



TERMÉSZETTAN.

Tatai Csillagvizsgálónak ajándékul
1973 november 11. megnyitás alkalmából.

IRTA

PÖLTÉ ZOLTÁN
okl. gépészmérnök

TARCZY LAJOS

A DUNÁNTULI REFORMÁLT EGYHÁZKERÜLET FŐISKOLÁJÁBAN TERMÉSZETI

TUDOMÁNYOK TANÁRA, S MAGYAR AKADEMAI R. TAG.

Második teljesen átdolgozott s javított kiadás.

1. Kötet

a természettan történetét, a szilárd, csepegős és légnemű testek áll-
és hullám-tanát, végre a hangtudományt magában foglaló.

Két rézmetszetű táblával.

P Á P Á N,

a reformált főiskola betűivel.

1843.

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

Előszó.

Jelen természettanomról a címlapon látható „második kiadás“ csak anynyiban áll, a menyinyiben én 1838-ban már illy nemű természettant (melly iránt, ellent nem állván hiányai, a t. c. közönség által kimutatott becses részvétért, ezennel alázatos köszönetemet nyilvánítom) adtam ki; egyébiránt a figyelmes egybehasonlító látandja, hogy ez teljesen új s az elsőtől minden tekintetben független kiadás. A tervet, melly szerint 1838-ban megjelent természettanomat dolgoztam, meg kelle változtatnom. Új tanítás-rendszerünknel fogva főiskolánkban (mert, főleg, academiái előadások kézikönyveül van írva e munka), jelenleg csak $\frac{3}{5}$ levén a természettan előadására azon időből, melly régebben erre rendeltetett, fordítható, a vegytan s élettan elemei, mint a mellyek úgy sem alkató részei a sajátképeni természettannak, e jelen kiadásból kimaradtak. Tapasztalván továbbá, milly számmal vannak a természettani pályára lépett ifjak közt, kik az alkalmazott mértannal egyesült természettan megértésére szükséges mértani ösmeretekkel épen nem bírnak, de tudván azt is, hogy a t. c. olvasó közönség feles része, minden inkább mint mértudós, jónak láttam a természettan mértani oldalát a pusztán természettanítól külön választani, ez utóbbit, egyszersmind amannak eredményét is a szövegbe, amazt pedig ez alá iktatván. Illy alakban, természettanom, hiszem, közhasználatubb leendhet, anynyival inkább, minthogy a mértani képletek nem csupán kifejtve vagy mindenes alakjaikban pusztán oda vetve (mint ezt

közönségesen tenni szokás, s egyéb irodalmokban tán joggal tehetni is) vannak, hanem számpéldában is kidolgoztatván, ez által mind a haszonvételnek, mind a felfogásnak tetemesen nyerni kellett.

A természettan studiumául a szöveg illető helyén megnevezettekén kívül e következő munkákat használtam: *Biot, Neumann, Fischer, Siber, Brandes, Gay-Lussac—Pouillet, Baumgartner — Ettingshausen, Mártinyi, Hoffmann, Tscharner, Eisenlohr, Kämtz, Friedleben, Heussi* természetteni munkáikat, *Littrow, Brandes, Frankenheim* égtanát, *Brewer s Baumgartner* moztanát, *Kämtz s Dove* légtanát, *Fischer, Whewell* természettan történetét, *Fechner s Dove* Repertoriumát, *Baumgartner* természetteni folyóiratát, *Gehler* természetteni szókönyvét: azért e munkák azok, mellyek egyszersmind jelen természettanom forrásai gyanánt tekintendők.

Távol minden igényektől, csupán e forró ohajtással bocsátom munkámat irodalmunk mélyen tisztelt közönsége elébe, bárcsak a természettan sajátítása szeretett hazánkban, általa is ébresztetvén, a szerzendő ösmeret, azon kívül, hogy a köz *értelmi súlyt* csak egy pár paránynyal is nevelni szerencsés leendett, az illetőket gazdasági kézművesi s gyári életünk várva várt felvirágzásában, gyakorlati alkalmazásra buzdítaná!

Tarczy.

BÉVEZETÉS.

1. **É**rzékeink segítségével bizonyos tárgyakat veszünk észre a világban, melyeket *tüneményeknek* nevezünk. Ha e tárgyak olyanok, hogy péld. egy mozgó ólomgömbnek ellentállnak: akkor azokat *testeknek*, ezeknek egyes részecskéit (14.) pedig, melyekből állnak a testek, *anyagnak* hívjuk. Az anyagi részek összége *tömegnek*, azon hely pedig, melyet e tömeg elfoglal, *térimének* nevezetik.

J. Fa, kő, víz, levegő, e szerint testek; ellenben az árnyék nem.

2. A tüneményeken jelesül, a testek bizonyos eseményei vagy változásai értetnek, minők péld. egy kezemből elbocsátott test esése, egy viziránylag ellökött kövecs mozgása stb. E tüneményeknek azon változhatlan oldalát, vagy is azon módot, mely szerint e tünemények végbemennek, ezek *törvényének* nevezzük. Például az eső test mozgása sebesedő, jelesen olyan, hogy két másodperczben 4szer, 3. mperczben 9szer akkora tért végez, mint végzett 1 mperczben; a kő esésének ezen módja, annak törvénye.

3. Az 1-ben meghatározott testeket összevéve *kültermészetnek* (ellenében a bel-természetnek vagy lelki világnak) vagy általában *természetnek* nevezzük, s ebbe tartozik mind az, mit mutat a kül-világ közvetlen vagy közvetve, tehát minden testi lény, minden anyag, ennek minden változása, e változás örök törvényei, okai. Következésképp azon tudománynak, mely bennünket mindezen tárgyakkal rendszeresen meg akar ösmertetni (= a tüneményeket törvényeikkel s okaikkal együtt fölvilágosítani), szóval a *természettudománynak*, illy értelemben, rendkívül tág körűnek kell lenni, annyira, hogy ennek közelebbi s szabatos felfogására egy ember-erő elégtelen. Ezért annak egyes részei külön tudományokká alakítottak. Némelly természeti tünemények, péld. hogy az elefántnak ormánya, a tulipánnak hat hime, a konyhasónak kőbalaku jegőc-alkata van stb. állandók; mások, péld. hogy ez a kövecs mozog, szél fű, kőd ereszkedik stb. mulékonyok: azért, az állandó tünemények megösmérésére egy külön tudomány vált ki a természettudomány mondott tág köréből, s neveztetett *természettudománynak*, mely tárgya szerint *ásványrajz*, *nővényrajz*, s *állatrajz*; a mulékony tünemények teljes megösmertetését pedig a *természettan* vette által, mely ismét két ágra szakad, t. i. *élettanra*, ha életműves tárgyakkal foglalkozik, és szoros értelemben vett *természettanra* (physica), ha az életművetlen világ ide tartozó tüneményeit tárgyalja. Ez utóbbi ág újra két ágra válik,

u. m. *vegytanra* és legszorosb értelemben vett vagy *sajátképeni természettanra*; amaz a mulékony tünemények azon részét vizsgálgatja, melly a' testek bennékeit vagy vegyületét tárgyazza, emez pedig a mondott tünemények azon részét, melly a testeknek az általok elfoglalt térhez viszonyait illeti. E szerint a *sajátképeni természettan* nem egyéb, mint az életművelten világnak tért illető változásait, ezeknek törvényeit s okait előadó tudomány.

J. *φύσις* = természet; *φυσικός, η, ον* = természeti; és így *φυσική* (alatta érteve *επιστήμη*) természeti tudomány, természettan.

4. A természeti tünemények felfogása *tapasztalásnak* mondatik, mellynek két neme van, u. m. szemlélet és kísérlet. *Szemléltünk*, mikor olly tüneményekre figyelmezőnk, mellyeket a természet min befolyásunk nélkül maga állított elő, péld. mikor hold vagy napfogyatkozást vizsgálunk. *Kísértünk*, mikor bizonyos testeket mi hozunk olly összeköttetésbe, melly által bizonyos vizsgálándó tünemény mutatkozzék, péld. ha kövecset kezünkől kibocsátunk, s ekkor annak irányát s sebességét nézzük.

J. A szemléletre szintugy mint a kísérletre gépek (= műszerek = erőművek) szükségesek, mellyek tisztaságára s célszerűségére fő gond, a velők bánásra pedig ügyesség, elfogulatlanság s igen pontos vigyázat kívántatnak. Azonban a műszerek s kísérők minden jelességei mellett se feledjük, hogy kísérlet a nagy természet ellenében soha sem egyéb, mint a legkisebbből a legnagyobbra következtetés, s olly kérdés a természethez, mellyet, ha azt akarjuk hogy ez érthetően feleljen, okosan kell föltennünk. Épen ezért a szemléletek s kísérletek akármilly száma sem felelhet meg ugy, mint kell, a természettan föladatának (3); az észnek kell azokba lelket öntni következtetmények s vél-elvek (hypothesis) által, mellyek között az utóbbiak ugyan soha teljes bizonyosságot nem adnak, érdekes bizonyai mégis az emberi lélek azon törekvésének, melly a természettan egyes részeit tiszta egészbe igyekszik összeolvasztani.

5. A tünemény tökéletes felfogására tartozik továbbá az, hogy ösmerjük azon módot (2) melly szerint az végbemegy, tehát a tünemény törvényét. Itt mindég az jön tekintetbe: mi mértékkel vagy számmal lehet a tüneménynek tért időt vagy tömeget illető viszonyait kifejezni; tehát a tünemény ez oldala mértani (2); ezért mondá *Kant*, hogy a mennyi mértan, csak annyi tudomány van a természettanban.

6. A tünemények roppant seregében találunk olyanokat, mellyek lényegökre nézve egymással rokonok, hasonlók. Ezeket egybeállítjuk, s egy bizonyos okból, mellyet *erőnek* szokás nevezni, magyarázzuk. Illyen péld. a villam- s deléj-erő. Ez erő a természet hatalmái. Ezeket az egységre törekvő ész egyetlen erőből ohajtaná kimagyarázni, hogy így e számtalan tünemények egy vég-okban gyökereznének (4 J.) Azonban ez eszményi állásától a természettan még messze van, s meg kell előgednünk, ha azokat csak néhány erőre is visszavihetjük.

7. A mivel mi jelenleg az ösmeret világában birunk: az nem egy nemzedék vagy tán egy két ember műve; gyümölcse az azon több évezredek munkájának, mellyeknek folytában az emberiség ön magát s az őt környező természetet koronként mélyebben felfogni

s minden oldalról teljesebben megösmerni törekedett. E szerint a természettannak is van története.

Mint a polgári történetek úgy a természettan történetének előadásában is oda tehetünk egyes korszakokat, hol valami általános változás történt, hol a szellemi világban új nézetek keltek föl az emberiség előtt. Illy nagy változás a természeti tudományokat illetőleg csak egy történt, és pedig Baco által; és így két korszaka van a természettan történetének, az egyik a legrégebb időktől kezdve Baco-ig, a másik Bacótól jelenkorunkig terjed; amazt hajdan, ezt újkornak nevezhetjük. A *hajdankor* egészen más pontból s más nézettel indul ki a természet vizsgálására mint az új. Ő a mindennest, az általánosan egyet, mellyből kellett követelőleg mindennek kifejejni, utána a részlegeseket, mint meg annyi szellemi hatalmakat = a természeti világ tüneteinek egyedüli igazságait igyekezett kitalálni, reménylőn, hogy így az egyenkéntiek biztos ösmeretére jutand. Természetes a vizsgálatnak e módja, ha megmondjuk, hogy az emberi lélek, fölébredése első szakában, a természet tüneteinek, mellyeknek okait nem tudta, látván, ezeknek egyenként keresésétől visszarettent, s inkább azon kérdés megfejtését vélte könnyebbnek: mi mindezen tüneteknek alapja? mi az elv, az *αρχή*, mellyből kellett kifejejni mindennek? mi a *πρωτον ζινδον*? Azonban ha nem tagadjuk, hogy minden tudomány alapja az észtan; nem tagadhatjuk azt is, hogy mindeneknek előtte az észtan alapjainak kellett megvetetni, mellyek minden egyéb tudományok épületeinek támaszpontjai legyenek. Innen van, hogy a hajdankornak a természeti tudományokat illető vizsgálódása észtanos; következőleg természettana természetésztan volt. — Az *újkor* egészen megfordított irányt követ a természet vizsgálásában. Mindenek előtt az egyenkéntieket ismergeti az, ezekből figyelés és elvonódás által keresi a részlegeseket, végre ezekből emelkedik a mindenésre. Baco ajánlotta s kezdte először e módszert, mellyen azóta olly nagy sikerrel munkálódik az emberiség. — A hajdankor végét egy nevezetes több századokig tartó megfeneklés bélyegezi, u. m. Ptolemoeustól kezdve egészen Bacoig, mellyben általános homály borítá a tudományos világ egét. A polgári történetek ez időszakot *középkornak* nevezik; s ha a természettan történetének írói e pontban a polgári történetírókat követik, 3 korszakot állíthatnak föl: az első Ptolemoeusig; a 2-ik Ptolemoeustól Bacoig; a 3-dik Bacótól korunkig terjedvén.

J. Az emberiségnek épen úgy, mint egyes embernek, vannak korai: gyermeki, ifjú, férfi s öreg kora. A gyermek is lát, hall, szóval érez: de mind addig mig öntudalmára föl nem ébred, tapasztalni, azaz az egyenkéntieket bizonyos mindenesek alá rendezni nem képes. Az egész keleti világ az emberiség gyermeki korát képezi, mellynél e szerint tudományos ösmereteket hiába keresünk. Minden tudomány a görögöknél kezdődik, mert a lelki szabadságra legelőször e nép ébredt föl. Igaz, történetileg áll, hogy a chaldeai bölcsek a győzodelmes Nagy Sándor elébe 720000 évről szóló égtani jegyzeteket vittek: Hanem e jegyzetek hozzá értők által megvizsgáltatván, kivilágolt, hogy azok nem éveket, hanem napokat tesznek. Az indiai bramánok több milliom évekről tudnak illy égtani szemléleteket előmutatni, de Laplace által tudjuk, hogy ezek mind visszaszámított korszakok, (mert az égtanból ösmeretes, hogy az

égi tüneményeknek péld. a nap s hold fogyatkozásainak, a hold fényváltozatainak bizonyos körszakai vannak, melyek közül egynek elmúltával ugyanazon rendben s az év ugyan azon napjaira esnek az ég említett tüneményei az új körszakban) s legfőlebb 800 évesek. De hogy is lehetne ott tudományos égtani ösmertetet találni, hol a fogyatkozásokat bizonyos utvers segítségével és így gépileg (mechanice) nem pedig tudományos számítás útján jósolják? Hogy lehetne azon népnél, melynek legbőlesebb bölcsei is lebeszélhetlenül azt hiszik, hogy a hold, mint a melynek sugárai semmi melegséget nem éreztetnek velünk, földünköt sokkal távolabb van mint a nap? Hisz ebből világos, hogy ők még az alapját sem tudják a fogyatkozás tüneményének, annál kevésbbé tudják azt tudományosan kiszámítani.

I. Hajdankor. A görög természettan történetét az észtan története adja elő, minek e szerint előadásunk sorából ki kell maradni. Azonban a görög nép ezen észtanoló irányra ellent nem állván, találunk itt természettudományi ismereteket is, még pedig olyakat, melyek a természettan egyes szakaszainak alapfogalmai. Szembeötlő ezekben a mértani oldal, mit a görögök annyira szerettek s kiképeztek.

Az első természetani ösmertetek csillagászatiak voltak. Azonban, mint minden kezdet, úgy ez is a mesés régiségbe vesz el; következőleg a fölfedezők neveit, valamint a fölfedezés sorát sem tudhatjuk. Kítűnőbb csillagok magokra vonták afigyelmet, s így származtak a csillagképek; majd észrevétetett, hogy a csillagos ég forog, egy csillag (góncöl) pedig áll; majd a bolygók ösmertetnek meg s illy sorban állítottak a földtől: *hold, hírnök, hölgy, nap, hadúr, égúr, őrvonc*; ezekről nevezetettek el a hét egyes napjai (Tár 1840 XII); a holdjárás vagy is hónapok nagysága alkalmas szabatosággal $29\frac{1}{2}$ napra, majd a napév hossza 365 napra határozatotott; majd a csillagos ég egy belül üres gömbnek tartatván, ezen egyes képzelt vonalok huzattak (fordulatkörök, egyenlítő, délkör stb).

