alapján a parelektronómiás izmok terminális utóhatás következtében beálló változásainál az izom tömegében fejlődő savnak erőfokozó hatást tulajdonítani, úgy épp oly kevésbé jogosult annak felvétele, hogy a mesterséges harántmetszeten támadó sav következtében egy parelektronómia miatt addig áram nélküli izom pozitív irányban ható lehessen, vagy egy gyenge parelektronómia folytán csak gyengén positive ható izom erősebb tevőleges hatásúvá válhasson. Ha ezen magatartás DU BOIS REYMOND szerint csak úgy értelmezhető, hogy «a természetes harántmetszeten, a rostvégeken egy, az izomáram törvénye értelmében ellenkező jellel ható, tehát negatív elektromótoros erő támad, a mely a parelektronómiás terület erejéhez algebrailag adódik»,³ úgy ezen utóbbi magatartást a mesterséges harántmetszettel szomszédos terület egy olyanformán megváltozott molekuláris elrendeződésének kellene betudni, a melynek következtében az előzetesen, a parelekto-

¹ Archiv f. Anat. u. Physiol. 1870. p. 633.

² I. h. p. 538.

³ I. h. p. 539.

nómia folytán negatív elektromótoros erő most pozitív elektromótoros erővé változhatna át, míg mi a parelektronómiáról alkotott felfogásunk szerint e tüneményt a mesterséges keresztmetszeten az elektromótoros molekulák polaris irányulása oly módosulatának tartjuk, a melynek következtében a hossz- és harántmetszet közt azon polaris ellentét jön létre, a mely a pozitív izomáramot előidézi.

Mi tehát az izmot természetes, érintetlen állapotában sem képzeljük áram nélkül valónak még azon esetben sem, a midőn az külsőleg elektromótoros irányban hatástalannak látszik is, sőt mi éppen határozottan Du Bois REYMOND-nak azon különböző oldalról ugyan megtámadott, de meg nem döntött álláspontján vagyunk, s annak értelmében az élő izom belsejének oly elektromótorosan ható elemeket tulajdonítunk, a melyeknek polaris elrendeződésétől függ, hogy kifelé ezen elektromótoros erő miként nyilvánul. Mi ezen hypothezistől csakis az elektromótoros molekulák poláris irányulását illetőleg s csak annyiban térünk el, hogy mi azon állapotot, a mely mint a parelektronómiának legmagasabb foka nyilvánul, a természetesnek tekintjük, s felveszszük, hogy a sértetlen állapotban az egész izomrost hosszában, annak végeig egyenlő peripoláris elrendezésben vannak a molekulák, e mellett azonban felveszszük azt is, hogy az egyszerűen, vagy talán kissé összetettebben alkotott peripolaris csoportok egymás felé a negatív helyett a pozitív polusukat fordítják és az egész sor mindkét természetes rostvégen egész csoportokkal s szabad pozitív végpólussal záródik. Csak a rostvégek pólusjellegét s így az egész izomréteget illetőleg tér el a mi nézetünk, míg az izomrost hosszanti oldalainak megfelelő hosszmetszet ugyanazon elektromos feszültséget tartaná meg, mert ezen metszet felé a mi felfogásunk szerint is éppen úgy fordulnak a pozitív, mint negatív oldalai a legalább legnagyobb részben peripolárisan elrendeződött izommolekuláknak. Ebből származik aztán a különben legnagyobb fokú parelektronómiának tulajdonított negatív áramirány a hosszanti metszettől a keresztmetszethez, annál inkább csökkenő áramerővel, minél több rostja egy izomnak vesztette el a végén a természetes állapotot, a midőn a molekuláknak megváltozott polaris irányulása mellett azok többé nem pozitív, hanem negatív polussal végződnek. Ha ezen változás a rostok többségében áll be, úgy az izomáram az ellenkezőre (a melyet általában normálisnak tartanak) csap át, a mely azonban alapjában mindig csak következése egy vagy mesterségesen alkotott, vagy természetes okokból előállott helyzetnek.

A hosszmetzettől, vagy a harántmetzettől egyedül elvezethető áramok (ú. n. gyenge elrendezés) magyarázata ellenében, úgy vélem, nagyobb nehézségek ezen alapon sem gördülnek, úgy hogy ezen tétel is ugyanazon segédeszközök mellett értelmezhető, mint az eddig divott hypothezis alapján.¹ Épp oly kevésbé szükséges a lejtő áramok (Neigungsströme) magyarázatának módosítása. De az izgatásnak terminális utóhatása más értelmezést kíván ezen felvétel alapján. Mert mihelyest mi a parelektronómiás állapotot tekintjük a normálisnak, csak azon esetben tarthatnók a parelektronómiát és a terminális utóhatást azonosnak, ha mi az izgatásnak a rostvégekre a normális állapotot visszatérítő hatást tulajdonítanánk, ezt azonban nem lehetne megegyeztetni avval az utóhatással, a melyet az izgatás az egész izomtömegre mint belső utóhatást gyakorol. Ezen látszólagos ellenmondás azonban mindjárt megszűnik, ha meggondoljuk, hogy az izommolekulák polaris elrendeződése a természetes és mesterséges harántmetszeten különböző, s így ezen harántmetszetek elektromótoros viszonya az izgatás által szintén eltérőleg fog módosulni, s ha megengedjük továbbá, hogy a tapasztalataink szerint s felvételünk értelmében normalis parelektronómia igen könnyen megsemmisíthető, míg a mesterséges harántmetszet molekuláris elrendeződése erősebb behatások eredménye, s csak is megfelelő erősebb külső beavatkozások által szüntethető meg. Ennek értelmében az elektromótoros molekulák poláris irányulását a természetes, normális állapotban könnyen, már az egyszerű izgatásra, megváltoztathatónak véljük — a mire különben a nemleges áramingadozás is mutat — míg a mesterséges harántmetszeten a poláris irányulás az izgatásnak még ellenáll, s ez által még nem vihető vissza normális elrendeződésébe, sőt éppen ellenkezőleg az izgatás csak még fokozza s megerősíti ezen nem normális irányulást.

A természetes és mesterséges harántmetszetnek elektromótoros feszülési viszonya a hosszmetsethez, továbbá a természetes harántmetsethez viszonyítva a mesterséges harántmetszetnek, a fennálló állapot mellett való nagyobb ellenálló képessége: előttem elégségesnek látszik nemcsak az ingerlés utóhatásának, hanem a negatív áramingadozás megjelenésének is, a Du Bois REYMOND² által pontosan jelleg-

¹ Du Bois REYMOND i. h. p. 111.

² I. h. p. 423.

zett tulajdonságok alapján, a harántmetszet állapotából való értelmezésére.