Anaximander (— 530) már nemcsak a nappályát ismerte, hanem azt is tudta, hogy ez, a csillagos ég naponkénti utával bizonyos éles szögöt képez, mi által, mint maga mondja, az ég kapuit kitérte. Ő volt első, ki földünknek gömb-idomát, s térben szabadon libegését tanította, sőt egy gömböt is készített, földünk tengereit s szárazat ábrázolót; ő volt, ki a hold fényváltozatait legelőször magyarázta ki, és így azt is tudta, hogy a hold gömbölyű test s földünk körül kereng.

Pythagoras, ki *Anaximander*rel egy korban élt, már tudta, hogy ugyanazon egy bolygó az (hölgy), mely most esteli majd reggeli hajnal-csillag formájában mutatkozik. Továbbá ő a hangtudomány teremője: mert ő vette észre legelőször, hogy a magasságra nézve különböző hangok bizonyos számviszonyban állnak egymáshoz, péld. a nyolcad az alaphanghoz úgy áll, mint 2: 1, azaz amabban kétszer annyi hintázás történik mint emebben.

Meton (— 432) fölfedezi a 19 éves hold-körszakot, mely szerint 19 napév csak nem szabatosan akkora, mint 235 hold-kerengés, és így 19 napév multával a hold s napnak egymásra vonatkozó tüneményei az előbbi rendben ismét visszajönek.

Aristoteles (— 348) a föld gömb-idomát már helyes s korunkban is használt gyámokokkal bizonyította be.

Aristarchos (— 260) tudván, hogy holdnegyedkor a nap, föld s hold, olly derékszögű háromszöget képeznek, melynek derékszögén a hold áll, ez által igen elmésen azt vizsgálta, hányszor van távolabb a nap mint a hold földünkötől, és bár az eredmény hibás lón (18-szor mondá a nap távolságát nagyobbának), a módszer mindazáltal helyes (l. alább).

Archimedes (— 287) találta ki s határozta meg az emeleső törvényeit, mi által a *mostant* megalapította. Ő mondta ki a csepegős testek azon tulajdonságát is, mely szerint azok egy edényben nem a fenekre nyomulnak csupán, hanem e nyomás elterjed mindenfelé, mi által a *higáltan* alapját veté meg. Tudta ő a vízbe merített szilárd testeknek súlyvesztését is, mert ő e tudománnyal számítja ki „Hiero számára készített arany koronában van e ezüst és mennyi?” Végre tudta ő a homoru tükrök gyűjtő hatását is, mert ő volt, ki a syracusai kikötőben álló római hajókat tükrök segítségével felgyújtotta.

Euclides (— 280) tanította először, hogy a fénysugarok egyenes vonalban terjednek, mert, ugymond, egy sötét szobába keskeny nyílason beocsátott fénysugár által támadt világos szalagot egyenes vonal választja el a sötétségtől.

Eratosthenes. (— 228) a föld nagyságát méri meg. *Syene* városa a fordulatkör alatt feküdt, mert mikor a nap épen legmagasb pontját érte el az égen, ott a függélyesen álló tárgyakkal semmi árnyak nem voltak, és a függélyes kútak is ilyenkor egész fenekig meg voltak világosítva. Ugyan ekkor Alexandriában 7, 2 foknyira volt a nap a függélyes állástól, tehát az egész körület $\frac{1}{50}$ -ed részire. A két város csak nem épen azon délkörben feküdt, s távolságok 5000 stadiumnak mondatott. Ebből következtette Eratosthenes, hogy a föld egész körületének 50-szer 5000 azaz 250000 stad. kell lenni, mellyből a tértan segítségével könnyű volt a félátmért kiszámítani, s ezt Eratosthenes 40000 stad. tette.

Posidonius (— 86), hasonlóan mérte meg a földet. Canopus csillaga Rhodusból épen a látkörben látszott délen, akkor, mikor Alexandriából már $7\frac{1}{2}$ foknyira magasságon mutatkozott, tehát az egész körület (360°) $\frac{1}{18}$ részivel főlebb. Rhodus Alexandriától 5000 stadiumra, hanem mind két város csaknem ugyanazon délkörben esett. Ebből következtette, hogy a föld körülete 48-szor nagyobb, mint 5000 stad. azaz 240000 stad.

Hipparchos (— 165) fölfedezi a körköröket (epicyclus), mellyek szerint a nap és bolygók egy körre rajzolt körben egyforma sebességgel mozognak, egyszersmind ugyan ekkor e kör központja szinte egyformán halad a nagyobb körön, s így magyarázta azon különbségeket, mellyek a nevezett testek mozgásain tapasztalhatók.

Ptolemaeus (150) *μεγαλη συνταξις*, vagy mint az arabok nevezték, *Almagest* című munkájában előadja korának égtani ismereteit s egy égrendszert alkot, melly szerint földünk középen áll, s e körül forog az egész ég, ezen kerengenek saját pályáikon a nap, hold s bolygók.

A görögöket legyőző Róma vett ugyan által némi ismereteket azoktól, hanem a tudományt tovább nem vitte, s e szempontból is csak *Lucretius* (— 95), *Seneca* (2), *Plinius* (23), megemlíthetők. A tán Egyiptomból hozott vegyteni ismeretek arany-csinálás mesterségévé fajulván, Diocletian (296) minden illy tartalmu egyiptomi könyveket megégettett.

II. Középkor. Népek vándorlása s a ker. egyház tágulása a tudományokat mindinkább elaltatták, úgy hogy a középkori sötétség 10 százada alatt csupán az arabok voltak azok, kik a már szerzett égtani ismereteket fentartották, de bővíteni alig tudták. Azonban a számolás és háromszögmérés, mint az égtan nevezetes segédje fontos javítást nyertek. Az úgy nevezett arab-számjegyek általok hozattak be, vagy legalább élesztettek föl azon feledésből, mellybe estek azok is az általános homály korszakában; egyébiránt azok Pythagoras iskolájának találmányai. *Albatani* (900) a görögök által használt hírok helyett behozta a félhurokat, vagy sinusokat. Az égtanban maig használt arab nevek: *zenith*, *nadir*, *azimut* stb.; néhány csillagok szinte arab nevei: *aldebaran*, *rigel* stb. valamint *almanach algebra* szavak azt mutatják, hogy az arabok nevezetes művelői voltak a tudománynak. Különbön történetileg áll, hogy a tudományokat s tudósokat melegen pártoló kaliták, kivált *II. Hakem*, cordovai világszerte híres akademiaja s sok egyéb nevezetes iskolái által Spanyolországot a jóllét legmagasb fokára emelték; mert ekkor, a tanító intézetek ezen virágzásakor virágzott a köz-igazgatás, szorgalom, kül- s bel-kereskedés, földművelés, s lehet-e ez másként? hiszen a nemzetműveléssel mindig karöltve jár a nemzeti jóllét is. A lőpörnek (13d. században *Roger Bacon* által), a szemüvegeknek (1313 táján) föltalálata, s a delejtűnek a 14d. század elején Európába hozatása (*Flavius Gioja* vagy *Marco Polo* által) még nagyobb táplálékot nyújtottak a szorgalomnak mesterségeknek és kereskedésnek.

1. *Astrologia*. Azon hit, melly hihetőleg az emberiség legrégebbi babonáiközé tartozik, s melly szerint az égi testeknek nevezetes befolyása van a földön élő emberek természetére, tetteire, szóval a csillagjóslat (astrologia) hite legnagyobb kiképzést nyert a középkorban. Itt még azon ellenvetések is, mellyeket régebben okos fők (Cicero, Plinius) a józan ész szempontjából tettek

ellene, elnémultak. A nap, úgy taníták, tűzes és száraz; a hold nedves és meleg; az övönc hideg és száraz (mert a földtől messze levén, ennek nedvességét nem szívhatja be); a hadur száraz és éles; az égur és hölgy a nedvesnek és melegnek jó egyvelegei; ellenben a hirnök természete változó. Az álló csillagok közt kivált az állatkör jegyei, s különösen azok, melyek az ember születésekor éppen kelőben voltak, bírtak arra nagy hatással. Illy s egyéb jeleknél fogva határozta el a csillagjós a született ember jövődjét. Hiában mondták az okosak, hogy éppen egy pillanatban született emberek mily különböző lelkületek; hiába mondták, hogy minden pillanatban születnek a világon királyok s koldusok; hiába mondták, a földtől olly iszonyu messzeségre levő égi testek miként hathatnának a földön született emberre; hiába mutattak példákat, melyekben a tett jóslatok nem teljesültek; az emberek mégis hittek mind addig, míg a tudomány ege valahára kiderülvén, az illy értelenség forrásából eredett hiteknek magoktól el kelle széledni. Nálunk is a tudatlan népek csizió jóslataiba erősen hívését csak a reményünk szerint mind inkább terjedendő tudomány, különösen a természettudomány fogja végkép kioltani.

2. *Al-chemia. Geber* (9-ik században) „a tökély kikutatása“ című munkájában az aranyat legtökéletesebb ércnek mondja, mert az legszebb, legtisztább s legbecsebb; ez volt egyszerűsége a nap, midőn az ezüst hold. Így a réz és hölgy, a vas és hadur, az ón és égur, az ólom és övönc egy jelentményűek voltak. Mivel, úgymond minden érc ugyanazon elemekből van alkotva; tehát bizonyos szerrel lehet akármely ércből is aranyat csinálni. Azon szernek egyszerűsége azon tulajdonság is adatott, hogy minden betegséget meggyógyít vagy eltávolít, az ember életét meghosszabbítja, erőt és szépséget ad. E szer kitalálása lett most fő feladatát, bölcsék kövévé, ezen törte magát tömérdek ember a középkoron keresztül. E haszontalan munkának legalább egy nevezetes gyümölcse lett, t. i. a vegytan.

3. *Magia.* Minden jelesebb főt ezer mesternek hitt a tudatlan nép, ki az örödgökkel rossz lelkekkel cimboraságban él. Ilyenek voltak: *Virgil* (szalburgi püspök) kit, mivel azt hitte, hogy ellenlábasaink (antipodes) vannak, a metzi püspök maglyán égettetett meg; *Geber*, kiről előbb szólánk; *Arnold de Brescia*, kitűnő elme, mint eretnek és ezermester 1155-ben Rómában elevenen megégettetett, s hamvai a tiberisbe szórattak; *Aponoi Péter*, nevezetes orvos a 14 század elején, mint ezermester képleg megégettetett, mert maga ellant, s nem sokára meghalt. Ilyenek még: *Theophrastus Paracelsus de Hohenheim etiam Bombastus* nevezetes orvos, *Pico de Mirandola*, ritka tehetségu nagy tudományu gróf, *Gerbert* (II Sylvester), *Hildebrand* (VII Gergely) stb.

Egyébiránt milyen volt az Aristotelesből yelt, és scholastica philosophia modorába öltöztetett természettan (mely az észtannak még mindig egy részét alkotta) a középkorban: arra például szolgáljanak e *Keckermann*-ból vett szóhatározat és tételek: „A súly valami mozgató *qualitas*, mely hidegből, sűrűségből s tömegeből származik, mellyek által a testek elemi lefelé huzatnak.“ Altalában a *qualitasok*, kivált *oculta qualitasok*, mellyekre szorul a schol. physica csaknem minden tünemény kimagyarázásában, igen nagy szerepet vittek e korban. „A folyós testek *saját helyeiken* (péld. víz víz fölött, vagy víz vízben) nem súlyosok.“ „A levegő nem súlyos a víz fölött, mert az mindig e fölött szokott állni, s így ez ismét *saját helye* a levegőnek.“ „A föld lefelé siet a vízben, mert a föld *saját helye* a víz alatt van.“ „A víz föfelé megy a szivatyuban, mert a természet iszonyodik az ürtől“ stb.

A középkor végén (1473—1543) lép föl *Copernic* egy új égrendszerrel, mely Ptolemaeuséval egészen ellentétben volt, mondván, hogy nem a föld hanem a nap az égi testek mozgásának központja, ez nyugszik, nem az, a föld minden 24 órában egyszer megfordul tengelye körül, s minden évben egyszer a nap körül. Azonban a régi égtanból még azt, hogy a nap nem a földpálya körének központján, hanem ezen kívül áll, s a bolygók körkörösen mozognak, meghagyta. 1543-ban, halála előtt kevéssel jelent meg az ezen új nézeteket magában foglaló munkája „*De revolutionibus orbium coelestium libri sex*“ stb., mely, mint minden új tudomány, kevés barát mellett sok ellenségre talált.

III. Ujkor. *Verulamí Baco* (1560—1626) nem tán nevezetes tá-lálmányaiért, hanem egyedül azon legelőször általa kimondott elvért, hogy az ember, mint a természet magyarázója, csak annyit tudhat a dolgok lényegéről, a menyinyit *tapasztalás által* kikutathatott, érdemli azt, hogy az új korszak alapítójának tartassék. E kimondott, s már akkor, úgy szólva, érzett elv igen fogékony keblekre találván, ez olta folyvást ez irányt köve-tik a természetvizsgálók, s milly nagy sikerrel, ezt a következőkből elég nyíltan megláthatjuk.

1. A *mozgást* (égit s földit) illetőleg miután az egyház, Copernik új taná-ban vallástalan istensértést látott és üldözött, *Tycho de Brahe* (1546 — 1601) egy közlető égrendszer-t alkotott, melly szerint földünk mozdatlan áll ugyan, s körülé kerengnek a hold s nap, de a bolygók már nem közvetlenül, hanem csak közvetve, azaz ezek a nap körülé kerengenek s így a nap ezekkel együtt földünk körül. Tychónak kis pártja lőn, sőt szabatos jegyzetei Copernik ren-dszerét utódaí előtt még inkább megerősíték. *Bruno*, mint Copernik erős hive, 1600-ban Romában az inquisitio által megégettetett, *Galilei* is (1564 — 1642) hasonló okért képzelhetlen üldözések tárgya lőn. *Kepler* (1571 — 1630) Tychónak dániai és prágai igen szabatos jegyzetei használva, Copernik tanát még inkább kifejtette, s bebizonyította, hogy az égi testek nem körökben, nem is körkörökben, hanem körönyökben mozognak, egyszersmind ezen mozgás tör-vényeit is kimutatta.

Uboldi (1577) az ék lejtő és csavar való viszonyát már teljesen felfogta, s bár bebizonyítás nélkül, de mégis kimondta, hogy az éles ék nagyobb hatá-su mint a tompa, a lejtő ék s csavar elveikben egyek. *Stevin* (1586) már a lejtőn működő erő és teher való viszonyát be is bizonyította. Ugyan ez volt, ki kimondta, hogy a hig testek olly feltűnő nyomással hathatnak egy edény fenekére, melly sokkal nagyobb mint azoknak egész súlya, s azért ezt moz-gonyokban nagy sikerrel lehetne használni.