A mi első sorban a nemleges áramingadozást illeti, értelmezni s várni lehet, hogy:

1. a míg egy positive poláris, de elektromótoros magatartásában ingadozó, természetes harántmetszeten a nemleges áramingadozás annyira érhet el aránylag magasabb fokot, hogy mint teljesen negatív léphet elő, addig a mesterséges harántmetszeten, annak változatlan nemlegességével szemben a tevőleges áram nemcsak hogy nemlegessé nem válhat, de még csak nulláig sem csökkenhet, mert a hosszmet-szet még ingadozásai alatt sem érheti el a keresztmetszet negativitá-sát, s ezért itt a negatív áramingadozás csekélyebb mértékben jelen meg. Evvel ellentétben, de ugyanazon okból

2. a negatív áramingadozás mesterséges harántmetszetenél absolute nagyobb lesz, mint a természetesnél;

3. magyarázatát leli a nemleges áramingadozás ingadozóbb lefolyása a természetes harántmetszet mellett, s egyenletesebb menete a mesterségesnél, azon körülményben, hogy amott az elektromótoros feszültség úgy a hosszmet-szeten, mint a harántmetszeten az egész izgatás alatt folyton ingadozóbb, míg emitt csakis a hosszmet-szeten ingadozhat, a harántmetszeten pedig állandó marad.

4. A mi pedig a természetes harántmetszetenek a mesterségeshez viszonyítva hosszabb és erősebb utóhatását illeti, úgy ezen tekintetben felhozható, hogy a sértetlen izomban az izgatás folytán az elektromótoros képesség és a molekulák póláris irányulása az izomrost egész hosszára, tehát a természetes harántmetszetig terjed ki, míg a mesterséges harántmetszeten ez már nem jöhet létre. Ilyenformán a tünetmények magyarázatára az az egy utóhatás elégséges, a mely az izom tömegében izgatás által lett kiváltva, s az izomrost tartalmának savanyúvá lételéhez van kötve, a mely ingadozásaiával mindaddig észlelhető marad, a míg a levezetés helyéül szolgáló természetes harántmetszet elektromótoros állapotában ugyanazon ingadozásoknak marad alávetve, mint a többi izomtömeg; a mesterséges harántmetszettel, tehát egy sokkal erősebb külső behatás által megváltoztatott állapottal szemben azonban kevésbé s csak addig lesz észlelhető, a míg egy bizonyos mérték alá nem süllyed.

Az eddig felhozottakban alig lehetne valamit találni, a mi az izmok villamosságának eddig ismert sajátásával megegyeztethető nem volna, s mi is felveszszük, hogy már a sértetlen izomban, annak

természetes harántmetszete elektromótoros tulajdonságokkal bír, a mely véleményünk szerint külső beavatkozásokra annyiból változhat meg, hogy az eredetileg negatív, különben a parelektronómiának tulajdonított izomáram vagy gyengébb lesz, vagy éppenséggel pozitív irányúvá is válik.

De bár mennyire is lássanak a deductio által kifejtett érvelések már magukban véve s egymással való összefüggésükben méginkább felvételeim támogatására alkalmasaknak, csak a kísérlet azon tér, a melyen a bizonyítást szilárd alapra fektetni lehet.

(A kéziratban itt következnek a kísérleti eljárások és eredmények összeállítása, de ezek nagyobb részt csak czeruzával s vázlatosan vannak fogalmazva, s hiányosak is, úgy, hogy e munkának nagyobbik s nem kevésbé tanulságos részlete nem közölhető.)

POLYDROMOMOTOR.

(ÉLETTANI JELZÉSEKRE SZOLGÁLÓ MOTOR.)

Azon körülmény, hogy úgy élettani, mint általában természet-tani vizsgálatoknál, melyeknek tárgyát mozgási tünetmények és ezeknek időbeli lefolyása képezik, a jelzésre szolgáló felületnek oly sebességgel kell birnia, hogy az a feladat minősége szerint nemcsak az arra alkalmas eszközökhöz mérve, hanem még ugyanazon készüléknél is tágas határok közt változtatható legyen: arra indított, hogy tekintettel kiválóan az élettani kívánalmakra oly motort szerkesztszék, mely a különféle jelző készülékekkel összekapcsolva, azokat a célnak megfelelő sebességgel mozgassa, e mellett egyszersmind még azon feltételnek is megfeleljen, miszerint az ne legyen állandóan ugyanazon helyhez kötve, hanem legyen kényelmesen oda elhelyezhető, a hol épen a fenforgó egyéb körülményeknek megfelelőleg a vizsgálat végrehajtandó.

Ez utóbbi körülménynél fogva a motor hajtására már minden oly erőnek alkalmazása ki volt zárva, a mely bár tágas határok közt változtatható szabályozást engedett volna meg, mégis, mint a gáz, vagy a víz biztosan elhelyezett erős falzatú csövezetet igényelvén, ez által a gépnek áthelyezhetését is kizárta volna. Miután továbbá a villamosság, nemcsak az ez idő szerint még eléggé le nem küzdött gyakorlati nehézségek miatt, hanem még azért sem volt a kitűzött célra alkalmazható, mert mint nem közvetlenül a természet által szolgáltatott, hanem másodlagosan előállított, és épen azért bizonyos előmunkálatokat igénylő erő, az rendelkezésünkre sem áll oly közvetlenül, idő- és helytől függetlenül, mint a hogy azt a gépünk elébe tűzött és fentebb jelzett cél megkívánta, ennél fogva választásunk csak még két erőre szorítkozhatott, arra t. i., a mely

a megfeszített rugó vagy a felvont súly által szolgáltatható, és a mely, ha elfogyott, mindenhol ismét könnyen megújítható.

Tekintettel pedig arra, hogy a rugóhoz képest a súly megfelelő nagyságban alkalmazva nagyobb erőt, egyszersmind azonban a súlynak változtatása mellett tágas határok közt is változtatható erőt képes szolgáltatni, s ennek nagysága egyedül csak a súlynak nagyságától függő, míg ellenben a rugó idővel mindinkább gyengülő rugalmassága folytán erejében is gyengül, sőt még azalatt, hogy feszültségéből a meglazult állapotba átmegy, ereje is folyton változik, azért mind e viszonyok arra indítottak, hogy gépemnél hajtóerőképen a súlyt és nem a rugót alkalmazzam.

Azon feladaton kívül, hogy a készülék mint hajtógép más gépeket is birjon a megfelelő sebességgel forgatni, még azon további feladatot is tűztem elébe, hogy a közvetítő tengely, mely a gépnek mozgását más egyéb készülékre átruházza, legyen úgy függőleges, valamint vízszintes irányban beállítható és mindenikben tetszés szerint kétféle oldal felé forgatható, tehát jobbról balra és megfordítva, illetőleg föl- vagy lefelé.

Miután így az elembe tűzött feladatot kijelöltem, áttérek most a következő pontok alatt a készülék hajtó gépezetének és a hozzá idomított mellék-készülékek leírására, a mely utóbbiak a jelzésre szolgáló felületekkel vannak ellátva.

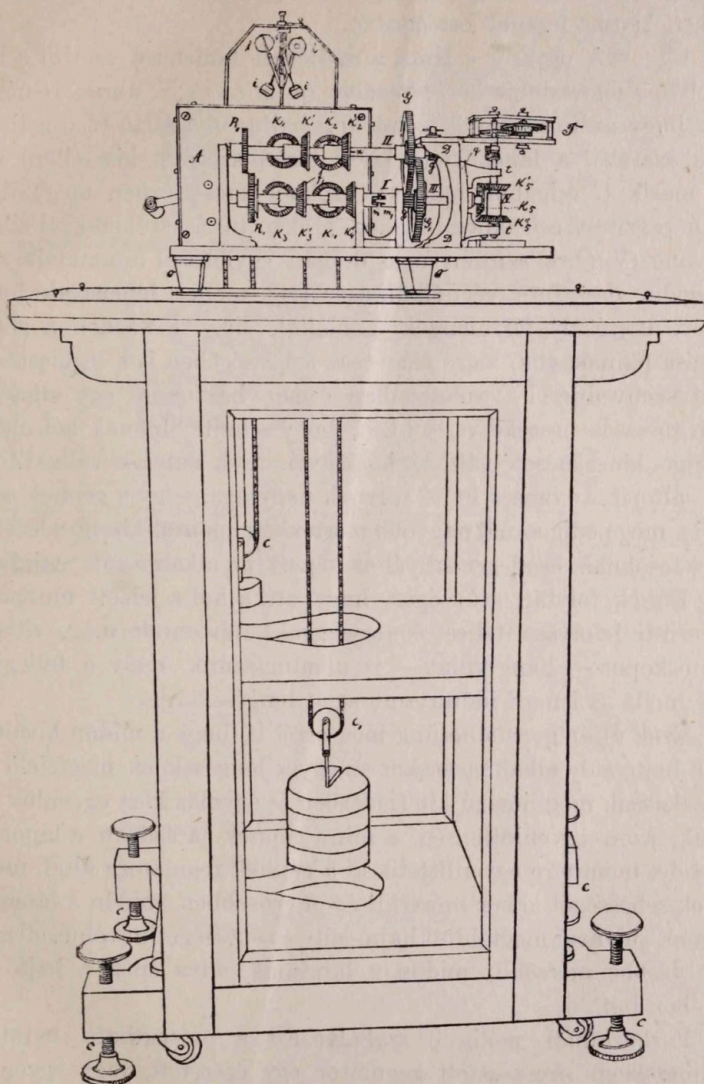
1. A hajtó gépezet.

A gép, mint az I. ábrán látható, egy keményfából készült szekrényszerű, és üveges ajtókkal ellátott erős állványon van elhelyezve, mely a négy, karikás lábon eltolható és ugyanannyi *c c c c*-vel jelzett csavarlábban a megfelelő helyen úgy rögzíthető meg, hogy az állvány tábla-lapja pontosan vízszintes síkban álljon, a szoba padlójától mintegy 1.14 m. magasságban, ez a hajtó-súly számára elégséges esési tért szolgáltat.

A készüléknek tulajdon alap-lapját a mindenütt 1.5 cmt. vastag öntött vaslemez képezi, mely hosszú négyszög alakban 57.5 cmt. hosszú és 25 cmt. széles, a jobboldali rész kivételével (V. ábra s-nél), hol az alap-lap úgy van kivágva, hogy az itt előugró rész csak 17 cmt. széles.

Ez alap-lap négy oszloplábon nyugszik (II. ábra *o, o*), melyek két vassínhez vannak erősítve, ezek pedig csavarokkal a fatáblához rögzítve.

E vaslapon van a vaslemezekből összeállított *A* szekrény (I. ábra) szilárdan elhelyezve, s ez a hajtó gépezetet foglalja magában, melynek



I. rajz.

egymásba fogódzó kerekei a szekrény oldalain úgy elől, mint hátul kiálló, s vízszintes síkban fekvő tengelyek körül forognak.

Hajtó súlyképen öntött vaskorongok szolgálnak, melyeknek súlya egyenként 4 klg., ezek külön-külön, vagy többet egymásra rakva a c_1 csiga (I. ábra) közbejárulásával a Galle-féle izületes vasláncz által képezett kacsba lesznek beakasztva.

Úgy van ugyanis e láncz a mellékelt fametszet szerint a hajtó tengelynek fogas dobja körül vezetve (mint az az V. ábrán R -nél látható), hogy az innen egyik szárával a hajtó-súlyt tartó C_1 csigához, a másik szárával a láncz kellő kifeszítésére szolgáló kis (ellen) súlyt tartó másik C csigához haladva, ezeknél kacs-szerűen meghajlik és fölfelé rögzített csigákhoz haladva, ezeken túl a zárókerékkel ellátott h felvonó (V. ábra) szintén fogas dobján egymással összetalálkoznak. E magába visszafutó végnélküli szerkezet mellett lehetséges, hogy a lefutott hajtósúly felvonassék a nélkül, hogy e közben a gépnek mozgása fennakadna, vagy akár csak sebességében is a legkisebb változást szenvedné el. Van azonban e nagy haszonnal egy elháríthatatlan rossz is összekötve, az t. i., hogy a hajtó dobnak két oldalán lecsüngő lánczkacsok változó hosszával, azok súlya is változván, ez által változik az összes hajtó súlynak nagysága, s így a gépnek sebessége is, még pedig annál nagyobb mértékben, mentől kisebb a lecsüngő lánczkacsoknak esetleges súlyához képest az alkalmazott hajtó-súly.

Ennek folytán szükséges, hogy ott, a hol a jelzett mozgásnak időszerinti lefolyása teljes pontossággal határozandó meg, villamos chronoskopot — hang-villát — is alkalmazzunk, mely a följegyzett görbe mellé az ismert időtartamú saját lengéseit írja.

Ezek útján győződhetünk meg arról is, hogy a midőn kivált nagyobb hajtó-súly alkalmazásakor az egyes lengéseknek megfelelő hullámszakaszok még hosszú kiterjedésben is egymás közt egyenlők maradnak, azon egyenlőtlenség, a mit a gépnek járásában a láncz feltételezne, mennyire egyenlített ki a gépnek regulatora által, mely a gépnek sebességét akkor mérsékli épen erősebben, midőn a láncz egy részének súlyával megtoldott hajtó-súly a sebességet növelné, ellenben ezt kevésbbé mérsékli, midőn a láncznak súlya épen a hajtó-súly ellenében hat.