Galilei (1564 — 1642) Aristoteles óta uralkodott azon tant, hogy a szaba-don eső testek sebessége annál nagyobb minél nagyobb azoknak súlya, meg-vizsgálván, azt hamisnak találta, s kimondta, hogy ha ellent álló levegő nincs, akkor egyenlő sebességgel esik minden test; az egyforma és sebesedő moz-gás való fogalmait kitalálta; kimutatta, hogy egy viziránylag elhajtott köre két erő hat és így az erő egybekötéséről, szétbontásáról szóló tant, a virtualis sebesség elvét, a mozzanatot, lejtőn mozgás törvényeit, ingák hintázásait meg-határozta. Ő csinált legelőször 1609-ben tovacsőt is, mellyel felfedezte a hold hegyeit, forgását, a tejutat egyes csillagok számtalan csoportjának ismerte, s első látta meg Jupiter négy holdját. Kimondta, hogy a szilárd testeknek hi-gakban uszána nem azoknak formájától, mint előtte hitték, hanem tömörségétől függ. — Utódaí igyekeztek Galilei tanítmányait egyszerűsíteni, melly munka (u. m. szabad esés, lejtő, ingák, hajtás, csövekben folyó víz stb. fölötti ér-tekezések) foglalkodtatta csaknem az egész 17-dik századot. — *Torricelli* 1642-ben kitalálja a légsúlymérőt; *Pascal* (1623 — 1672) pedig légsúlymérővel magasságot is mér. Ugyan *Pascal* kimutatja miként lehet közlő csövekben a víz hatását nagyobbítani. *Guerick Ottó* (1602 — 1686) kitalálja a légszívatóyút; — *Borelli* (1608 — 1679) az állati test tagjainak mozgásáról hatalmas munkát ír, valamint *Huyghens* a testek ütközeteről s inga mozgásáról fontos tanokat ad elő. — *Picard*, *Cassini* társaságában 1679-ben kezdí megmérni földünk egy délkörét, mi által a föld nagyságáról sokkal szabatosabb eredmények jőnek vilá-góra mint a mellyek eddig voltak. — *Kepler* azt vélte, hogy a napot valami végetlen finom anyagú örvény környezi, mellyet a tengelye körül forgó nap tart örökös mozgásban; s így következtette, hogy az ezen örvényben levő égi testeknek a nap körülé kerengeniök kell. *Des Cartes* későbbben kifejtette ez örvényrendszer-t: de a melly *Newton* (1642 — 1727) által csak hamar össze dön-tetett. — *Borelli* (theoriae mediceorum planetarum című munkájában) már igen világosan sejtette azt, mit *Newton* később be is bizonyított „a bolygóknak ugy-mond bizonyos hajlomiságuk van arra hogy a központi testtel egyesüljenek, s mindenkép közeledni igyekezzenek ahoz, melly körülé kerengenek, a bolygók a naphoz, a medicei csillagok (égur holdjai) égurhoz. Az is bizonyos, hogy a

körben mozgás által bizonyos törekvést kap a test a kör központjától távozásra, mint ezt a parittyan s akármilyen keréken láthatjuk. Vegyük föl tehát, hogy a bolygó a nap felé siet, s egyszerűen úgy ez, körben mozgása által attól mint a' kör központján levőtől távozni törekszik; ha ekkor e két elenerő egymással egyenlő: egyik a másikat semmily, s ekkor sem messzebb nem mehet a bolygó bizonyos határon túl, sem ennél közelebb, s így tartatik líbégő állapotban a bolygó a nap által. — *Newton* egymás után fölfedezéi e következő moztani igazságokat. 1. a nap azon ereje, mellyel A bolygót vonza magához, úgy van azon erejéhez, mellyel B bolygót vonza, mint B bolygó naptól távolságának négyszöge, A bolygó naptól távolságának négyszögehez. Egyébiránt e tétel *Kepler* 3-dik törvényéből a körben mozgó bolygókat illetőleg lehozható. 2. Ugyan e törvény áll a környös pályákon mozgó bolygókra nézve is, azaz azon erő, mellyel a nap egy bolygót pályájának a pontján vonz, úgy van azon erőhöz, mellyel szinte a nap ugyanazon bolygót pályájának b pontján húzza magához, mint van b pont távolságának négysege a pont távolságának négyszögehez. 3. Ep' ilyen erővel vonza a föld a holdat, s ez erő ugyanaz, a mi a földszínen mutatkozó nehézség alatt ismeretes, s a mi a testek szabad esését eszközli. Ez azon sajátképeni nehézkedés, mellynek kitalálására, az elbeszélés szerint, egy a fáról lepotytanó almának látása adott alkalmat. 4. Nem csupán az őt környező bolygókra hat a nap, hanem minden testre, holdunkra s más bolygók holdjaira is. Az égitestek háborításait tehát *Newton* fedezte föl, s azon híres „*Trium corporum problema*“-t is ő fejtette meg. 5. E közvonzó' erő, mellyel a nap s bolygók egymásra hatnak a test tömege egyens elemének vonzásából származik, s itt megmutatta, hogy az égitestek időma nem tökéletes gömb; megmutatta, hogy e vonzás a természetben minden tömegnek sajátja. *Newton*, e tételét mértani úton mind bebizonyítá; s mivel ő e bebizonyítást a görögök modorában azon egyberakó (synthetica) tanmóddal vitte véghez (bár igen hihetőleg fejtegető úton találta ki azokat), ez által egész felfogását megnehezíté. Ezért szükségesek voltak *Wolf* (1679 — 1754) *Desaguiliers* (1683 — 1775), *Gravesande* (1688 — 1782), *Muschenbroeck* (1700 — 1761) stb. munkái, mellyek *Newton* tételét elemi úton adták elő, s így népszerűsítették. Ugyan ez időtájban mondta ki *Segner* (1704 — 1777 hazánkfia, előbb orvos Poczsonyban, majd jeni észtanár, végre göttingai mértanár) a moztan azon nevezetes tételét, hogy, minden testnek három szabad tengelye van. — Más részről hatalmas mértani elmék, mint *d'Alambert*, *Euler*, *Lagrange*, *Laplace*, *Poisson* a főnsőbb analysis szárnyán tehát fejtegető tanmóddal adták elő a moztan alap-törvényeit, s így e tudományt oda emelték, hogy béléle az égen s földön látszó minden moztani tünemények könnyen lehozhatók.

2. A hangtudományt illetőleg *Mersenne* volt az első e korban, ki a hurok hintázataival, azoknak vastagságára, hosszára s feszültségére nézve nevezetes sikerrel foglalkodott, majd későbbben *Tajtor*, *Bernoulli*, *d'Alambert*, *Wallis* 1774-ben megmutatta, hogy minden hosszabb húr, hangzása alatt 3 vagy több egyenlő részekre különül, melly részeket bizonyos nyugvópontok vagy csomók választanak el egymástól. *Mersenne* vette észre először azt is, hogy egy rezgő húr egyszerre több hangot is ad, s e tüneményt *Bernoulli* *Daniel* fejtette meg; a rezgésben levő testek nyugvonalait hangszere dobján legelőször *Gallei* látta; míg későbbben *Chladni* (1787 — 1817) azon nyugvonalokat ruganyos leveleken különböző alakokban ki is mutatta. A hang sajátképeni alapját, a hullám-mozgást pedig *Weber* *testrérek* „hullámtan“ című munkájokban 1825 adták elő, melly nagy fontosságu munkával egyszerűen a fény, hihetőleg a hévtan is meg lőn alapítva. A hangnak levegőben terjedését *Newton* adta elő legelőször, azt a levegőnek egymás után következő sűrűdésében és ritkulásában állni mondván, sőt annak a levegőben terjedési sebességét is ő határozta meg elméletileg; azon különbségnek pedig melly e tekintetben az elmélet és valóság közt mutatkozott, okát *Laplace* fejtette meg először 1816-ban.

3. A fénytant illetőleg bár a középkorból némi ide tartozó ősmertetek vetettek által (Alhagen, Baco Roger s Witellio-tól): mégis *Snell* (1591) volt az első, ki a fénysegregés törvényét kitalálta, *Des Cartes* pedig az, ki ezt legelőször kimondta, egyszerűen az az, ki legelőször magyarázta ki a szivárvány tüne-

ményét; a' fénysugárnak egy háromszegű üveghasábon keresztülmentekor megszegetése által az eredetileg fehér napvilágot hét színre, mint megannyi elemekre bomlását legelőször *Newton* állította, *Aristoteles* és *Dominis* ellenében, kik a színeket a sötétség és világosság különböző fokozatainak szeméink által egybeolvadásából magyarázták. E régibb nézetet az újabb időben *Göthe* ismét föllevenítette. *Newton* azt állítja, hogy az átlátszó testen keresztül ment fénysugár csak azon egy esetben maradhat fehéren, ha ezen testre még az sugár közeg-egyes az ebből kijöttel; következőleg azt, hogy a lencsék által származott képek színtelenekké tetethessenek, teljes lehetetlenségnek állítja. Ennek *Euler* a szem alkotásából kiindulva ellentmondott, és csak ugyan *Dollondnak* (1758) sikerült e színtelenítést tetleg is kimutatni, mi által a lencsés tovacsókké tetemes javítást nyervén, ezekben az égtan hatalmas segéd eszközre talált. *Fraunhofer* Münchenben, *Pföszl* Bécsben, lencsés tovacsókké által világi nevezetességet nyertek; amaz különösen még az által is, hogy a nap színekében sötét szalagokat mutatott ki. — A fény erősségének föltételeit *Bouguer* (1720), majd még nagyobb sikerrel *Lambert* (1770) vizsgálták. — A fény állapotát illetőleg *Newton* azzal tartott, hogy az, igen finom sulytalan anyag, mely bizonyos erő által a naptól szakadatlanul lövetik ki. Ellenben *Huyghens* azt mondta, hogy az egész világot bizonyos finom átlátszó s ruganyos anyag, melyet ő aethernek nevezett, tölti be; s ha ez nyugvásban van; akkor nem mutatkozik semmi fénytűnemény; ellenben ha szükséges sebességű rezgésben vagy hintázásban van az aether valamely testben; akkor ezen test fényleni vagy világítani látszik; t. i. ezen világító test rezgő aetherre közli a maga mozgását az őt érintő szomszéd aetherrel, s e rezgés utóbb szemünket érintvén, ebben a látás érzetet fölbreszti. *Newton* nézete *kiömlési elméletnek*, *Huyghensé* pedig *hullámzási elméletnek* nevezetett, s amaz szerzőjének tekintélye oly erős labra állította, hogy egy század letelőig *Huyghens* elméletét az egy *Euler* védte s képezte tovább különben csak, mint a gyakran különböző emberi ész tévedésének példája, mutatattván föl a természettudósok által. Azonban a század elmúlik, világra jönnek az új meg új fölfedezések a fénytán köréből, *Havy* s *Wollaston* hővebben megvizsgálják s helyeseknek ismerik azon kettős fénysegregési tűneményeket, melyeket *Bartholin* a 17. század vége felé fedezett föl, s melyeket *Huyghens* már akkor a maga elméletén keresztül vitt; *Malus* 1808-ban fölfedezi a fénysugár göncölését a fény visszahajtása által, s 1811-ben kimondja azon nevezetes tételt, hogy akármely göncölösült sugárt mindig kísér egy másik, mely ellenkezőleg van göncölösülve, azaz, ha például egy sugárt visszahajtás által göncölösítettél, úgy ezt mindig kíséri egy megszegett, tehát ellenkezőleg göncölösült sugár; *Arago* 1811-ben fölfedezi a kettős göncölítés (dipolarisatio és nem depolarisatio) színeit; 1818-ban *Brewster* általános viszonyt fedez föl a testek jegőc-alkata és fénytani tulajdonságai között, jelesen, hogy a jegőc-tanilag egy tengelyű testek fénytánlag is egy tengelyűek, azaz csupán kerek szingyűrűket mutatnak, mildőn a jegőc-tanilag két tengelyű testeken tojásdad szingyűrűk látszanak; *Hooke* s *Newton* vékony levelkéiben, s *Grimaldi* által fölfedezett fénygörcbületben mutatkozó színeknek a kiömlési elmélete szerinti kimagyarázása igen erőtetett s ezért hihetetlen volt; mindezen elősorolt tűnemények kimagyarázására *Newton* elmélete teljesen alkalmatlan lévén, így lett, hogy ezt a természettudós világ mind inkább oda hagyta, úgy hogy jelenleg, tán egy pár makacs elmén kívül alig van, ki *Newton* hibás nézetéhez ragaszkodnék. Angolországban *Brewster*, Franciaországban pedig *Biot* és *Laplace* voltak azok, kik *Young* és *Fresnel* ellenében *Newton* nézetét igen erősen őtalmazták: hanem ez sorsa minden új tudománynak! A fényveszés (Interferenz) elvét *Young* már 1800-ban kimondván, ez által meg lőn alapítva a hullámzási elmélet tanja, melyből bámulatos következetességgel fejtek ki minden fénygörcbületi, kettős fénysegregési és göncölítési tűnemények. *Huyghens*, *Euler*, *Young*, *Fresnel* azon nagy emberek, kik a fénytani tűnemények okát nem csak kitalálták, de egész részletességben mértani úton be is bizonyították, s ez ok, a fény állagának az aether mozgásában találása, a legméltóbban helyt foglalhat *Newton* egyetemi nehézkedése mellett. A fény vegytanos hatását illetőleg *Ritter*, *Seigbeck* és *Wollaston* e tárgy fölvilágosításában

fontos részt vettek; s most, midőn *Daguerre* nevezetes fölfedezése annyira föléleszté az elméket, most a fénytán ez oldalának kiműveltetését méltán reményelhetjük.

4. A *hév*tant illetőleg, az ujkor elején *Newton* s egyebek a hévmérők alkatasával s javításával foglalkoztak, s bár *Celsius* hévmérője legcélszerűbb, mégis inkább *Reaumur* hévmérője terjedt el. *Newton* egy törvényt is állított fel a testeknek sugárzás által hűléséről, ezt t. i. hogy „minél nagyobb azon testeknek, melyek folyvást bizonyos meleget adnak, és vesznek, hő-különbsége, annál sebesebben fog az meghűlni, ez pedig megegyelűlni.“ *Newton* e törvénye *Dulong* és *Petit* által 1817-ben úgy javítottatott, hogy, „ha a meleg testet környező köz hévmérséke számtani sorzatban fogy: akkor meghűlésének sebessége tér-tani sorzatban növend.“ A meleg sugaraknak visszahajtását kimutatván *Pictet*, kérdés lett, miként megy végbe a különböző testek hévsugárzása bizonyos helyen, p. egy szobában, mire *Prewost* (1790) a meleg mozgó súlyegyenével felelt, s azolta ez elmélet közönségesen elfogadtatott. *Leslie* 1804-ben kimutatta, hogy a testek hősugárzása 1-ször azoknak színétől, 2-szor visszahajtási tehetőségétől függ, jelesen annál kevesebb meleget sugárzik ki egy test, minél többet visszahajt. Még fontosabb *Leslie* azon törvénye, hogy „a meleg test, felszínének minden pontjáról küldi ugyan mindenfelé meleg sugarait: hanem ezeknek nincs mindenütt ugyanazon hatatósága; e hatatóság arányban van azon szöglet keblével, melyet a sugárzó test lapja a sugár irányával képez.“ E törvény az, melyet *Fourier* e tárgy fölötti minden mértani igen nevezetes vizsgálataiban helyesnek talált. *Meltoni* és *Forbes* kitalálják a hév megszegetését, ez utóbbi annak göncöltségét is; mi által a hévtanban uralkodó azon kiömlési elmélet, mely *Newton* fénytani elméletének modorára készítettett, itt is aljában rendítettett meg. A hévvezetőséget illetőleg *Biot*, *Laplace*, különösen pedig *Fourier*, nagy sükerrel foglalkoztak e tárgygyal, s ez utolsó, részletekben is kifejtette azon alaptörvényt, hogy, „egy test melegebb pontjairól, kevésbbé melegekre vezetett hévmennyiség arányban áll a nevezett két pontok hő-különbségével, módosítottva a testek hévvezetői képessége által.“ *Black* 1672-ben fölfedezi a lappangó meleget, *Wilke* 1781-ben a testek különböző hévfogékonyságát, *Dalton* és *Gay Lussca* kimondják a légneműek azon nevezetes törvényét, hogy: „azok, ha melegségök egyenlően nő, tériméik egyenlő töredékeire terjednek-ki“ és így ezeknek kiterjedése nem természeti saját-ságaiktól függ. — — A csepfolyós testek a meleg hatására elpárolognak. Mi ez a pára? *Baco* azt mondta, hogy a pára levegő: de *Wolf* bebizonyítván ennek valótlanságát, majd sokan azt állították (*Halley*, *Leibnitz*, *Derham*, *Wolf* stb.) hogy a párák igen apró, belül üres vízgömbök; *Muschenbröck* kimondá, hogy az illy üres gömböket a levegőnek össze kellene nyomni, mi által ez elmélet valószínűbbé lön. *Bordeauxi* tudományos akadémiá 1763-ban a páráknak a légbé fölemelkedését tűzvén ki jutalomkérdésre, a jutalom *Kratzenstein* és *Hamberger* között osztatott föl; amaz a belül üres vízgömbök elméletét pártolta, emez pedig azt állítá, hogy a vízcseppek némi tapadási viszonyban vannak a levegő részekkel, későbbben pedig kimondá, hogy a pára nem egyéb levegőben feloszlott víz (a testek vegytanos feloszlásának formájára). Ugyan ekkor Svédországban *Wallerius Erichsen* (1709 — 1785) kétségtelenül bebizonyította, hogy a víz ürben is párolog, azért ő a levegőben levő párákat egészen függetle-neknek mondá a levegőtől. *Saussure*, *Hamberger* nézete, *de Luc* pedig *Walleriusé* mellett harcolt, s ez, mint mestere is, kimondá, hogy a levegő és pára közt az a különbség, hogy emez nyomás vagy hűlés által szerkezetét megváltoztathatja, amaz pedig nem. *Pictet* 1791-ben kísérlettel mutatja meg, hogy a pára épen úgy, sőt nagyobb sebességgel képződik ürben, mint levegőben, csak elég nedvesség legyen jelen; mely kísérlet halálos csapást adott *Hamberger* elméletének. *Dalton* kísérletéből világos lön, hogy két akármí gáz egy bizonyos térbe ömölvén lassanként egymásba átfoly, következőleg itt a gázok vegytanos természetete semmi szerepet nem vívén, világos lön, hogy mint a gázok, úgy a pára és levegő is, műszeresen vannak egybekeveredve; egyébránt, mint már előtte többen, úgy ő is kimondta, hogy minden melegségi fok-nak van egy páramennyiségi tetőpontja, melyen túl több víz nem változik

párává, s ha akkor a meleg alább száll, a pára egy része előbbi, azaz csepfolyós alakjába visszamenend. *Papin* 1684-ben kitalálja azon fazekat, melyben a vizet vagy inkább ennek gőzét a forrponton fölüli levő melegre emelvén, ez által a legkeményebb csontok kocsonyává olvasztatnak. *Watt* 1761-ben e fazékkal némi kísérleteket tesz a gőz nyomásának meghatározására, majd 1764-ben a glasgovi egyetem légerőművét igazítván, csak hamar rá jött azon gőzerőmű kitalálására, mely azóta olly fontos szerepet játszik gyárainkban s közlekedéseinkben. — A párák tudományának illy kifejlése szükségképen magával hozta a levegőben mutakozó páratűnemények kimagyarázását. *Igy Wells* 1784-ben tökéletesen kimagyarazza a harmatot. *Davy* 1819-ben a ködöt. *Saussure* hajszálat, *de Luc* cetesontot s *Dalton* bélhurt alkalmaz nedvmérésre; de e tökéletlen készítmények helyett *Daniell* 1812-ben, majd *August* 1832-ben tökéle- sebb nedvmérőket találnak föl. A felhőknek rost- folyam- és halomfelhőkre felosztását *Howardnak* (1802) köszönjük. Használható esőmérőt tíz évvel ez előtt *Hornertől* nyerénk. A felhők magasságának megmérésével *Riccioli*, *Kämts* s egyebek foglalkoztak.

5. A *delej- és villam-tant* illetőleg *Gilbert* (1600) *de magnet* című munkájában a delejnek csaknem minden tűneményeit elősorolta, egyszermind a villamos testek jegyzékét is tetemesen nevelte; ugyan ő volt, ki a villamot jól s rozszúl vezető testek közti különbséget észrevette. *Du Fay* (1732) kitalálja a gyanta- és üvegvillam közli különbséget, mellyek közül amaz *Franklin* tagadó, emezt pedig állító villamnak nevezi; amannak kerekese, emennek pedig sugáros szikráit először *Bergmann* veszi észre. *Hausen* villamgépet csinál, s a villam gyujtó erejét fölfedezi. *Kleist* (1745) kitalálja villam-palackjait, *Nollet* már sejdíti az égi háboruak villamtűnetekkel rokonságát; majd *Franklin* (1752) kimutatja kísérlettel is a lég villamosságát, *de Romas*, *Cavallo*, *Saussure*, *Volta*, *Schütler* és egyebek pedig bővebben megvizsgálják ezt; *Franklin* kitalálja a *villámfogót*, *Volta* villammutatóval, villamtartóval, s villamgyűjtővel gazdagítja a tudományt; *Coulomb* pedig a villam hathatóságát tárgyazó törvényeket állítja föl.

Galvani 1789-ben tapasztalja, hogy vas-szegről függő réz-horogra akasztott béka, a mint bizonyos ingásba hozatván, ez alatt testének egy része a rézhorgot, más része pedig a vasat érintette, erős rángatózásba jött: ezt *Galvani* s utána igen sokan úgy magyarázták, hogy a békában állati villam van, s ez az, mi az ércék által elvezettetik. Majd *Volta* megfordítja e magyarázatot, azt mondván, hogy a különmemű ércék érintkezése a származott villam oka, a béka teste csupán vezetője e villamnak, úgy hogy az érintés által egyik érc +, másik — villamosságot nyervén, ezeknek a testen keresztül- mente szükségképen rázatást vagy rángást tartozik eszközölni. *Karsten* ez elméletet később bővebben kifejtette. *Volta* e század elején föltalálja a villamoszlopot, mellyel *Nicholson* és *Carlisle* feloszlatják a vizet, *Davy* pedig 1808-ban fölfedezi a földék és égvények való természetét, *Zamboni* aranyos és ezüstös papirlevekéből villamoszlopot alkot, mit *Bohnenberger*, villammutatójában igen célszerűleg használ.

Graham még 1722-ben fölfedezvén, hogy a delejtűnek napszaki ingásai vannak, ezen kívül a delej körül alig tapasztaltattak új tűnemények. *Humboldt*, *Hansteen* s ifj. *Erman* a föld-delej erősségének, göncöleinek, egyenlítőjének meghatározásában sokat tettek. *Arago* pedig a' forgó testeknek delejtűre hatását mutatta ki.

Oersted 1819-ben kimutatja a villam és delej lényeges egyheffüggését, egy villamoszlop zársodronyának delejtűre hatásában. Nem sokára ezután *Schweigger* föltalálja a villamszorozót, *Ampère*, *Erman*, *Schweiger*, *Baumgartner*, *Barlow*, saját készítményekkel lépnek föl, mellyeken a villam delejes hatása kitűntessék. *Ampère* a villam ezen hatásából igyekezett a delej lényegét lehozni.

Faraday 1831-ben kitalálja a delej-villamot, azaz a delejnek villamos hatását, s azolta *Antenori*, *Bequerel*, *Dove*, *Forbes*, *Gausz*, *Moser*, *Nobili*, *Pogendorff* stb. nevezetes sükerral munkálkodnak e tárgy kiművelésén. Majd *Pixü*,

Saxton, Pohl, Ettingshausen saját delejvillamgépeket, azaz olly készítményeket, mellyeken a delej villamos hatása világosan kimutathassék, csináltattak.

A villam elméletét illetőleg *Fabroninak* (1791) akkor nem méltánylott nézete, hogy t. i. vegytanos folyamat oka a villam származásának, az ujjab időben, *Wollaston, Parrot, Faraday* és *la Rive-ben* nevezetes pártolókra talált.

(A természettan történetére lásd: *Fischers Geschichte der Physik. stb. Göttingen 1801 — 1808; Gehlers Physikalisches Wörterbuch neu bearbeitet VII. 524 kk.; W. Whewell's Geschichte der inductiven Wissenschaften Stuttgart 1840.; Kämtz's Lehrbuch der Experimentalphysik 463 kk. lap; Tarczy L. Természettan története a hajdankorban Tudománytár 1840. XII).*

8. A természeti lények számtalan seregében találunk ollyakat, mellyek súlyosak, megfontolhatók (kő, fa, víz, levegő stb.), viszont ollyakat is, mellyek súlytalanok (hév, fény, villam); ez utóbbiakat *hatványoknak* nevezhetjük. E szempontból két fő részre oszthatni a természetant u. m. *súlytanra* és *hatványtanra*. A súlytan tüneményeit következő rendben adandjuk elő.

I. Súlyos testek általában.

1. Köz tulajdonságok.
2. Különbségek.

II. Szilárd szerkezet.

1. Szilárdálltan.

- | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|------------------|
| <ol style="list-style-type: none"> a) Több külön testek b) Egy test részecskéi | } | közti súlyegyen. |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|------------------|

2. Szilárdmoztan.

- a) Földi mozgás.
- b) Égi mozgás.

3. Szilárdhullámtan.

III. Híg szerkezet.

1. Hígálltan.
2. Hígmoztan.
3. Híghullámtan.

IV. Légnemű szerkezet.

1. Légálltan.
2. Légmoztan.
3. Léghullámtan.

V. Hang.

1. Hang származása.
2. Hang terjedése.
3. Hang felfogása.

J. E felosztás csupán előleges átnézetül szolgál, s helyessége, valamint az egyes szakaszok jelentménye is, a maga helyén fog kiténni.

ELSŐ RÉSZ.

S Ú L Y T A N.

Első szakasz. Súlyos testekről általában.

Első fejezet. Köztulajdonságok.

9. Vanuk oly jellemek, mellyekkel nem csupán egy két, hanem minden test bir a' természetben; azokat közjellemeknek vagy tulajdonságoknak nevezük. Illyenek az *áthallanság, terjedtség, oszthatóság, tikacosság, súly, tehetlenség, mozgékonyág.*

10. Ha egy test (p. viz) elfoglalt valami tért (p. kádat): ezt ugyan azon időben más test (péld. testem) nem foglalhatja el. A testek e tulajdonságát *áthallanságnak* nevezik. Innen van, hogy hígat egy edényből másba csak úgy tölthetni, ha ebből levegő repült ki; szájjal lefelé tartva vízbe merített üvegpohár vízzel nem telik meg egészen.

1. J. Ha üvegpalack szájába egy töltéért úgy alkalmazsz, hogy e kettő közt ne maradjon tér, mellyen a palackban s ezen kívül levő lég egymással közlekedjenek, tehát ha e töltéért valami tapasztszal a palack szájához ragaszod: ekkor a töltésérbe töltött víz nem fog a palackba lemenni. — A buvárharang nem más, mint egy nagy egy felül nyílt harang-alakú edény, rendesen ólomból készítve, mellyet ezen nyílt felén a vízre téve elmeríthetni a nélkül, hogy vízzel egészen megteljék. Ezen harangba ülve mennek le a buvárok a vizek fenekére, hogy innen tán gyöngyöket, vagy elmerült hajók portékáit halásszanak.

2. J. Ezen tulajdonságra épül a parányiskolások rendszere, melly a testeket apró, oszthatlan s idomajkra nézve változhatlan részecskékből = parányokból állni mondja. Hanem e parányok fölvétele alaptalan. Mert a nevezett parányok vagy tért töltenek be, vagy nem. Ha igen: úgy, mint a tér, azok is végtelenül eloszthatók, és így nem parányok. Ha nem: akkor tért el nem foglaló parányokból miként alakulhat tért elfoglaló test? Egy újabb rendszer tehát másképen igyekezett a test vagy inkább az anyag igaz fogalmára jutni. E rendszernek teremtője *Kant*, s az azzal tartók *erőiskolásoknak* neveztetnek. Szerintök az anyag nem egyéb, mint az eredeti taszító és vonzó erők összeütközésének eredménye, mit így világosítanak. Van eredetileg vonzó és taszító erő: mert ha csak vonzó erő volna, úgy az anyag egy mértani pontra húzódnék össze; ha pedig csak taszító erő volna a testben: úgy ennek részei végtelenül elszélednének, következőleg sem ez, sem amaz esetben bizonyos határba szorított anyag nem létezhetnék. Úgy de van illyen test számtalan. És így vannak azon eredeti erők is, mellyek egymás törekvéseinek határt szabva képezik az anyagot. Azonban ezen erők, össze-ütközéseikben számtalan sokféle viszonyban lehetnek egymásra nézve; és épen ezen erők különböző viszonyától függ a testek között tapasztalható nagy különbség. Megjegyezzük, hogy az anyag ezen meghatározásának méltánylása az észtauba tartozik.

11. Minden test térben van. A testek e tulajdonságát *terjedtségnek* nevezzük, melynek határpontjai képezik a test termetét. A testek termetei végtelenül különbözők; némelyek p. az ablakfagy, lepkeszárny-por, igen szabályszerűsek; némelyek nagyok, mások kicsinyek. Soknak oly parányi terjedtsége van, hogy azt sem tapintani, sem pusztá szemmel látni nem lehet, sokat még nagyítóval sem. Vannak platin-sodronyok, melyek csak izzásaikban láthatók; vannak ázalékok, melyeknek világa egy csep víz, melylyekből ezer egy porszem átmérején elfér, tehát félezer milliionszor kisebbek egy porszennél. a); — az illatot pedig még nagyítóval sem lehet észrevenni.

1. J. Minden test terjedtségének három iránya van, *széle, hossza, magassága*. Egy irányát (p. szélet vagy hosszát vagy magasságát) bizonyos egységgel vagy mértékkel mérjük meg, mely nagyobb vagy kisebb a megmért test vagy távolság nagysága szerint. Így p. az égi testek távolságának kifejezésére a fősugárt (860 mf.) vagy földátmérőt (1720 mf.) vagy földpálya-átmérőt (4000000 mf.) használjuk mértékül. Köz-életben mér földdel, öllel, lábbal, röffel ($2\frac{1}{2}$ láb) stb. élünk. 1 mf. = 4000 öl; 1 öl = 6 láb; 1 láb = 12 hüvelyk; 1 hüvelyk = 12 vonal. A felszint (két irányú terjedtséget) négyszeg mf., öl, láb stb. által fejezzük-ki. Beszélünk néha holdszámra is, melynek nagysága a föld minősége szerint 800 négyszeg öltől kezdve mehet mintegy 3000 négyszeg öllig. Az egész test nagyságát (= három irányú terjedtségét) köb-öllel, lábbal stb. mérjük. Szokásban vannak még: akó = 64 ice, öreg-cseber = 100 ice, kis cseber = 50 ice; pozsonyi mérő = két véka; 1 véka = 36 ice; pesti mérő = 3 véka, 1 köböl vagy szapu = 4 véka stb. b).

a) Mértanom 131 § szerint kiszámíthatod ezt, ha a porszemet gömbnek vevén $\frac{4}{3} r^3 \pi$ képletet használod, melyben r 500-t tevé, kijön, hogy a porszem 523333333 $\frac{1}{3}$ -szer nagyobb mint egy ázalék.

b) Lásd Mértanom 100. § 1. 2. 119. §; továbbá 144. 145. lap. 42. 43. 44. — Franciaországban a föld délköre negyedének tíz milliomed része vétetik a hosszúsági terjedtség egységének, s *metrenek* nevezetik. Ennek tízed, század, ezere rész: decimeter, centimeter, millimeternek; tíz, száz, ezer annyja decameter, hectometer, kilometernek; — a felszín-mérték egysége, mely oly négyszeg, minék minden oldala tíz metre, *are*-nak; — a kocka vagy űrmértéknek, melynek minden oldala egy decimeter, egysége, *litre*-nek mondatik. Most már meglehetősen szabatossággal tudjuk a különböző országokban divatozó mértékek viszonyát, s így könnyű egyiket a másikkól kiszámítani. 1 angol láb = 0, 304794 metre; 1 porosz vagy rajnai láb = 0, 31385 metre; 1 bécsi láb = 0, 316102 metre; egy párizsi láb = 0, 324839 metre. E francia mérték jelessége nem természetiségében, hanem tizedességében áll, mely szerint számolásban igen könnyen kezelhető; s ezért igen megérdemelné, hogy annak köz-bevételét minden ország, törvénnyel parancsolná.