Eszközölheti pedig e szabályozást a mozgatható parallelogrammszerűen szerkesztett regulator egy összetett, vagy egyenként háromféle — az ábrákból könnyen megérthető — módon, ú. m.: 1. a centrifugalingaszerűen ható és rúdjaikon feljebb vagy lejjebb állítható ii súlyok által (I. ábra); 2. a szintén különféleképen beállítható, vagy levehető szélfogó ll lapok által; végre 3. az ss tekercs-

hogy a sebességet, mely mint előbb említettett, már a hajtósúlyok által bizonyos határok közt változtatható, még tovább a regulator által is megváltoztathassuk.

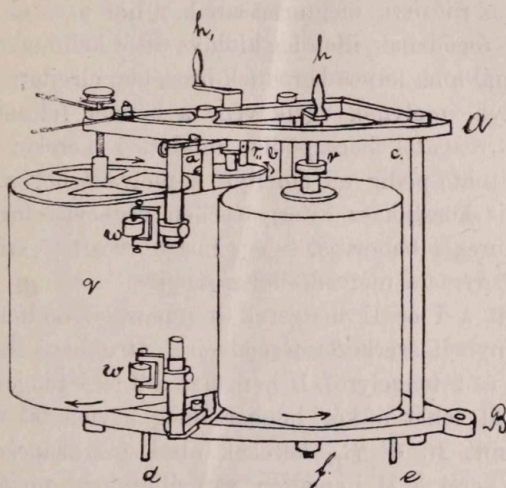
De mindennél még tágasabb határok közt és változatosabb fokozatok szerint lehet a sebességet módosítani, két más beállítás segítségével, melyek a jelzésekre szolgáló ilyenmű készülékeknél eddig is már alkalmazást nyertek.

E beállítási módok elseje azáltal lenne létesíthető, hogy oly közvetítő hengerek alkalmaztatnának, melyek egyike a motor hajtó tengelyével, másika pedig a forgásba hozandó készülék tengelyével volna összekötve, míg maguk a hengerek egymásra merőleges irányban állítva úgy lennének összekapcsolva, hogy az egyiknek végére korong volna erősítve, mely lapjával ennek hosszára merőlegesen állna, a másik henger hosszában pedig, egy csiga lenne eltolható és megfelelő ponton rögzíthető, ezen csigakerék hengerfelületű kerületével az előbbi korong felületéhez és pedig annak központjához kisebb vagy nagyobb távolságban volna oda nyomható, minek folytán a korong és a csiga egymáson surlódva, képesek lennének kölcsönösen egymást forgatni, még pedig különböző sebességgel azon viszony szerint, a melyben a csiga átmérője azon körnek átmérőjéhez áll, a melynek pályáján a korong felületének beállítása szerint a csiga épen előhalad.

Tagadhatatlan, hogy e szerkezet mellett igen kényelmesen és tág határok közt lehet a sebességet változtatni; mindazonáltal mégis csak ott lehet azt alkalmazni, hol sem a forgásba hozandó jelzőkészülék jelentékenyebb ellenállást már magában is nem okoz, sem pedig a sebesség, a mit tőle igényelünk, nem igen nagy, mert mihelyt a bármiképen okozott ellenállás túlhaladja a korong és csiga közötti surlódást, csúszás váltja azt fel, amidőn már az egyik felület nem követi folytonosan a másikat, hanem attól ismételve visszamarad; ez pedig csak úgy zárható ki, ha a két felület még nagyobb erővel nyomatik egymáshoz, ámde ennek folytán kellene, hogy arányban a növekedett összes ellenállással növeljük magát a gépnél alkalmazott hajtóerőt, valamint hogy magát a gépet nagyobb méretek szerint, erősebben alkossuk. Minthogy azonban e követelmények a feltételekkel ellenkeznek, miket, mint fentebb jeleztem, a gép elé szabtam, azért ennél a sebesség megváltoztatásának most említett módja, surlódó korong útján, sem volt alkalmazható.

A mi pedig a változtatásra szolgáló másik módot illeti, úgy az eszközölhető vagy oly közvetítő tengely által, mely tetszés szerint a

hajtógépnek különböző sebességgel forgó tengelyei valamelyikével kapcsolható össze, mint pl. a MAREY által szerkesztett kymographiumnál, melynél azonban hátrányos az, hogy a dobát viselő közvetítő tengelynek a különböző hajtótengelyekre való áthelyezése szerint változtatni kell azon készülékek elhelyezését is, melyek útján a jelzés a dob felületén végbevitetik; vagy pedig eszközölhető e módosítás ama másik módozat szerint, melynél a gépnek két egymásután következő tengelye oly kettős kerékkel van ellátva, melynek segédelmével az egyik tengelynek nagyobbik kereke összekapcsolható a másiknak kisebb kerekével, valamint megfordítva is; mint pl. a BOLZEN által



III. rajz.

szerkesztett LUDVIG-fél kymographiumnál. Ekképen is lehet, ha nem is oly sokféle fokozatok szerint, mint a surlódó korong segítségével, de mégis elégséges változatossággal, különösen pedig egymástól jelentékenyen különböző határok közt a sebességet módosítani.

Mindkét utóbb említett módozatnak elvét egyesítve azokat akképen módosítva alkalmaztam az általam szerkesztett gépemnél, hogy lehetséges a jelzésre szolgáló készüléket tágas határok közt változtatható sebességgel úgy függőleges, valamint vízszintes tengelyek körül és mindenikkel egyik vagy másik oldal felé a hajtógéppel forgatni. Ezen célra a következő szerkezet szolgál.