A hosszúság szabatos meghatározására *parányosztóval* ellátott mérlemez kívántatik. Parányosztónak nevezik azon egyenlő részekre osztott egyenes vagy görbe vonalt, melyet a lemezen föl s alá toltatni, s arra használhatni, hogy két egymás után következő részcsek távolsága kisebb részekre osztathassék. Ha a lemez egy darabja $11''$ s ez 11 egyenlő részre van osztva: akkor ebből egy részt így fejezzük ki: $\frac{1}{11}$. Ha a parányosztó hossza szinte $11''$ hanem 1-1 több azaz 12 részre van osztva: akkor ebből egy részt így fejezzük ki: $\frac{1}{12}$, mi a mint láthatni, egy vonalnál kisebb. Vajjon mennyivel? $\frac{\frac{1}{11} - \frac{1}{12}}{\frac{1}{11} - \frac{1}{12}} = \frac{1}{11} - \frac{1}{12} = \frac{1}{132}$ vonalnál. Ebből világos, hogy két vonalnál $\frac{2}{12}$, háromnál $\frac{3}{12}$ stb. a különbség. Ép' ez az eset, ha a mérlemez $13''$, a parányosztó ugyanakkora, de 12 részre osztva van. Legyen (1 kép) *vt* a megmértendő vonal. Ezt a mérlemezhez *ab* (melly legyen, itt vonalokra osztva) illeszt-

12. A testek terjedtsége változik, azaz téríméjük lehet nagyobb vagy kisebb. Ujjainkkal összszenyomott szivacs, kalapácsal vert fa vagy vas, össze-sajtolt posztó vagy gyapju kisebb tért foglalnak el mint foglaltak e nyomás vagy ütés előtt. Ugyan ez történik a meghülő testtel is. Hideg kézre könnyebben fölmegey a keztyű, mint melegre. Azon vasgolyó melly megmelegittetve egy vaskarikában fönnakad, meghülvén, azon könnyen keresztül megey. Vizszont ha a test melegét nagyobbítjuk, ez által terjedtsége is nagyobbodik; általában nagyobb meleg nagyobb térímét, kisebb meleg kisebb térímét eszközöl. Levegőnk melege, a mint tudjuk, folyvást változik: változik tehát az ebben levő testek terjedtsége is. És így ha valami levegőben függő test terjedtségének a meleg általi nagyobbodását megtudnók mérni: ez által a meleget is megmérhetnök. Azon műszer, melly a meleget valami test hev általi kiterjedésének megmérésével határozza meg, *hővmérőnek* nevezetik. Minthogy a hővmérő addig is, míg a hévtanra érünk, hova az sajátképen tartozik, sokszor előfordul: célszerű leend annak egész alkatját már itt a természettan pitvarában előadni. Háromféle hővmérőt szokás használni a szerint, a mint a meleg háromféle test kiterjedéséből határoztatik meg, ugymint *higanyhővmérőt*, *borszeszhővmérőt*, s *léghővmérőt*. Itt csak a két elsőről fogunk értekezni. A *higanyhővmérő* áll egy szoros, jól üregyenlített üvegcsőből, mellynek egyik végére többnyire gömbalakú edény van fuva. Ezt egy bizonyos magasságra, tiszta száraz higanyal megtöltvén, a higanyba-valamint az üveg s higany közé szorult levegőt is meleg által kihajtják. Hasonlóan üzik el a higany fölötti légoszlopot is, mi meglevén, a cső beolvasztatik. Most már mértéket kell az ennyire kész hővmérőn készíteni, melly végett a cső olvadni kezdő jégbe tetetik (mellynek hatására, természetesen, kisebbbedni kell a higanyoszlopnak), s itt hagyatik mind addig, míg a higanyoszlop hossza többé nem változik. Ekkor az üvegen azon pontot, melly a nevezett oszlop végének megfelel megjegyzik, s ezt *fagypontnak* nevezik. Ezután a cső tiszta forró vízbe tetetvén, a benne levő higanyoszlopnak hosszszabodni kell, s így legnagyobb hosszszusága itt is megjegyeztetik, ennek végpontja *forrpontnak* neveztetvén. A két pont

vén, látom hogy $9''$ — nál több de 10 nincs. Most a parányosztót *po* úgy tolván a lemez fölé, hogy annak *o* pontja a vonal *l* pontjával összszeeessék, nézem a *po* egy rovata hanyadik vonáson jön össze a lemez rovatával; a hanyadikon egybe jön, annyi tizenkettedrészre egy vonalnak azon darabka, melly *vt*-ben 9 vonalon felül maradt.

Ha ezt olvassuk: egy szálahj vastagsága $\frac{1}{50}''$, selyembogár-fonalé pedig $\frac{1}{170}''$, azt kérdezzük, miként mérik ezeket meg. Így: a megméréndő selyembogár-fonallal körül tekernek egy üvegcsőt vagy iracsot, úgy, hogy a szálahk egymás mellé essenek, a körültekerés számát megjegyezvén. Majd e szálahkat, a mennyire csak lehet, egymáshoz közel tolják. Egy köriróval valami mértékről egy vonalt levezvén, azaz a köriró szárait egy vonalnyira távolítottvén el egymástól, ezt használják annak mértékeül, meddig kelljen a fonalat a mondott hengerre gombolyítani. Ha már p. 170-szer tekerték körül a fonalat a henger egy vonalnyi darabján: akkor bizonyos, hogy egy szál illy fonal vastagsága $\frac{1}{170}$ vonal leend.

közti tér (*alaptáv*), egyenlő részekre vagy fokokra osztván, még pedig Réaumur szerint 80, Celsius szerint 100, Fahrenheit szerint 180 egyenlő részekre, a két első esetben a fagypontra 0° -al, a harmadik esetben 32-vel; a forrpontra pedig Réaumuréban 80° , Celsiuséban 100° , Fahrenheitéban $180 + 32 = 212$ vel jegyzik meg. Lehet ezután a fokokat folytatni mind a forrpontra felül, mind a fagypontra alul, és a 0° on aluliakat tagadó (—) vagy hideg fokoknak, azon felül levőket pedig állító (+) vagy meleg fokoknak nevezni. c) — A *borszeszhévmérőt* épen úgy készítik mint az előbbi, azt megjegyezvén, hogy minden ily hévmérőhöz egyenlő erejű borszeszt kell venni (különben nem fognak megegyezni). Mivel különböző testek különböző viszonyban terjednek ki ugyanannyi meleg által, a szerint, a mint mindegyik fagy- és forrponthoz közelít: világos, hogy a higany- és borszeszhévmérőknek lehetetlen megegyezniök. Hogy a higanyhévmérő a borszeszhévmérőnél általában jobban kedveltetik: onnan van, mivel a higany kiterjedése legalább a fagy- s forrpontra között meglehetősen arányban van a meleg valódi menetelével, mint ezt kiváltképen *De Luc* egy csomó jeles kísérletével bebizonyítja. A hévmérő készítése körül szükséges vigyázati szabályokról s egyéb ide tartozókról majd a hév-tanban.

J. Némelly testek p. az agyag, melegben, a helyett hogy kiterjedne, össze-megy. Tudjuk, hogy a téglá kisebb mint volt vályog korában. Ez onnan van, mivel az agyag-vályogban volt sok víz s polyva vagy szalma, a meleg hatására részint elpárologván, részint elégvén, természetes, hogy a testnek mellyből ennyi anyag elment, kisebbé kellett lenni.

13. Mint a tér, úgy végetlenül eloszthatók az abban levő tárgyak is. Hanem tapasztalásból csak annyit mondhatunk, hogy számtalan kísérletek után a testek elosztását igen messze vihetni.

J. Az anyag rendkívül messzire haladó eloszthatóságára sok példát szokás felhozni. Illyenek a következők: az aranyművesek egy szemer (15. 2 J) aranyat 36 □ hüvelyknyi területre tudnak kalapálni. A sodronyhuzók 22 hüvelyk hosszú, $1\frac{1}{4}$ vonal vastag ezüst rúdat megaranyozván, abból 110 mérföldre terjedő, és mégis köröskörül megaranyozott sodronyt huznak; ezen aranyozás vastagsága oly csekély, hogy *Black* számítása szerint 14000000 ily levelek tenne egy hüvelyket, holott ugyan ennyi egymásra tett közönséges írópapiros $\frac{3}{4}$ mérföldre terjedne el. Egy font pamutból 40 mérföldnyi hosszú fonalat huzhatni, s az indusok oly muszelint szőttek, mellyből 30 rőf egy közönséges szelencébe bele fért. A platinból $\frac{1}{300000}$ hüvelyknyi vastag sodronyt lehet készíteni, mellyet pusztá szemmel csak izzó állapotában vehetni észre.

c) Akarmeltyik hévmérő szerint kifejezett meleg fokait könnyű csupa egyszerű számvetés által a másik fokaira áttenni. Ha p. a hévmérsék bizonyos mennyiségű fokait *Réaumur* szerint Rnek, *Celsius* szerint Cnek, *Fahrenheit* szerint Fnek nevezzük: akkor áll ez arány:

$$180: 80 = F - 32: R$$

$$9: 4 = \text{---} \text{---}$$

$$9: R = 4 (F - 32) \text{ (Mtan. 25 §.)}$$

$R = \frac{4}{9} (F - 32)$ (Mtan 73 §. 4) Ep ily kezeléssel jönnek ki e következő képletek: $\frac{4}{5} C = R$; $\frac{5}{9} (F - 32) = C$; $\frac{5}{9} R + 32 = F$; $\frac{3}{4} R = C$; $\frac{3}{4} C + 32 = F$; *Példák*: R szerint 30° , mennyi C szerint? $C = \frac{3}{4} R$, tehát $\frac{3}{4} \cdot 30 = \frac{150}{4} = 37\frac{1}{2}^{\circ}$. — F szerint 59° mennyi R szerint? $R = \frac{4}{9} (F - 32)$; és így $= \frac{4}{9} (59 - 32) = \frac{4}{9} \cdot 27 = \frac{108}{9} = 12^{\circ}$

Aranyból s ezüstből készítettett egy négy kerekű kocsi, benne néhány személy, elől egy kocsis ült, s mind ez olly kicsiny s könnyű, hogy egy balha elhuzta. — *Fraunhofer* egy hüvelykre 32000 vonalat húzott. — Egy szemernyi carmin 20 font vizet észrevehetőleg veresre fest. — Egy pár csepp jó szagú olaj tízön elpároltatván, szagával betölt egy jókora szobát. — Egy kis mosusz, esztendők mulva is észrevehető szagot terjeszt el a nélkül, hogy súlyából valamit veszítene. — Provence partjain termő rozmarin szaga a tengeren 20–30 mérföldre elterjed. *d)*

14. A' tömeg és térime (1) viszonya nem minden testnél egyenlő, azaz okaink vannak azt állítani, hogy némely testben több anyagi részecse van, mint egy másikban, bár térimeik egyenlők, mi más-kép' nem lehet, mint, hogy az anyag (1) kisebb nagyobb olly közök által van megszaggatva, mellyekben illy anyag nincs, más szóval *a testek likacsosok*. Sok test likacsait már pusztá szemmel észre vehetni; nagyító még tisztábban kimutatja azokat. Azonban ne véljük, hogy e likacsok üresek; sőt mivel minden általunk ismert test ki van téve a levegőnek, ez pedig finomságánál fogva minden legkisebb likakba képes beférközni: föl kell vennünk, hogy e likacsok levegővel telvék.

J. Higany keresztül megy a szarvasbőrön csupa kéznyomás által, sajtó által pedig a legtömöttebb fán is. Vizbe vetett darab fákból, dióhéjából, tojásokból buborékok jönnek föl, azt mutatók, hogy a likacsokban volt levegőt a víz kihajtja. Mi számtalan likacs van az állati test bőrén: lehet látni a sok izzadságból, s a különböző kenetek hatásából. *Lövenhöck* nagyító segítségével egy hüvelyknyi hosszúságra ezer likacsot számált meg az emberi test bőrén, következőleg, ha az emberi test felületét 14 négyszeg lábra tesszük, azon összesen 2016000000 likacs fog lenni. *Skorezby* beszél egy esetet, mellyben egy csónak a tenger melyére menő cet által víz alá ragadtatván, miután azon cet megöletett, s a rajta függő csónak is felhúzatott, ez a víz nyomása által annyira összszétozotott, hogy még kiszáraztás után sem volt képes a vízen úszni. Itt tehát kisebb likacsok származtak a hatalmas nyomás által. — Néha megdagadnak bizonyos testek; mit tesz ez? azt, hogy a légből nedvességet vetek likacsaikba s ez által kiterjedtebbékké lőnek. — Ha a sziklába száraz fa-ék erősen belé veretvén, ez időnként megöntöztetik: az ék annyira megdagad, hogy a sziklát szétrepesztí. — Tölts teli egy hordót borsóval, ez után tölts rá vizet: ez által a borsó annyira megdagadand, hogy a hordót szétrugja. Ép így választjuk el a koponyának iszonyú erősen összszéálló csontjait is. — Rajzoló, tábláikra a papírost vizezve ragasztják föl, hogy így nagyobbá levén, majd a megszáradáskor összszegorván simára feszíttessék. — Meleg száraz időben ellenkező történik a nedves fával: ezért asznak öszsze a nedves fából készült bútorok; ezért dőlnek öszsze a kiszáradt dézsák stb. — Miként szokás

d) A hasonszenv gyógyszerében az előszámáltaknál sokkal kisebb részekre van az anyag elosztva. Vannak adagok, mellyekben egy szemeknek csak egy quintiliomod része van. Milly parányi ez: megtetszik e következő fontolgtatásból. Ha fölveszszük, hogy földünk 6000 éves, s rajta ennyi év alatt mindég élt 1000 milliom ember, s szinte fölveszszük, hogy ez alatt minden másodpercben minden ember vett volna be egy illy adagot: kérdés, mennyi fogyott volna el ezen gyógyszer anyagából? $365 \text{ nap} \times 6000 \text{ év} = 2190000 \text{ nap.} \times 24 \text{ ór.} = 52560000 \text{ óra} \times 3600 \text{ mperc} = 189216000000 \text{ mp.}$ vagy kerek számmal 190 ezer milliom mp. $190000000000 \times 1000000000 = 190000000000000000 = 190 \text{ triliom adag.}$ S mivel egy adagban egy quintiliomod része van egy szemeknek: 190 triliomban, 190 triliom illy quintiliomod rész leend, azaz

$\frac{190000000000000000}{1000000000000000000} = \frac{190}{1000000000000000000}$
része egy szemeknek; s csak ennyi fogyott volna el 6000 év alatt egy szem gyógyszerből. —

meggörbíteni egy fa-rudat, vagy deszkát (dongákat)? A fa görbítendő pontjait tűz fölé tartják, ellenkező lapját pedig állandóan nedvesítik. Ez által a tűz fölötti fa-részek mind inkább közelednek, a tulsó laponi részek pedig mind inkább távoznak egymástól; következőleg a fa meggörbülend. — Nedves kötél vastagabb mint száraz, hanem egyszersmind rövidebb. E körülményt használták Romában V Sixtus pápa korában, egy tizezer mázsás obelisk föllállításá alkalmával. T. i. a csigasor kötelei meghosszszulván, az obelisket csak úgy tudták az alzat fölé emelni, hogy azokat (egy néző javaslatára) megvizeték; mi által a kötelek meg-rövidülvén, a cél elérve lön.

A nagy likacsú testeket (szivacs, kéregfa, cukor, puha kenyér) stb. *rit-kásoknak*, a kis likacsúakat pedig (arany, ezüst, vas, ólom stb.) *sűrűeknek* vagy *tömötteknek* nevezük.

15. Tenyerembe vevén egy ólom-gömböt, érzem, hogy ez nyomja azt. E nyomást *súlynak* nevezik. Két ólomgömb érezhetőbben nyomul tenyeremre, azaz a kettő sulyosabb mint egy. Ezt így fejezzük ki: a' suly arányban van a tömeggel, azaz minél nagyobb egy test tömege, annál nagyobb sulya is. A' mint hogy a' testek tömegét csak súlyaikkal tudjuk meg határozni. — Egy kövecset ujjaim közül kibocsátván a' levegőben, látom, hogy az a földszinre esik. Ugyan ez történik fával, ólommal, rézzel, vassal stb. Fonal végére egy darab kövecset kötvén s a másik végét kezemben tartván, látom, hogy a fonal megfeszült, észre veszem, hogy a földre igyekszik esni, a mint hogy ha a fonal végét ujjaim közül elbocsátom, rögtön le is esik az. A testek ezen földre törekvését *nehézségnek* nevezük.

Ha a különböző testeknek levegőben esését egybe hasonlítod: úgy találsz, hogy a súlyosabb testek sebesebben esnek, mint a kevéssé sulyosak. Azonban tudván tapasztalásból, mennyire ellent áll a levegő a mozgó testnek, nem kétled, hogy az esés űrben másképp menne véghez. Azért, ha egy alkalmas hosszú üvegcsőben, melyből a levegőt légszivattyúval lehetőleg kiszorítottad, próbálsz különböző súlyú testet, p. egy aranyat, egy darab fát, s egy pöhölykét leeresetni, ime azt tapasztalod, hogy mind a három test egyszerre ér a cső fenekére. Ha ezüst tallér fölé egy ezzel egyenlő nagyságú vagy kisebb deszka darabkát, e fölé egy ez utóbbinál is kisebb papiros levelkét tészsz, s e helyzetben e három testet ujjaid közül bizonyos magasságban elbocsátod: azt tapasztalod, hogy így e három test egymástól el nem válva esik le, midőn különben, azaz ha nem egymás fölött, hanem egymás mellett esnek azok, a földszint egymás után érendik el, először az ezüst, azután a fa, végre a papiros. E tünemény okát abban találjuk, hogy az első esetben nem lehetett a levegőnek nagyobb ellentállása egyik vagy másik testre, minthogy ezek egymás fölött voltak; de igenis különböző volt ez ellentállás az utolsó esetben; épen ezért estek le különböző idő alatt. Ez előadott mind két kísérletből azt következtetjük, hogy *minden test egyenlően nehéz*, azaz minden test egyenlően vonzódik valami erő által a föld felé, még pedig minden anyagi részecskéje a testeknek egyenlően vonzódik, tehát úgy, hogy egyik részecske a másikat esésében nem gátolja, nem is siétteti, hanem olly függetlenül esik le, mint ha mindenik más más testet képezne.

Ha azon irányt, melyben esik vagy esni törekszik a test a föld színére, megvizsgáljuk: úgy találjuk, hogy az a földszínrre vagy víz-irányra mindég függélyes; tehát függőleg vonzatik a test a föld felszínére. —

1. J. Az előadottak szerint minél sulyosb egy test: tömege annál nagyobb Ha véssz két testet, p. krétát s ólmot, melyeknek egyenlő tériméjök van, s tapasztalod, hogy sulyaik különbözök: bizonyosan azt kell mondanod, hogy a sulyosabb test anyagi részei többek = tömege nagyobb, egyszersmind sűrűbb, mint a kevésbbé sulyosé. A testek ezen sulyát, melyben tériméjökre ügyelet van, tehát melyben az van meghatározva, hogy p. mennyit nyom egy köb láb arany, mennyit egy köb láb ólom, vas, viz stb. nevezik *faj-súlynak*. E fajsúlyt, valamint az ezel benső összszefüggésben levő tömötséget (ritkás — vagy sűrűség) a vízhez szokás hasonlítani, azaz a víz tömötségét teszik a tömötség egységévé, s minden egyéb testek tömötségét olly számmal fejezik ki, mely azt mutatja, hánszor van meg az ő szintakkora tériméjű tömegében a víz tömege. Így péld. az arany tömötségét 19-l fejezzük ki, minthogy ebből egy kocka láb 19 szer több tömeget tart magában, mint egy kocka láb víz. — Mivel a meleg a testeket kiterjeszti: természetes, hogy péld. egy köb láb 25° meleg vízben kevesebb anyag van, mint ugyan 1 k. láb 10°-ban, következőleg hidegebb testből 1 k. l. többet nyom, mint ugyan azon testből ugyan annyit, melegebb állapotában. Ebből világos, hogy ha a testek fajsúlyát pontosan egybe akarod hasonlítani: akkor ezeket előbb teljesen egyenlő melegekké kell tenni.

2. J. Francia országban a súly meghatározására egy centimeter oldalú kockába férő, 2, 7° R. melegségű víz terhét vették föl egységnek, s *grammenak* nevezték; ennek tized, század, ezerez részét decigramme, centigramme, s milligrammenak, tizszer, százszor, ezerszer annyiját decagrammenak, hectogrammenak, s kilogrammenak. Köz életben a mázsát fontot s latot szokás ezen súly egységének venni, mi minden országban törvény által van meghatározva. Egy bécsi font = 560012 milligramme, következőleg egy gramme 13,714 bécsi szemer. Egy mázsában 100 font, 1 font-ban 32 lat (gyógyszerészeknél csak 24) 1 latban 4 nehezék, 1 nehezékben 3 terecs, 1 terecsben 20 szemer, tehát egy gyógyszerész fontban 5760 szemer számítottak.

16. Tapasztalásunk után minden testet *tehetetlennek* tudunk, azaz ollyannak, mely állapotát, legyen ez nyugvás vagy mozgás, önkényt nem változtathatja. e) Arra, hogy egy nyugvó test megmoz-

e) Egyenmű testekben a tömegnek M (massa) tériméhez v (volumen) viszonya nem más, mint azoknak tömötsége D (densitas). És így I.) $D = \frac{M}{v}$

M = vD; III.) $v = \frac{M}{D}$ Ha P (pondus) a test sulyát, h nehézségét (bizonyos

helyen, minthogy az, mint alább meglátjuk, nem mindenütt egyenlő a földön) jegyezi: akkor azon lap, melyre a mondott test nyomul, ennek minden anyagi részétől, h nyomást szenved, és így ennek M-étől Mh-t. Tehát IV.) $P = Mh = vDh$ (II). Legyen ugyan azon helyen egy más test tömötsége d, súlya p, tériméje pedig az előbbi testével egyenlő v. Ekkor a IV.) szerint $p = vdh$. És így V.) $P : p = vDh : vdh$

= D : d. Mivel a faj-súly s (pond. specificum) nem más, mint bizonyos testnek meghatározott térimé (1 kláb) alatti súlya: azért, ha $P = vDh$, VI.) $S = Dh$ leend (mert v = 1), következőleg (a IV. s V. ből)

VII.) $P = vS$, és VIII.) $S = \frac{P}{v}$. Végre egy más testre nézve, melynek faj-

súlya s, tömötsége d, lesz $s = dh$, és így

IX.) $S : s = Dh : dh = D : d$ azaz a *fajsúlyok* illető tömötségeikhez *aránylanak*; ez oka, hogy sokszor a fajsúlyt a tömötséggel felcserélhetni.

duljon: szükségképen kell lenni valaminek, mely őt mozgásra bírja; úgy szinte, ha a mozgó test megáll: ezen nyugvást kellett valaminek eszközölni. Igaz ugyan, hogy az élő állati testben önkénytes mozgást találunk: hanem ez bizonyos szellemi erőnek eredménye, amint-hogy e mozgás sem alvó sem holt testnek nem sajátja. Azért még az élő test anyagát is magában tehetlennak kell tartanunk. Igaz az is, hogy egyes mozgó testek, sebességök folyvást kisebbedvén, utóbb megállnak: hanem ez nem a test önkénytes akaratóból lett; s bár az azokat megállító erőket nem vesszük észre, de ott vannak péld. az alzatnak, mellyen a mozgás történik, darabossága, lég ellentállása. — Miért mozognak örökké az égi testek, s mindég ugyan azon úton? Azért, mert anyaguk tehetlen; az első taszítás után s által adott útat ők soha maguktól el nem hagyandhatják, ha ugyan, ott alzat darabossága vagy lég ellentállása nincs. — Miért indulnak el olly nehezen egy malom kerekei? Mert ezek anyagja tehetlen, azért a víznek egy kis időre van szüksége, míg e tehetlenséget legyőzi. Ha pedig a víznek kerékre hatása megszűnt: még ezután forogni fog az egy kevés ideig. — Terhes szekereket megindítani szörnyű nehéz, s erre sokkal több erő kell, mint miután megindítottak, azoknak huzására. — Kocsi és csónak ha megállítatnak, nem jutnak egyszerre nyugalomba. — Ha erős futásban vagyok: nem tudok egyszerre megállni. — Az emberi test szabadon álló része tovább mozog egy hajón, ha ez partra ütközött, vagy kocsin, ha ez hirtelen megállítatott, ellenben ugyan az tovább nyugszik, ha a kocsi hirtelen megindult. — A kalapácsot nyelében, erre ütés által erősítjük meg stb. stb.

17. A tehetlen anyag, bizonyos erő hatván reá, elhagyja azon helyet, mellyet elfoglalt, azaz megmozdul; s mivel ez minden tettel megtörténhetik: mondhatjuk, hogy a *mozgékonytság* köz-tulajdonság. Az út, mellyen halad a test, egyenes vagy görbe vonal (valólag henger vagy hasáb), s a sebesség, mellyel halad, *egyforma*, ha ugyanannyi idő alatt mindég ugyanakkora tért végez, péld. a föld forgása; különben *egyformátlan*, s ez utóbbi esetben *sebesedő*, vagy *lassudó*, még

1. Ha két testben csak a térimék egyenlők: akkor (III) $V = \frac{M}{D}$, és $V =$

$\frac{m}{d}$; tehát $\frac{M}{D} = \frac{m}{d}$ vagy $M: m = D: d$. Vegyünk föl 1 kláb fenyő-fát és 1 kláb ébenfát; nyomjon ez $2\frac{1}{2}$ szer többet mint amaz: akkor tömötsége $2\frac{1}{2}$ szer nagyobb leend.

2. Ha két testben csak a tömegek egyenlők: akkor (II) $M = VD$ és $M = vd$, tehát $VD = vd$, és így $V: v = d: D$ azaz a térimék viszásan aránylanak a tömötségekhez, p. itt van egy darab fenyő fa és egy darab ezüst; mind egyik nyom p. $\frac{1}{4}$ fontot, hanem amannak 19 akkora tériméje van mint ennek. Ekkor fa térimé: ezüst tér. = fa töm.: ezüst töm.

19: 1 1: 19.

3. Ha két test mind tömege, mind tériméje különbözök: akkor a szerint $D = \frac{M}{V}$; $d = \frac{m}{v}$, és így $D: d = \frac{M}{V}: \frac{m}{v}$, péld. 1 lat ezüst (m), 3 lat platin (M), emennek tériméje (V) 6 kvonal, amazé (v) pedig 4 kv. ekkor $\frac{3}{6}: \frac{1}{4} = 12:6 = 2:1$

pedig *egyformán sebesedő* (lefelé eső kő), és *lassudó* (fölfelé hajtott kő), ha a sebesedés s lassudás úgy nő vagy fogy, mint az idő, azaz úgy, hogy péld. kétszer háromszor akkora időben két vagy háromakkora a sebesség is vagy valami más viszonyban; végre *egyformátlanul sebesedő és lassudó* (inga mozgása).

1. J. Azon tér, mellyel egyformán mozgó test bizonyos időben elvégez, ad képzetet annak sebességéről. A sebesség mértéküül föl van véve egy lábnyi út egy másodperc alatt. Ezt mondván tehát, hogy egy álgugómb sebessége 1600 láb, ez azt teszi, hogy a nevezett gömb 1600' halad egy másodperc alatt. Így a közönséges szél sebessége 10', viharé 50', sebesen hajtott kőé 60', sasé 95', dühös orkáné 80—120', sebes gyalogé 5', sebesen hajtott vitorlás hajóé 14', versenyt futó angol lóé 41', agaré 78', csigáé $\frac{1}{200}$ ', dunaé 5—6', hangé 1050', a föld egyenlítőjének egy pontjaé 1431', a földgömbé (pályáján) kevéssel több, mint 4 mérföld, fényé 40000 mérföld. f)

2. J. Mozog e vagy nyugszik valamely test: ezt nem mindég olly könnyű elhatározni, mint első pillanatra tetszik, ha ugyan vannak tetsző nyugalnak és mozgások. Ha egy sebesen haladó hajó szobájában ülök: itt minden tárgy nyugodni látszik; s ha az ablakon kitekintek: hajlandó vagyok minden a vízben uszó testről, partról stb. azt hinni, hogy ezek ellenkező irányzatban sebesen mozognak el mellettem. Így e két tárgyat (hajót s partot) egymással összehasonlítván, s egyiknek állásáról bizonyos levén, meghatározhatom, mellyik a valólag, mellyik a tetszőleg mozgó. Mozog e, mint közönségesen állítják, földünk: azt így a földön levő akarmi tárgygyal összehasonlítás által kitudni nem lehet; mert ezek viszonyos nyugalomban lehetnek egymás iránt, a nélkül, hogy mozogni megszűnnének. Ha megakarjuk tudni, mozog e valólag földünk: nézzünk ki hajónk ablakán azon tárgyakra, mellyek földünkkel összehesköttetésben nincsenek; s itt mindjárt látni fogjuk, hogy a nap s csillagok mozogni látszanak, egyszersmind azon kérdésre inditanak, vajjon ezek is nem olly álló tárgyak e, mint előbb a partok, s az ezeken levő házak s fák voltak, azoknak tetsző mozgása a mi valóságos mozgásunk által hozattatván elő. Egyéb iránt olly testet, melly nem mozogna, nem tudunk. Még a föld sarkai is (1 J.) 4 mf. haladnak ált minden mpercben.

18. A mozgás okai erők. Az erők pedig különbéle neműek I. vonzások (egyberagadás, tapadás, nehezkedés, villam stb.) 2. A mozgásban levő testek taszítása (folyamok a malmoknál) 3. A testek sulyai (p. a toronyóraknál) 4. ruganyosság (az acélrugóknál) 5. Me-

f) Ha c sebességet jelent, mellyel valami test t időben s tért végez el akkor áll e képlet I.) $c = \frac{s}{t}$, mert minél nagyobb s , és minél kisebb t , annál nagyobb c (Mértan 14 §. 7); e képletből, ha s és t külön kifejeztetnek, lesz II.) $s = ct$; III.) $t = \frac{s}{c}$. Két sebességet egybe hasonlítván, lesz IV.) $C : c = \frac{S}{T} : \frac{s}{t}$ s ha itt $T = t$, akkor (Mértan 56 §.) V.) $C : c = S : s$; ha pedig $S = s$: akkor VI.) $C : c = t : T$. *Példák.* Mennyi idő alatt ér a fény a naptól földünkre, (nap. távolsága tőlünk 20 milliion mérföldnek vétetvén)? III. szerint 20 000 000: 40000 = 500 mp: = $8\frac{1}{2}$ ep. — Ha égi háborukor egy villám után 10 mperce halottad a dörgést: mennyire van a villámfelhő? II. szerint 1050 × 10 = 10500'. — Mennyi a dán kutyának melly 23 óra alatt 70 mérföldet ($18\frac{3}{20}$) s a levélgalambnak, melly két óra alatt 50 mfet halad ($166\frac{2}{3}$) sebessége? Mi viszonyban van egy léghajónak, melly 22 óra alatt 176 mfet haladt, sebessége, egy gőzszeker sebességéhez, melly 1 óra alatt 4 mfet végez, továbbá egy gőzhajóéhoz, melly 9 óra alatt 18 mfet fut ált? IV. szerint $\frac{176}{22} : 4 = \frac{18}{9} = 8 : 4 = 2$. — Egy órán a negyedmutató 60 ep-t, az óramutató pedig 5 ep-t végez 1 óra alatt: mi viszonyban vannak sebességeik? V. szerint 60 : 5 = 12 : 1.

leg (a gőzöknél) 6. A barmok s emberek izmai. Egy erő által előlhozott mozgás *egyszerűnek*, több által előhozott pedig *összszettettnék* neveztetik. *Egyneműek* az erők, ha mindegyik egyféle mozgást, el- lenben *különneműek*, ha mind egyik másfélélt hoz elő, p. ha az egyik egyforma, a' másik egyformán sebesedő mozgást okoz.

Miuthogy az erők csak hatásaikból ítélthetnek meg: azoknak sajátképeni mértékek nem lehet. Rendesen számmal vagy egyenes vonallal, vagy fontokkal fejeztetnek ki, úgy hogy két háromakkora szám vagy vonal két háromakkora erőt jelentsen; két mázsa terhet fölemelő erő két akkora mint egy mázsát fölemelő. Egy mozgó testnek más testre hatása függ annak 1. tömegétől 2. sebeségétől. Ugyanis, ha gondolunk egy mozgó testet: a mozgásban ennek minden része osztozik, azaz a test egész tömege hajtja végre a mozgást. Ebből világos lesz, hogy két különböző tömegű, de egyenlő sebességű testekben a mozgás hatása különböző tartozik lenni. Tegyük fel, hogy egy fontos test mozog egy 4 fontos mellett, mind ketten egyenlő sebességgel: ekkor a második test hatását az elsővel egyheha- sonlítván igen egyszerűen ezt úgy képzelhetjük, mintha a második testben négy egy fontos mozogna ugyan azon sebességgel; következőleg a második test hatása négyszer akkora, mint az elsőé, azaz két mozgó test hatása olly viszonyban áll egymáshoz, mint se- bességeik, azaz két fontos test mozgásának hatása épen akkora, mint 1 fontosé, ha ez utóbbinak két akkora sebessége van mint az elsőnek. g) Láthatni ebből, hogy kis tömegek is tehetnek akkora ütést, mint nagyok, ha t. i. nagy sebességgel bírnak. Srét, golyóbis, jégeső stb. pusztító hatását, főleg sebességeiknek, a folyamok las- san mozgó jégtábláinak ellenállhatlan rombolását pedig főleg töme- gőknek kell tulajdonítunk.