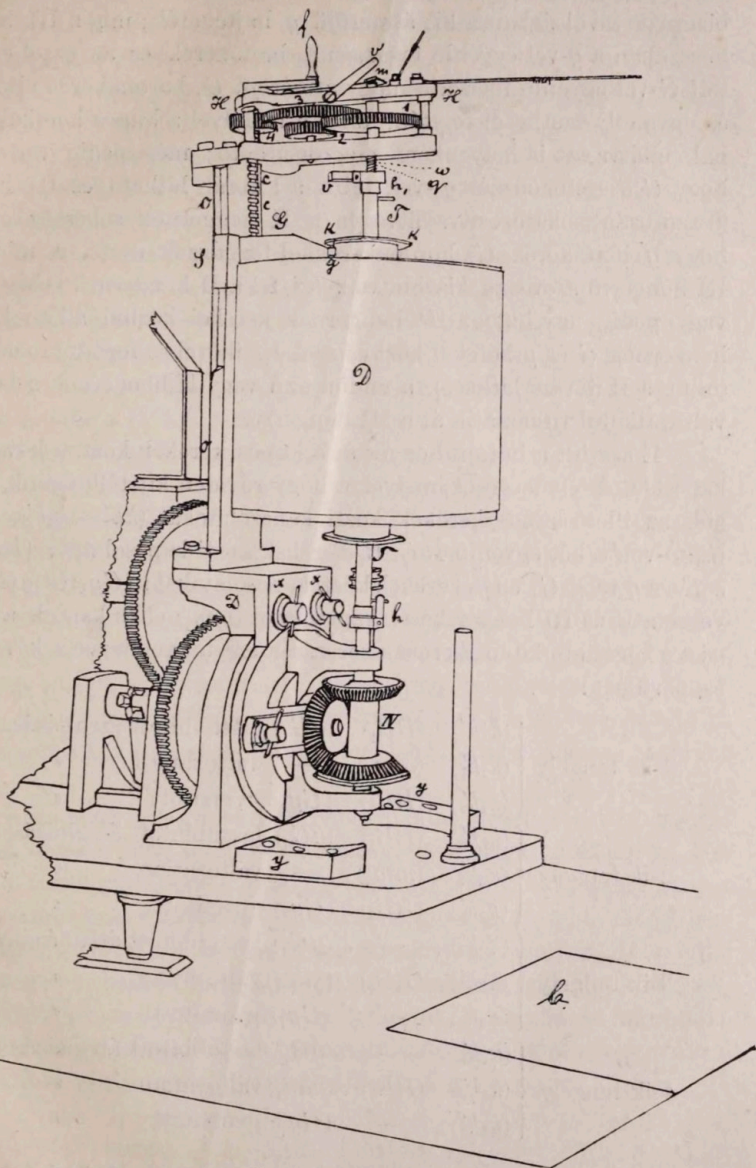
A hajtógép kerekzetének négy tengelye oly hosszú, hogy azok a

szekrény oldalain, melyek tengelyágyakképen szolgálnak, az egyikén 2·5 cm-t. a másikon 3 cm-t-re kiállanak. E kiálló tengelyvégekre bizonyos czélokra szolgáló egyéb géprészek erősíthetők. Nevezetesen pedig a hosszabb végekhez a $k_1k_2k_3k_4$ -el jelzett kúpos kerek (II. ábra) vannak erősítve, melyek egyenként összekapcsolhatók a velük egyenlő más négy $k'_1k'_2k'_3k'_4$ kúpos keréssel, ez utóbbiak, az egymással párhuzamos, a kerekzet tengelyeire pedig merőleges irányban fekvő (I, II) hengerek (Walze) hosszában forgatás nélkül eltolhatók, lévén e hengerek vezető árkokkal ellátva, melyekbe a kerekhez tartozó vezető cső felől beillő szög nyomul elő, miáltal a kerek mindig a hengerekkel összekapcsolva tartatnak. Arra pedig, hogy az eltolható kerek épen azon pontokhoz rögzítve megtartassanak, a hol azok az illető másik kúpos kerékbe fogódznak, illetőleg kioldva attól kellő távolságban tartassanak, szolgál ama kúpos keréknek üregében elrejtett, ellenrugóval ellátott emeltyű, melynek egyik vége a henger felületén meglevő mélyedésekbe magától becsapódik, mialatt a kereket a hengeren eltoljuk; kiváltható pedig az emeltyű a mélyedésből azon fedéllapnak (f_1) egy kis körszakasz kiterjedésében végbevitt forgatása által, mely a kerék üregét beborítja, és egy hozzá erősített szög segítségével az emeltyű végét a mélyedésből kiemeli.

Így tehát a I és II hengerek mindenkére kétféle sebességet lehet a szekrénybeli szerkezet tengelyeiről átruházni, és pedig az I hengerre az 1 és 2 tengelyről, II hengerre a 3 és 4 tengelyről.

Azonkívül lehet e két hengert még egymással is a teljesen egyenlő fogazott R_1 és R_{11} kerek által összekapcsolni, melyek közül az R_{11} kerék a II hengeren van állandóan megrögzítve, míg az R_1 kerék az I hengeren épen olyan szerkezet mellett, mint a minő előbb a kúpos kerekénél említve volt, eltolható és azon két helyzetben, melyekben az a másik kerékkel összefogódzik, illetőleg attól elválasztva van, megrögzíthető. Ez által lehetséges az I és II hengernek kétféle sebességét kölcsönösen az egyik hengerrel a másikra átruházni.

Ezenkívül összekapcsolható még az I henger közvetlenül, a II henger pedig az I hengernek közvetítése mellett egy az utóbbi hengernek folytatódó irányában fekvő (III) hengerrel, m és m_1 kapcsok által, melyek közül m állandóan rögzítve van, m_1 pedig eltolható, úgy hogy az fogaival a másik rész fogába fogódzik, vagy (mint az ábrákon) attól különválasztva áll. Ekképen tehát a III hengerre már négyféle sebességet lehet átruházni. Ezenfelül a II henge-



IV. rajz.

ren megrögzítve van még a nagy átmérőjű G koronakerék és attól bizonyos távolságban a kis átmérőjű g hajtókerék; míg a III henger hosszában a g -vel egyenlő fogazatú g_1 hajtókerék és az ezzel egyesített G -vel egyenlő fogazatú nagy átmérőjű G_1 koronakerék eltolható és ugyanoly szerkezet folytán, mint a melylyel a kúpos kereknek vannak ellátva, az is helyenként megrögzíthető; még pedig vagy úgy, hogy G összefogódzzék g_1 -vel, mint a I ábrán látható és III henger (6-szorosan) sokszorosítva átvegye a II hengernek sebességét, vagy hogy g hajtókerék G_1 koronakerékkel fogódzzék össze, a midőn a III henger 6-szorosan kisebbítve veszi fel a II hengernek sebességét; vagy pedig úgy hogy a III hengernek kerekei közül álljanak a II hengernek G és g kerekei közt és ezek egyikével se fogódzzanak össze (mint a II ábrán látható), a midőn az I vagy II hengernek sebessége változatlanul ruháztatik át a III hengerre.

E szerint a három henger és a kúpos kerek közt, a következő kapcsolatok lehetségesek, melyeket hogy röviden kijelölhessünk, jelezzük az illető kúpos kerek közti kapcsolatokat (kk'_1) , $(k_2k'_2)$, $(k_3k'_3)$, $(k_4k'_4)$ -vel, a két egyenlő R és R_1 kerek közti kapcsolatot: (RR_1) -el, a G és g meg G_1 és g_1 kerek közti kapcsolatokat: (Gg_1) és (gG_1) -vel, végre a II és III henger közti kapcsolatot (mm_1) -el és kapjuk a mozgást szolgáltató kúpos kerek sorszáma szerint rendezve a következő csoportokat:

1-ső tengely	$(k_1k'_1)$	(RR_1)	(gG_1)	lassubbitott átruházással	
	$(k_1k'_1)$	(mm_1)	—	változatlan	«
	$(k_1k'_1)$	(RR_1)	(Gg_1)	gyorsított	«
2-ik tengely	$(k_2k'_2)$	(RR_1)	(gG_1)	lassubbitott átruházással	
	$(k_2k'_2)$	(mm_1)	—	változatlan	«
	$(k_2k'_2)$	(RR_1)	(Gg_1)	gyorsított	«
3-ik tengely	$(k_3k'_3)$	—	(gG_1)	lassubbitott átruházással	
	$(k_3k'_3)$	(RR_1)	(mm_1)	változatlan	«
	$(k_3k'_3)$	—	(Gg_1)	gyorsított	«
4-ik tengely	$(k_4k'_4)$	—	(gG_1)	lassubbitott átruházással	
	$(k_4k'_4)$	(RR_1)	(mm_1)	változatlan	«
	$(k_4k'_4)$	—	(Gg_1)	gyorsított	«

E szerint a hajtó gépezet minden egyes tengelyének mozgása háromféle sebességi fokozat szerint ruházható át III hengerre és a lehetséges csoportosítás összes száma tizenkettő. Meg kell azonban

jegyeznünk, hogy a magasabb fokú sebességeknek megfelelő csoportosításakor szükséges, hogy a növekedett akadályoknak megfelelőleg nagyobb hajtó súlyok is alkalmaztassanak.

A III hengernek azon végén, mely a tengelyágy és állványképen szolgáló öntöttvas darabon (*DD* II. ábra) kifelé esik, megint egy a többiekkel teljesen egyenlő fogazatú k_5 kúpos kerék van erősítve, ez azon két másik kúpos kerék $k'_5 k''_5$ egyikével kapcsolható össze, melyek a III hengerre merőleges irányú IV hengeren alkalmazott és azon ide-oda tolható rézcső által vannak egymással állandóan összekötve, és a melyek e rézcsővel együtt azon rugós kiemelő szerkezet által, melyet hasonlóan mint a többi beállítható kúpos kerek a k''_5 kerék is rejt üregében, a IV hengeren megfelelő helyen rögzíthetők.

Ez által eszközölhető, hogy a szerint, a mint a III hengernek kúpos kereke a IV hengernek k'_5 , vagy a k''_5 kerekével fogódzik össze, a IV henger az egyik vagy másik irányban forogjon.

Az utóbbi hengernek két tengelyágya tt_1 a qq_1 gyűrűhöz van erősítve, mely utóbbi kúposan kivágott belső kerületéről egy másik kúpnak külső kerülete körül forgatható, ezen kúp a *DD* állványnak (II. ábra) külső oldalához van erősítve; ily módon lehetséges a tengelyágyakat viselő gyűrűt forgatni és az e karokon áthatoló és szabad kézből kezelhető csavarokkal¹ úgy beállítva rögzíteni, hogy a IV henger vagy függőlegesen mint a IV ábrán, vagy vízszintesen mint az V ábrán álljon; mely állások mindegyikében, mint könnyen érthető, a IV henger a két ellenkező irányú forgások mindenkéire és egyaránt képes.

A sebesség, melylyel a IV henger, mint a melynek közbenjárásával a motor más készülékeket mozgathat, maga körül forog, illetőleg a körülforgásának száma egy perc alatt, midőn ama henger még semmi más készülékkel összekötve nincs, a fentebb megkülönböztetett kapcsolatok szerint és a legkisebb súly mellett, mely épen még a motort hajtani bírja a következő táblán van feltüntetve, ugyanott jelezve a tengelyeket a sorszámok szerint, az átruházás háromféle, ú. m. lassított, változatlan és gyorsított módját *a*, *b*, és *c*-vel, végre a súlyokat az alkalmazott vaskorongok számával:

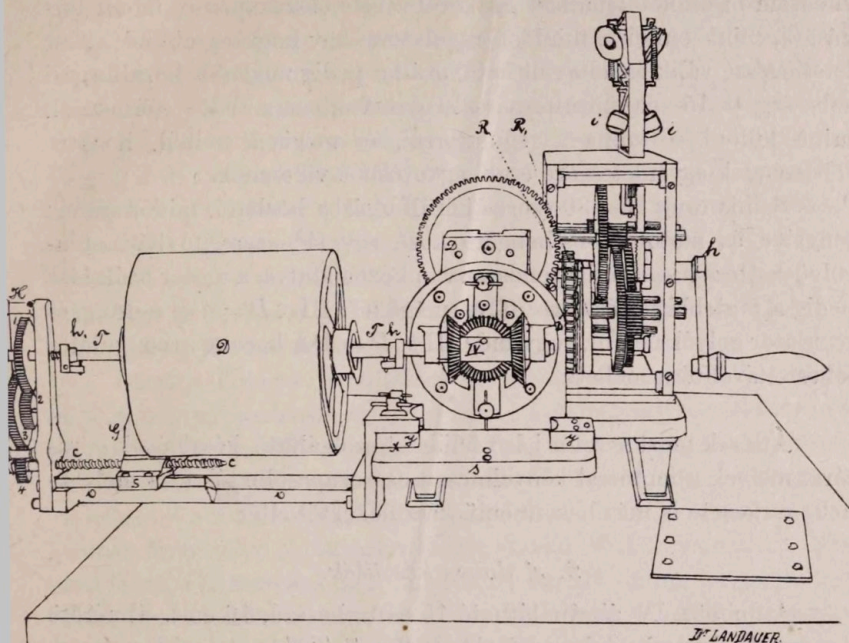
¹ E csavarok jelzése a rajzokon tévedésből elmaradt, jól láthatók azonban a IV. és V. ábrán.

Legkisebb hajtósúly	A hajtótengely sorszáma	Az átruházás módja	Egy körülforgás ideje	A körülforgások száma egy perc alatt
1	I	<i>a</i>	33 perc	0,03
1		<i>b</i>	5 "	0,02
2		<i>c</i>	0,466 "	2,10
2	II	<i>a</i>	5,5 perc	0,18
2		<i>b</i>	0,908 "	1,07
2		<i>c</i>	0,166 "	6,00
2	III	<i>a</i>	1,0 perc	1,0
2		<i>b</i>	0,166 "	6,0
3		<i>c</i>	0,025 "	39,0
3	IV	<i>a</i>	0,183perc	5,40
4		<i>b</i> { ingasúlyok nélkül	0,216 "	44,0
5		<i>c</i>	—	—
A legnagyobb sebesség elérhető a következő beállítással:				
4	III	<i>c</i> { ingasúlyok nélkül	0,018perc	54,0

De növelhető a sebességi fokozatok száma még tovább az által, hogy az alkalmazott minimális súlyok helyett, a közbeeső kombinációknál is a többi nagyobb súlyokat alkalmazzuk, melyeket a gép kár nélkül elviselhet.