1. J. Azon erőt, melly megkívántatik arra, hogy egy fontnyi tehet egy lábnyi sebességgel hajtson, nevezzük az *erők mértékének*. Három fontnak egy lábnyi sebességgel hajtására 3, egy fontnak három lábnyi sebességgel hajtására szinte 3 erő kívántatik. És így annyi erő kell 1 fontnak 3', mint 3 fontnak 1' sebességgel megmozdítására. Szint így 6 fontnak 1' sebességgel megmozdítására 6, ugyanannyi- nak 3' sebességgel hajtására három annyi, azaz 18 erő szükséges. De 9 fontnak 2' sebességgel mozgatására szinte 18 erő kívántatik. Ezért áll ezen törvény: „Az erők egyenlők, ha a tömeg vagy súly és sebesség sokszorozmányai egyenlők.” — Emberek, barmok, s mozcinyok erejének egybe-hasonlítása ezen alapszik. Így, útaztakor a katona 3¼' végez el egy másodperc alatt, s minthogy terhe körül belől 40 font, erő-használatát 3¼ × 40 = 133¼-re tehetjük. A teherhordónak ki 2' sebességgel visz, 100 fontot, 2 × 100 = 200 erőre van szüksége. A ló,

g) Ha a mozgó test hatását Q-nak, tömegét M-nek, sebességét C-nek nevezzük: akkor Q = MC, s egy más testre nézve: q = mc. E kettőt arányba állítván I.) Q : q = MC : mc. Ha M = m: akkor II.) Q : q = C : c (Mtan 48 §. 6). Ha C = c: akkor III.) Q : q = M : m. Végre ha Q = q: akkor MC = mc; és így IV.) M : m = c : C (Mtan 53 §.) *Példák.* Legyen egy súlyok tömege M 6 ak- kora mint egy vas kalapácsé m; hatásuk azonban egyenlő: mi viszonyban ál- land sebességök? IV. szerint = a kalapács sebessége 6 akkora mint a súlyo- ké. — Ha egy test 1 mperchen 100', másik egyenlő tömegű test 50'-t halad: ak- kor a II. szerint hatásuk 100 : 50 = 2 : 1. Legyen egy ólomgömb 10 lat, egy ólomsrét ½ lat súlyos; tegyük föl, hogy sebességök egyenlő: mi viszonyban leend hatásuk? A III. szerint = 10 : ½ = 20 : 1. —

melly 250 fontot $4'$ sebességgel húz, 1000 erőt használ. A katona s terehordó összesen $333\frac{1}{3}$, és így csak harmadrésznyi erőt vesznek használatba, mint a ló. Ézért, és még, mivel a lovak is körül belől annyi ideig dolgoznak mint az emberek, 6 embererő = 1 lóerő.

2. J. Ha mozgó test nyugvóra talál: ezzel mozgását közli. Míg a közlés végbe megy: addig bizonyos idő foly le. Már ha valami tömeg olly sebesen ütközik össze egy másikkal, hogy azon sebességnek, ennek minden részében elterjedésére idő nincs: a megütött test közvetlenül érintett pontjainak kell az egész ütés erejét kiállani. Már ha a részek' összszefüggése kisebb mint hogy ezen sebes hatásnak ellentállni tudjanak: szakadás vagy törés, szóval azoknak elválása következik. Bizonyítja ezt temérdek jelenet. A deszka, mely így van föllálltva, hogy azt csak középszerű nyomás is ledöntheti, megáll, ha rá egy puskagolyót lövünk, mellytől azonban a közvetlenül érintett részek állikasztatnak; szinte keresztül likaszt egy illy golyó üvegtáblát a nélkül, hogy ezt meghasogatná; egy fonal, mely lassan huzatva fölemel vagy meg mozdit egy követ, elszakad, ha a huzás igen sebesen történik; elszakadnak az istrángok, ha a lovak hirtelen indítani akarnak; füvegphár fölé tett kártyalevel, mely fölé valami pénz tétetett, oldalaslag és sebesen üttetve tova repül, a pénz pedig a pohárba esik; körlevelre tett gömb vissza felé mozogni látszik a fölött, ha hirtelen forgásba hozatik; puha agyaggömböt gyöngéden tovább tolhatni a nélkül, hogy tetemesen behorpadna. Így tudva van, hogy a roppant sziklák' széthányására bizonyos mélységű lik ásatván, ebbe lőpor, s e fölé vagy gyengén ráhíntett főveny, vagy több apró kövecsek tétetnek, s a cél kívánt sükerral éretik el. Hogy az ellobbant lőpor nagy kiterjedése inkább a szörnnyü erősen egyberagadt sziklák' repesztí szét, mint a rá gyengén híntett kövecseket kiszórná: onnan van, hogy míg a nagy kiterjedés által okozott mozgás egyik kövecs által a másikkal közöltetnék, arra egy kevés idő kellene, azonban a kiterjedt lőpor az ellobbanás pillanatában hatni tartozván, a tömeget zúzza szét. Ezzel megegyezőleg ha a puskába töltött lőporra golyóbis, vagy csak úgy van fojtás verve, hogy e kettő közé levegő szorult: az elsütéskor szétszakad a puska. Ugyan ez történik, ha a puska szája valamivel bedugul vagy dugatik.

3. J. Általános egy test' nyugvása, ha helyét a térben valólag nem hagyja el, viszonyos, ha mozog ugyan, azonban bizonyos testekhez képest áll. Illy nyugváruk van például egyes testeknek földszínünkön, vagy egy mozgó hajón. Épen így, általános a mozgás, ha a test, helyét, egy mozdulatlanak képzelt térben változtatja, ellenben viszonyos, ha helyét olly térben változtatja, mely maga is mozog, például ha egy asztal nyugottól kelet felé, fölötté pedig szinte egy gömb ugyan azon irányban mozog; bizonyosan valólag nagyobb útát végez e gömb, mint a mekkora az általa az asztalon leírt vonal (általános mozgás > mint a viszonyos); ha pedig a gömbnek az asztaléval ellenkező iránya van: akkor a valóságos út kisebb (általános mozgás < mint a viszonyos). Egy haladó hajó tetején járdaló embernek, az óramutatónak, ha az órát a hajóban föl s alá viszed (kivált ha még a föld kettős mozgása is gondolóra vétetik) általános és viszonyos mozgása?

19. Egy erő hatván valamely testre, ez annak nagysága szerint bizonyos sebességet kap, s e sebességgel egyformán mozog mint tethetlen mind addig, míg valami más erő által nem gátoltatik. A test ezen mozgása egyszerűnek, különben összetettnek, mondatik, ha t. i. két vagy több erő hat egy testre. A test azon pontja, melyre az erő irányul, támadáspont nevet visel.

I. Ha egy támadáspont van: akkor, tegyük föl, hogy

1. Két erő egy irányban hat: természetes, hogy ez esetben úgy vehetni e két erőt mint olly egyet, mely akkora mint azon kettő. Ha egy ló ép olly erős mint más kettő: bizonyosan szint olly sebesen elvonand egy kocsit mint vonják ezek.

2. *Két erő szemközt hat*, tehát egymás ellen. Természetes, hogy ha e két erő egyenlő: akkor a megtámadott pont vagy test meg nem moccan. Ezt így fejezzük ki: a két erő *súlyegyenben* van. Ellenben ha egyenlőtlenek ezek, péld. egyik 5 mázsás, másik 9 mázsás: akkor a test a nagyobb, tehát ez utóbbi erő irányában mozduland meg, és pedig a két erő különbségének megfelelő (4 mázsa) sebességgel, tehát olyannal, mintha egy erő 4 m. sebességgel hatna a testre.

3. *Két erő bizonyos szöglet alatt hat* egy pontra, péld. *o*-ra (2. k.) Ekkor a két erő vonalokban kifejeztetvén (*bo* s *ao*) *s* kellőleg (*aob* szöglet alatt) egybeállítatván, belőlök *acbo* egyenközt alkothatni, mellynek átalloját *oc* (azon szögletből huzatva, melly alatt hat a két erő egy pontra) fogja a megmozdulandó pont irányát, s egyszersmind azon erő nagyságát kimutatni, melly a két erő eredménye gyanánt tekinthető. *h*) Ez eredő erőt *kihatónak* nevezzzük, mert ez az, mi a pontot helyéből kimozdítja, az erők egyéb részei egymásra hatásaikban elveszvének.

Azon készítményen, mellyet *szögerőműnek* nevezhetünk, a kihatónak az előadottak szerinti fektét kísérlettel is kimutathatni. A szögerőmű alkatását a kézalatti képből megérthetjük. Egy függőleg álló táblának *b* s *c* pontjain egy egy csiga van, amaz mozgó, ez álló. A csigákat fonal környezi, mellynek egyik végén *o*-n valami teher

h) Tegyük föl (2. k.) *o* pontra hat egy erő bal felé, úgy hogy az, általa 1 mp. alatt *a*-ba jutna; hasson ugyan *o*-ra egy más erő föl felé, melly által *o* 1 mp. alatt *b*-be érne: nemde *o* egyszerre két felé nem mehet? Mi történik tehát? Bizonyosan *o*, sem *oa* sem *ob* vonalon nem menend, hanem menend e kettő közt, *s* oda, hol mind a két erő hatásának elég lesz téve. Ha *c*-be megy *oc* úton: akkor (*acbo* egyenköz levén, Mtan 95 §) *oa* helyett *bc*-t, *ob* helyett *ac*-t tehetjük, s így ha nem mehetett is *ob*-be, de ment *c*-be, melly eredeti helye fölött ép oly magasan van mint *b*. Ugyan ez áll az *a* felé huzatásról; mert *c* csak ugyan annyira van *b*-től balra, mint *a*, *o*-tól. Kimondhatjuk tehát e nevezetes törvényt: *szöglet alatt irányzott erők kihatója, annyi, mint az erők egyenközének átalloja.*

A kiható ez esetbeni nagyságát Δ -méreti úton is meghatározhatjuk. Legyen *aob* szög q : ekkor *cbo* szög $= 180^\circ - q$ (Mtan 87, 90, 99 §). Ha *ao*-t ($=bc$) *e*-nek, *bo*-t *t*-nek, *co*-t *k*-nak nevezzzük: akkor *cbo* Δ -ben, *bo*, *cb* ($=ao$) s *b* szög ($= 180 - q$) ösmereteseke levén, áll ez egyenlet (Mtan 149 §. III) I.) $k^2 = e^2 + t^2 - 2et (180 - q) \cos$. Ha e képletet egyes esetekre alkalmazandók, fölveszszük 1) hogy $q = 90^\circ$: akkor $180 - q = 90^\circ$ mellynek pótkebele 0 (Mértan 138 § III) és így $2et (180 - q) \cos = 0$ (Mtan 7 §), tehát II.) $k^2 = e^2 + t^2$ (vesd össze Mtan 103 §). Ha péld. $e = 70$ font, $t = 100$ font: ekkor $k = \sqrt{70^2 + 100^2} = 122,05$ font. Ha ugyan itt $e = t$ azaz az egyenköz négyszög: akkor III.) $k^2 = 2e^2$, vagy $k = e\sqrt{2}$. — 2) Ha q tompaszög: akkor $180^\circ - q$ éles szög leend, tehát

$$\cos (180^\circ - q) = \cos q \text{ (Mtan 154 §)}$$

és így az I-ből lesz

$$\text{IV.) } k^2 = e^2 + t^2 - 2et \times + \cos q \\ = e^2 + t^2 - 2et \cdot \cos q$$

Legyen például $e = 70$, $t = 100$, $q = 120^\circ$: akkor

$$k = \sqrt{14900 - 14000 \times 0,5} \\ = \sqrt{14900 - 7000} = 88, 8 \text{ font}$$

függ. Ha b csiga c felé húzzatik: akkor o teher a felé menend; ha pedig ca irányban le felé húzzatik a csigákat környező fonal: akkor o tehernek ob irányban fölfelé kell menni. Az által, hogy b mozogható, ca irányban húzásra, mind ob mind oa irányban vonatik a teher, és így oc áttállón fog haladni.

Ha három vagy több erő hat bizonyos szöglet alatt egy pontra: ezekre nézve is könnyű az előadottak után a kiható fektét meghatározni. T. i. először csak két erőt veszünk, ezekből egyenközt alkotunk, az áttállót meghúzzuk, s így meglesz a két erő kihatója. Ezután e kiható s harmadik erőből alkotunk egyenközt, és így tovább. Ha péld. (3. k.) o pontra ao , bo és co erők hatnak: előbb ao s bo -ból $aobd$ egyenközt csinálván a kiható do leend; majd e do és co -ból alkotván egyenközt, ennek áttállója, és így a három erő kihatója of leend. Több egy pontra ható erők kihatójának illy kitalálása azok egyberakásának mondatik.

Számtalan tünemény van a természetben, melly az erők illy egyberakását mutatja. Legyen (4. k) ak és bq egy a nyíl irányában futó folyam két partja. Ha a -ból b -be akarsz csónakázni: a -nál ne indulj el, mert a folyam ereje is hatván csónakodra, akarmint evezsz, csónakod b -n alúl érendi el a partot. Tanácsos tehát ak part mellett (hol a folyam ereje nem olly erős, mint belebb) fölfelé hajtani c -ig, s innen cd irányban evezni. Ha a csupa evező hatása 1 mp. alatt cd , a csupa folyamé pedig ce : akkor a csónak, a mondott idő alatt e két

Ha $e = t$ péld. 100 font, $\varphi = 120^\circ$: akkor

$$\text{V.) } k^2 = 2e^2 - 2e^2 \cos. 120^\circ \\ = 20000 - 20000 \times 0,5, \text{ innen}$$

$$k = \sqrt{10000} = 100 \text{ font; azaz } k=e=t.$$

3. Végre ha φ éles szög: akkor $180^\circ - \varphi$ tompa, és így $\cos. 180^\circ - \varphi = -\cos. \varphi$ (Mtan 154 §): lesz az I-ből: VI.) $k^2 = e^2 + t^2 + 2et \cos. \varphi$, s ha e, t , előbbi jelentményeiket megtartván φ -t 60° -nak vesszük, lesz

$$k \sqrt{(14900 + 7000)} = 147,98 \text{ font.}$$

Ha az V. IV. és II. alatti példák eredményeit egybe hasonlítjuk: kitűnik, hogy ugyanazon erőkől származó kiható annál nagyobb, minél kisebb azon szög, melly alatt hat két erő egy pontra.

A legközelebbi elnevezések szerint

$e: t = ao: ob$ vagy

$= ao: ac$. Úgy de oac \triangle -ben

$ao: ac = \sin. aoc: \sin. aoc$ (Mtan 47 §) vagy

$———— \sin. cob$ (Mtan 85 §): $\sin. aoc$

És így VII.) $e: t = \sin. cob: \sin. aoc$ azaz az erők *viszár arányban állnak azon szögletek kebleivel, mellyek az illető erők és kiható által képezetnek.*

Ha e kebleket mind aoc mind boc szögökhöz képzetben meghúzzuk: azok az erők irányaira függélyes vonalok leendenek. Az előbbi tételt tehát így is fejezhetjük ki: az *evők² viszár arányban állnak azon függélyekkel, mellyek a kiható akarmi pontjáról az erők irányára húzzatik.* Már a fölebbi arányból (Mtan 25 §) lesz.

VIII.) $e. \sin. aoc = t. \sin. cob$. E sokszorozmány, $e \sin. aoc$, és $t \sin. cob$ mozzanatok nevezetetik, mi e szerint nem egyéb, mint az erőnek azon függélyvel sokszorozása, melly valami pontról az ő irányára húzzatott. Ha két erőt illetőleg, e pont a kihatóba esik: akkor ezek mozzanatai egyenlők, mint ezt az imént irt egyenleten láthatni.

erőből (*cd* s *ce*) rajzolt egyenköz átallóján *f*-be jutand. Innen az eve-
zö hatása *fg*, a folyamé *fo* levén, *h*-ba, majd, hasonlóan, *l*-be, *n*-be,
végre *b*-be érkezik. — Azt gondolná az ember, hogy, ha egy sebe-
sen ragadott kocsiról egy kövecset ujjaim közöl a földre leejtek,
az alatt míg a kövecs a földre ér, a kocsi meszsze haladt, s így az
jóval a kocsi háta megett fog a földre esni. De ez másként történik;
a kövecs a kocsi mellett éri a földet, akármilly sebesen ragadtassék.
Igen, mert a kövecstre két erő hat: egyik az, melly a kocsit húz-
za, melly tehát őt fektentes irányban ragadja; másik azon nehé-
ség, mellynél fogva minden szabadon elbocsátott test függő irány-
ban vonatik a föld felé. És így ha a kövecs a kocsi mozgásánál fog-
va 1 mpben *ac* (5. k.), nehézségenél fogva pedig *ab* útat végezi ugyan
azon idő alatt: látni való, hogy mikorra a kocsi *bd* úton *a*-be ért,
akkorra a kövecs *ad* átallón szinte *d*-be érkezett. — Így történik az
is, hogy sebes lovaglás vagy korcsolyázás alatt fűgtőleg fölhajtott
lapda nem függő menetelt vesz, hanem felszeget, a két erő, t. i. a ló
(a korcsolyázásban lábaim) viziránylag húzó ereje *at* (6. k.), és ka-
rom fűgtőleg hajtó ereje *ab* által képzett egyenköz átallóján *ac*. E
lapda ép azon idő alatt jön le, melly alatt fölment, és így akkorra
jön vissza *c2* úton *2*-be, mikorra a lovon vagy korcsolyán én is
1. 2-n a *2*-be érkeztem, tehát elkapni könnyű. Ezért az ángol lova-
goknál ne azon ügyességet bámuld, hogy azok vágatáskor fölhaj-
tott lapdát elkapni, papiros-gáton vagy hordón keresztül ugrani ké-
pesek; csak azt, hogy az illy sebesen menő ló hátán megtudnak áll-
ni. — Ki sebesen ragadott kocsiból kiakar ugrani: ne hátra, hanem
előre, a kocsi irányával lehető éles szögöt képezve ugorják ki; kü-
lönben, mivel a kocsi sebessége sokkal nagyobb mint az ugró testé,
könnyen a hátulsó kerék alá esik; mert itt is két erő hat a testre
egyik a kocsié, másik az ugró testé, s az ezekből alkotott egyenköz
átallóján fogja a test a kocsit elhagyni. Az öszszetett mozgás ezen
törvénye szerint kell irányozni puskáját annak, ki mozgó tárgyra si-
kerrel akar löni, mint annak is, ki maga mozog, a meglövendő tárgy
pedig áll.