A határértékekre nézve pedig megjegyzendő, hogy a több mint egy félóra ra terjedő ideje egy körülforgásnak már igen alacsony foka a sebességnek, de a mint tovább látni fogjuk, ezen idő tulajdonképpen még nem képezi valamely hosszabban tartó folyamat szakadatlan följegyzésének végső határát, hanem lehet azt a 4-szeres értékére is kiterjeszteni; szintúgy a sebesség fentebbi legmagasabb értéke, melyet a gép IV tengelye útján valamely jelző készülékre ruházhat, sem képezi a végső határt, hanem növelhetjük még az által sebességet, hogy ama tengely és a forgásba hozandó készülék tengelye közé a szerint, a mint az megfelel e készüléknek, vagy egy toldalékos, 2—3 darabból álló kerekzetet vagy egy zsineges csigacsoportozatot iktat-

tunk. Így pl. az I ábrán *T*-nél látható kerekzet, mely a IV henggerrel van összekapcsolva és egy nagyobb (korona) kerékből és egy azzal összefogódzó kisebb (hajtó) kerékből áll, s ez utóbbinak tengelyére még egy körülárkolt csiga van erősítve, amely egy körülvezetett



V. rajz.

fonal által eszközli, hogy a csiga a rheotom tengelyén levő 5-ször kisebb átmérőjű csigával összeköttetve ezt forgásba hozza.

Miután pedig én is úgy, mint többen mások, azt tapasztaltam, hogy a rheotomnál a BERNSTEIN által alkalmazott kéneső contactus

többféle — itt nem taglalható — hátránnyal van összekötve, azért a villamos vezetést én is kéneső helyett ecetszerű szálak által eszközöltem, melyek körülforgásuk közben az illető felületekkel érintkezésbe jönnek; hogy pedig az érintkezés elég biztos legyen, kell hogy az illető részek elég erősen egymáshoz nyomuljanak; ez által pedig a rheotom hasonló ellenállást gyakorol a vele összekapcsolt motor forgására, mint ennek a tulajdon regulatora, úgy hogy ez utóbbi akkor feleslegessé válik és eltávolítható, ezáltal pedig nagyobb körülforgási sebesség — 15—20 körülforgással egy másodperc alatt — érhető el, mint különben volna a regulatorral, és mégis a nélkül, hogy a sebességnek egyenletessége csak legkevésebbé változnék.

Színkorong 25—30-szoros körülforgásba hozható, midőn annak tengelye és motor IV-es hengere közé egy (4^3)-szerezítő háromtengelyű hajtó zsineges csigarendszer van közbeiktatva, a motor beállítása pedig a fentebbi jelzést használva, megfelel: III *c*, $P = 4^{1/2}$ korong, és regulator golyók nélkül, vagy még III *b*, $P = 4^{1/2}$ korong és a regulator teljes eltávolítása mellett.

*

Áttérek most azon a jelző felületet szolgáltató készülékek leírására, melyek a motorral kényelmesen összekapcsolhatók és a melyeknek szerkezete is más hasonnemű készülékektől eltér.

2. *A dobos készülék.*

A dobót a IV ábrán látható 15 cmt. hosszú, 16 cmt. átmérőjű henger (*D*) képezi, mely az árokkal ellátott *TT* tengelyrúdon annak hosszában elmozdítható, de a dob felül az árokba ékelődő szög miatt, csak a tengelyrúddal együtt forgatható. A merőleges irányban fennálló tengelyrúdon bizonyos magasságban az által tartatik meg, hogy annak *kk* karimája *g* csigára támaszkodik, mely *G* kar végébe csavart tengely körül a forgó dob által forgatható. Maga a *G* kar *S* szánszerű darabhoz van erősítve, melylyel az az *OO* oszlopnak felső szakasza által képezett pályáján fel- vagy alászállítható. Ez pedig eszközölhető a *cc* csavarorsó segítségével, *f* forgatóval és így az egész dobót feljebb vagy lejjebb lehet állítani, mely állásban ez körülforgása alatt is megmarad. A *TT* tengelyrúd két végén csapokkal van ellátva, melyek a *hh*₁ kapcsolokon levő megfelelő mélyedésekbe illeszthetők be. A *h* kapcsolot képező gyűrű a IV henger felső végére van felcsavarva, oldalán pedig egy izületben járó villával van ellátva, mely felhajtott helyzetben a tengelyrúdból oldalt kiálló szöget fogja ágai közé, víz-

szintes irányban visszahajlított helyzetben pedig azt szabadon bocsátja, ezen két helyzetben a villa egy rugalmas lemez által tartatik meg, mely a kapocs gyűrűlapjára van csavarral erősítve és a villa izületi végére nyomást gyakorol. És ugyanígy van alkotva az ábrán felnyitott helyzetben látható h_1 kapocs is (ahol a v villa is látható), mely azonban az 1-el jelzett kerék tengelyében fel- és lefelé mozgatható rúdhoz lévén erősítve, maga is akképen mozgatható, hogy a dobot viselő TT tengelyrúdnak eltávolításakor vagy behelyezésekor a h_1 kapocscsal összekötött q rúd is felemelkedik, annak utánna pedig ismét lebocsátatik. Ez eszközölhető egy vékony rugalmas lemez által, mely hátulsó végével a H keretnek felső felületén m -nél csavarral van megrögzítve, elülsőbb végénél pedig q rúdnak felső végével úgy függ össze, hogy ez felemelkedik, midőn v emeltyű fölfelé fordíttatik, s ennek folytán ama lemez alá egy kis szög hatol; midőn pedig v emeltyűt lefelé nyomjuk, akkor lehúzza a q rudat az ennek alsó végét körülfogó w tekeresrugó, mely a rúdnak felvont helyzetében meg volt feszülve.

Ezen a dobnak beállítására és kiváltására, s a kellő magasságban való megtartására szolgáló igen kényelmes szerkezet utánzása az újabb LUDWIG-féle kymographiumoknál alkalmazott szerkezetnek. Míg azonban ez utóbbinál csak szabad kézből lehet a csavarorsó segítségével a dobot megfelelő magasságba helyezni, addig készülékemnél forgatható e csavarorsó úgy szabad kézből, valamint a gép által is, a HH keretnek két lapja közé foglalt három tengelyű kerékzet közbenjárásával, melynek első (1) kereke a saját kerékágyán átható q rúddal úgy van összekötve, hogy a rúd benne föl- és letolható, de forgást csak a kerékkel együtt tehet. E kerék fogószik a közbülső tengely (2) kisebb kerekébe, míg az ugyan-e tengelyen álló nagyobbik (3) kerék belefogószik a kisebb (4) kerékbe, melynek tengelyét a csavarorsó meghosszabbított tengelye képezi. Így e kerékzet útján a csavarorsó összeköttetésben van a dob tengelyrúdjával összekapcsolható q rúddal, úgy hogy mialatt a IV-es hengerrel összekapcsolt dob egy körülforgást tesz, az alatt a kerékzetbeli méretek folytán, a csavarorsó maga négyszer forog körül és 0.20 cmtarral emeli, illetőleg süllyeszti le a dobot. A dobfelületet érintő jelző e szerint egy vízszintes kör helyett tekerőző vonalat ír meg, melynek összes hosszúsága, azon nagyság kiterjedésében, melyben a csavarorsó hosszának megfelelőleg a dob süllyedhet, egyenlő négy kerület hosszával; és oly beállításnál, melynél egy dob körülforgás, mint fentebb említettett, egy félórát vesz igénybe, a négyszeres forgásnak megfelelő csavarvonal

megírása, illetőleg a megfigyelés alá vett folyamatnak szakadatlan följegyzése két teljes órát fog kitölteni.

Viszont lehet az alsó h kapocsnak felnyitása mellett az orsócsavart fogantyújánál fogva visszafelé forgatva a D dobot felemelni. Ha pedig az alsó kapocs h a dob rúdjaival van összekapcsolva, ellenben a felső h_1 kapocs ki van oldva, akkor azzal a felső kerékzet is ki van zárva, és a dob forgása közben ugyanazon magasságban marad meg.

A dob függőleges tengely körül való forgásakor alkalmas, hogy jelző felületül szolgáljon a LUDWIG-féle hæmodynamometer számára, melynek elhelyezésére egy a IV. ábrán is látható oszlop szolgál, amidőn azonban az asztal kivágásába (II ábra v) beillesztett lapot (IV ábra b) el kell távolítanunk.

A H kerethez rögzített vékony rudak arra szolgálnak, hogy azokon a golyós fonalak lecsüngjenek, melyek az úszóhoz erősített íróeszközt a dob felületéhez illesztve tartják.

És ugyanazon dobot lehet még úgy is elhelyezni, hogy az, miként az V ábra mutatja, vízszintes tengely körül végezze mindazon forgásokat, miket az, mint láttuk, függőleges tengely körül tehet. Ez áthelyezés akképen eszközölhető, hogy legelőbb a dobót tengelyrúdjaival kioldjuk, és az O (IV. ábra) oszlopot tartó könyökdarabot xx rögzítő csavarokat kihúzva a D állványról leveszszük és az alaplaphoz erősített y és y_1 lapok egyikére, a szerint, a mint a dobót egyik-másik oldalra akarjuk elhelyezni, átteszszük és xx csavarokkal ott megerősítjük; ennek utána pedig a motornak IV hengerét tengelyágyaival együtt úgy forgatjuk, hogy az a függélyes irányból a vízszintes irányba jöjjön; végre beillesztjük a dobót is tengelyrúdjaival a h és h_1 kapcsok közé és így összekötjük a IV hengerrel is. Ily helyzetben a dob különösen alkalmas hosszú sorú myographicus följegyzésekre, mint pl. nevezetesen az izom kifáradásának tanulmányozásánál.

Könnyen gondolható, hogy a TT tengelyrúdon a dob helyett körülárlólt csigát is rögzíthetünk azon czélból, hogy zsineget vezetve körül, azt valamely más készüléknek szintén csigával ellátott tengelyével kössük össze, és ezt ily módon a motor által mozgásba tegyük.

3. A papirtekercs-készülék.

E készülék, mely jelző felületképen egy végnélküli papirszalagot szolgáltat, áll, mint a II és III ábra mutatja: két darab három karú keretből A és B , melyek $a b c$ oszlopok által egymással úgy

tartatnak össze, hogy az ekképen alkotott állványt a motornak D támasztó darabjára és a két o_1 és o_{11} oszlopra állítani és ott megrögzíteni (II. ábra), vagy onnan levéve az állványt tulajdon lábaira (III. ábra d, e, f) állítani lehet. Az állvány két kerete közé három tengelyrúd van beillesztve, melyek közül az egyik alól csavarsúcsra van állítva, felső csapos végével pedig a kapcsoló gyűrűbe g beillesztve (II. ábra), mely a már fentebb említve volt gyűrűs kapcsok szerkezetével ellátva, a h forgatóval forgatható r rúdnak alsó végéhez van erősítve.

Az ezen tengelyrúdhhoz erősített fémcylinder szolgál a papirtekercs p tartására, melynek közepén tehát a rúd átvonul. Innen a papirszalag q a 16 cmt. átmérőjű és alsó szélén 3 mm. széles karimával ellátott dob körül van vezetve, melynek tengelyrúdja két csavarsúcs között foroghat. A dobtól tovább folytatódik a papirszalag a kijelölt nyílak iránya szerint (III. ábra) a csak 4-7 cmt. átmérőjű szintén keskeny karimájú q_1 dobra (II. ábra), mely hosszában fel van hasítva, úgy hogy a résbe a papirszalagnak behajtott vége betolható és ezáltal abban megrögzíthető. E hengernek alaplappja két nn karikára támaszkodik, melyek az állvány keretéhez erősített fémlap (II. ábra z) két oldalán becsavart tengelyek körül forognak, mialatt a rájuk támaszkodó doblap saját tengelyrúdján forog, ez utóbbinak alsó vége szabadon áthatol a z koczkának és állványkarnak nyílásán épen a IV henger irányában, melynek kapocsgyűrűjével az összeköthető; míg ugyan e tengelyrúdnak felső csapja összekapcsolható a felső kereten áthatoló r_{11} rúddal, mely szintúgy mint az előbb említett r_1 el van látva h_1 forgatóval. Ekképen a IV hengerrel összekapcsolt q_1 dob forgásba tétetvén e henger által, maga körül tekeri a q dob felől jövő papirszalagot is, mely a dob felületén surlódva, ezt is forgatja, valamint tovább még az első tengelyrúd körül forgó papirtekercset is. Ha pedig a g_1 kapcsot IV-nél kioldjuk, akkor lehet úgy h_1 , valamint h forgató által szabad kézből a dobokat és papirhengert egyik és másik irányban úgy forgatni, hogy mialatt a papirszalag a középső q dobon elvonul, a rajta levő feljegyzéseket a szemlélő kényelmesen követhesse. A III ábrán ww -nél látható kis forgó hengerek, melyek szabályozható nyomással a q dobra átvonuló papirszalagokra illeszkednek, arra szolgálnak, hogy nyomásuk által amazt a papirtekercstől egészen a feltekerő dobig érő egész hosszúságában épen kellően és redők nélkül kifeszítsék. Végre egy oszlop szolgál a vérmanometer felállítására.