De lehet így az erőt *szét is bontani*, azaz egy helyett több
olytant tenni, mellyek hatásokra nézve az egygyel egyenlők legye-
nek. E szétbontás az egyberakásnak ép ellenkezője levén, ezért
egészen ellenkező módon is vitetik végbe. Ha péld. (3. k) *od* a szét-
bontandó erő: helyetté *ob*-t s *bd*-t (= *ao*) tehetni; hasonlóan *of* he-
lyett *od*-t s *df*-t (= *oc*), általában a szétbontandó erőt, mint egy Δ
egy oldalát vevén, ha a még két oldalt meghúzó, e két oldal je-
lentendi azon erőket, mellyekre azon egy szétbontható. Az erő
szétbomlására tömérdek példa van a természetben. Ha valamelly
erő egy mozdítandó test lapjára fűgtőleg hat: akkor hat az egész
nagyságával; ellenben, ha a nevezett lapra dőlt szög alatt hat az:
akkor egy része elveszik hatástalan, s csupán más része fog a test
megmozdítására dolgozni, más szóval: illy esetben föl bomlik az erő,
két erőre, mellyek közöl egyik közegyenesen álland a test lapjával,
tehát e fölött hatástalan elsuhan, a másik pedig fűgtőleg álland erre,
s csak ez mozdítand. Képezze *ab* (7. k) azon sárkányt melly közön-

séges gyermekjáték. *i)* Fúvjon erre a szél *cd* irányba, még pedig úgy, hogy péld. egy mperc alatt *cd*-t haladjon az. Ekkor a szél ezen ereje *de* s *ec*-re bomlik föl, mellyek közül *ec* mint a sárkány lapjára függőleg álló fölhajtandja ezt, még pedig úgy hogy 1 mp. alatt *g*-ig (*ec = eg*) haladjon. — Ha *G* tekét *ao* irányban (8 k), és így ennek lapjára függőleg lök meg valamely erő, még pedig úgy, hogy ez *ao* egy-szersmind a tekének egy mpercben elvégzendő útát is jegyezze: akkor az a lökésre *b*-ig menend. De ha *do* irányban és így dőlt szög alatt jön e lökés, s ennek ereje az előbbi *ao*-val egyenlő: akkor *do* *co* s *oe* (= *cd*)-re bomlik föl, s közölök *co* mint a teke érintett lapjával közegyenes hatástalan menend el, s csak *eo* lökendi el a tekét *n*-ig (*eo = on*). — Mi hajtja át az úgy nevezett repülő hidat egyik partról a másikra? A folyam ereje, melly a híd felszegen állított lapjára, felbomolva hat. Ha (9. k.) *pt* s *rl* a nyíl irányában futó folyam partjai, *ab* a kötél vagy láncc, melly *a*-ban horgony által van a duna medrében erősítve, *H* a híd, mellynek *on* lapja a víz folyásával dőlt szöget képez, s *mn* a víz ereje: láthatni, hogy *mn* fölbomlik *no*-ra s *mo*-ra, amaz mint a híd érintett lapjával közegyenes hatástalan megy el, emez pedig a hidat *mo* irányban tolja, melly, mint-hogy a víz folyvást az út minden pontján így hat, végre a *k*-ba érkezik, s hogy *h*-ba a tulsó partra visszamenjen, csak úgy kell (kormány segítségével) helyezni a hidat, mint a II-nél van. — Hasonlóan hajtják a folyamok a malomkerekeket, dőlt szög alatt hatván a víz ezeknek deszkáira. — Lejtőre tett teher nem nyomul erre egész súlyával. Ha *df* (10. k.) egy súlyos gömb terhét, s azon irányt, mellyben az a földszinre esni törekszik, jegyezi: akkor, mivel *df* és *ab* dőlt szögöt képeznek, *df*, két erőre *de* s *ef*-re bomlik, mellyek közül emez a lejtő hosszával (*ab*) közegyenes levén, hatástalan vész el, amaz pedig *ab*-re nyomúl. Láthatni e képen, hogy *de* < *df* és így a lejtő nem fog azon teher alatt széttörni, melly alatt egy hasonló erejű deszkából készült vízirányos asztal (mint a mire a teher egész súlyával hatandana) széttörnék. Egyszerű rajzzal könnyű kimutatni, hogy minél nagyobb e lejtőnek a vízirányos lap-tól eltérése: annál nagyobb lesz a *de* s *df* közti különbség, azaz annál nagyobb terhet elbírt a lejtő. Ebből érthetni meg, miért nehezebb a tojást két végén, mint közepe két szemközti pontjain összenyomni, — kis átmérőjű üveggömb vagy szűk üveghenger miért szegülnek erősebben az összezuzó erők ellen, — lapos boltozatok miért bírnak el kevesb terhet mint magasak stb. — Ha a lovak is-

i) Fúvjon a' szél 48° szög alatt *ab* lapra, s tegyük föl, $10'$ erővel: vajjon mekkora leend annak emelő hatása (*ec*)? Ha *dc* félátmérő, s *d* központ: akkor *dc* = egész kebel, *ec* = *edc* keb. (Mtan 137. §.) Tehát

$$I.) \quad cd : ce = \sin. \text{ tot} : \sin. 48^\circ$$

$$10 : ce = 1 : 0,743145$$

$$10 \times 0,743145 = ce = 7,43145$$

A hajlás-szögöt (*ede*) *h*-nak, az erő általános hatását (*cd*) *a*-nak, viszonyos hatását (*ce*) pedig *v*-nek nevezvén, az I. illy alakot veend magára:

$$a : v = 1 : \sin. h, \text{ tehát}$$

$$II.) \quad v = a. \sin. h$$

trángja a tengelyről húzott fekmentes vonallal közégyenes: sok erő veszik el hatástalan; mert ez esetre a terhes szekér súlyát s a lovak vonó erejét kifejező vonalokból alkotott egyenköz átállója a föld belébe irányzódik.

II. *Ha a két erőnek két támadáspontja van*, úgy azonban, hogy e két pont merevény egybefüggésben áll (mint p. egy vasrúd két végpontja) egymással: ez esetben szinte állnak azon tételek, melyeket az I. alatt előadtunk. *k)*

II. Fejezet. Különbségek.

1. cikk. Külső különbség.

20. Külsőleg vétetve a testek *szilárdak, csepegősök, és terjengők* vagy légneműek. *Szilárdak*, ha részecskéik alkalmas erővel függnek együve, úgy hogy az ezeket elválasztani akaró erőknek többé

k) Ennek belátása végett tudnunk kell, hogy az erő támadáspontját az erő irányának akarmi pontjára tehetjük, mi természetes, mert ha péld. valamely erő egy egyenes rúd végpontjára hat ezen rúd irányában: az eredmény épen az leend, ha azon erő e rúd nem vég-, hanem közép- vagy akarmi más pontját támadja meg, csak hogy iránya e rúd irányával megegyezék. Sőt a támadáspontot, a megtámadott merevény testen kívül álló akarmelly pontra is tehetjük, mihelyt azt képzelhetjük, hogy e pont azon testtel változatlan egybekötetésben van. Ha *ab* (11.kép) merevény rúd *a* pontjára *ac*, *b*-re *bd* erő hat (ugyan azon síkban): ez erők irányait gondolatunkban mind addig nyújtván, míg azok az *e*-ben egymást nem metszik, támadáspontjaikat *e* pontra tehetjük által; ekkor *a-c-t e-h-ra*, *b-d-t e-n-re* vivén *eh-on* egyenközt alkothatjuk, melynek átállója *eo* mutatja a kiható nagyságát s irányát. — Ha közégyenesen hat két erő *ac*, *bd* egy merevény rúd két végpontjára *a-ra* s *b-re* (12.k.): ekkor e két végpontra a rúd irányában két egyenlő, de ellenkező erőt *af* és *be* hatni képzelvén, ez által a főlebb mondott két erőn semmi változás nem esik. Majd *facg* és *behd* egyenközt alkotván, *ag* s *bh* átállókat egész *k-ig* nyújthatjuk, mely pont *ac*, *bd*, *af*, *be*, erők közös támadáspontja leend. Most legyen *kl = ag*, *kn = bh*, s honsuk föl *kn-t* két olly erőre *kr + ko*, mellyek közül *kr || és = be*; ekkor bizonyosan *ko is || és = bd*. Szintigy bánván *kl-1*, ha *ks || és = af*: akkor *kr || és = ac*. E szerint itt a kiható *kr + ko* (= *ac + bd*) vagy is az adott erők összege, s velők közégyenesen működik. Miként metszi a kiható iránya a merevény rúdat: ezt így határozzuk meg. $bdh \triangle \infty ktb \triangle$, s $acg \triangle \infty kta \triangle$, (Mtan 95 §. c.); és így

$$dh : db = bt : tk$$

$gc : ca = at : tk$, tehát, mivel $tk \cdot dh = tk \cdot gc$ (ha ugyan dh fölvétel szerint = gc), lesz $db \cdot ht = ca \cdot at$ azaz

$$db : ca = at : bt$$

vagy is „a kiható a támadáspontok egymástól távolságát úgy vágja ketté, hogy e két rész részarányát az erőkkel. Ha péld. egyik erő db 10 font, másik ca 2 font hatással húzná lefelé s egymással közégyenesen a merevény rúd két végpontját: akkor $10 : 2 = at : bt$, azaz ha péld. a rúd 12" hosszú volna: a kiható a nagyobb erő támadáspontjától 2" távolságra metszené azt, azaz a kiható a nagyobb erő felől a rúd $\frac{2}{12}$ -re, a kisebb felől pedig $\frac{10}{12}$ -re fogna esni.

Bővebben e tárgyról lásd: J. Brewer Lehrbuch der Mechanik Düsseldorf 1829 — 1832; Baumgartner — Ettingshausen's Naturlehre etc. Wien 1839; Kämtz's Experimentalphysik Halle 1839; Friedlebens Experimental-physik Frankfurt am Main 1840).

kevesebbé ellentállnak. Ilyenek: egy darab kréta, téglá, fa stb. Jele- sen a szilárd testek *kemények*, ha a rájuk nyomuló erő alatt idomai- kat nem egy könnyen változtatják (p. nem horpadnak be); illye- nek a gyémánt, kova, üveg stb. Ellenben *puhák*, ha idomaik cse- kély nyomásra is megváltoznak s így megmaradnak, p. nedves agyag, irós vaj stb. Nem lehet minden testről csupa tapintás után elmon- dani, hogy ez keményebb mint amaz. Ha ezt (p. tajtkövet) kör- mömmel meg tudom karcolni, amazt pedig nem: akkor ez utóbbit keményebbnek kell tartanom, mint az elsőbbet. Meg lehet azonban, hogy mind kettő olly kemény, hogy körmömmel karcolhatlan: ek- kor egyiket a másikkal próbálom karcolni, s a melyik a másíkról apró por-részeket zsúrol le, vagy, a melyik megkarcolja a másikat: az keményebb. A gyémánt, mint a melyet semmi test nem képes megkarcolni, legkeményebb, a kova keményebb mint az üveg. Továbbá *hajlékonyok* a szilárd testek, ha részecskéik, helyezete- tőket csekély hajtó erő hatására is megváltoztatják a nélkül, hogy egymástól elváljanak, vagy a hajtás szüntével előbbi helyezete- tőket visszavegyék, p. ólom, vas-sodrony stb. *Ruganyosok* a szil- lárd testek, ha részecskéik, helyzetőket könnyen megváltoztatják, de a ható erő szüntével előbbi helyzetőkre visszamennek p. ka- csuk, élőfa, acél-sodrony stb. Végre *nyújthatók és kalapálhatók* a szilárd testek, ha részecskéik az üto vagy nyomó erő hatására nem egy könnyen válnak el egymástól (p. réz, vas stb.); ellenben *töré- kenyek*, ha e hatásra könnyen elválnak (eltörnek, porrá zúznak).

1. *J.* A törékenység nem egyéb, mint a nyújthatóságnak igen kis foka, leginkább hirtelen hűtés által származva, mint ezt az üvegen láthatni, mely mint bolognai palack vagy üvegcesepp (hirtelen hűtött üvegek) gyakran a leg- esekélyebb zörrenésre is szétpattan. Bolognai palackba ejtett kova-morzsa ké- pes azt darabokra törni, az üvegcesepp pedig, ha vékony hegye eltöretik, porrá zúzik, holott, ha ez üvegek fa-kalapáccsal üttetnek, épen nem pattannak szét. Az efféle, valamint egyéb, jelesen lámpaüvegeknek még egyszeri meglegitése és lassu kihűtése által azoknak nagy törékenysége elveszik. Ezért jó a vegy- tanban használni szokott görebekeket, lombikokat szalma közé hideg vízbe ten- ni, ezt azután felforrálni, végre lassudan meghűlni engedni.

2. *J.* Kalapálhatóságuk szerint illy sorban következnek az ércsek: vas, platin réz, ezüst, horgany, arany, ón, ólom; sodronyokká képezhetőségek szerint pedig, illy rendben: platin, ezüst, vas, réz, arany, horgany, ón, ólom.

21. *Hígak* a testek, ha részecskéik egymástól igen könnyen eltolhatók, elmozdíthatók. Ezeknek saját termetök nincs, hanem rendszeren azon edény idomát veszik föl, melyben állnak. *Csepegyő- sők* e hígak, ha magukra hagyott részecskéik csepp-alakot ölte- nek, egyszersmind nagy erők által is csak csekély mértékben nyo- mathatnak öszsze p. víz, borszesz, stb. *Terjengők*, vagy *ruga- nyosok* e hígak, ha azonnal nagyobb térbe tágulni szeretnek, mi- helyt a kívülről rájuk nyomuló erő enged, e nyomás visszajötté- vel azonban újra előbbi kisebb téreikbe szorulnak, következőleg őrszzenyomhatók, ruganyosok, millyen p. a levegő, szénsavany stb. E terjengő hígakat nevezik *légneműeknek* is. Ha e légneműek ollya- nok, hogy bizonyos körülmények közt csepfolyósokká válnak: *pá- ráknak* és *gőzöknek* neveztetnek; péld. a vízpárákról tudjuk, hogy

ha kellőleg meghűlnek, csepfolyósokká lesznek (ablakveríték), ha pedig olyanok, hogy terjengő szerkezetüket minden körülmények között megtartják, akkor *gázoknak* neveztetnek, millyenek péld. az éleny (levegőnk egyik bennéke), szénsavany stb. Megjegyezzük azonban, hogy újabb időben tett kísérletek szerint sok gáz igen erős nyomásra csepegős alakot ölt.

J. A' testek szilárd, csepegős vagy légnemű állapotban léte köznévvvel *szerkezeti állapotnak* hivatalik. Sok test e szerkezet mind három formájában megjelen, millyen péld. a víz (jég, csepegős víz, vízpárák), sok érc. Mások csak kétféle szerkezetben jelenhetnek meg, minőek péld. az egérkö, kobald, mangán; ezek t. i. szilárd alakból egyszerre légneműbe mennek által. A borszesz nem fagy meg, tehát csak csepegős és légnemű szerkezetet vehet föl. Sok gáz, mint előbb láttuk, csak légnemű szerkezetben jelen meg.

A meleg felolvasztja a testeket (jeget, ólmot) stb.; elpároltatja a' vizet, higanyat (= kénesőt) stb. Sok szilárd test p. cukor, konyhasó felolvad a vízben; két gáz (éleny + vízeny) elegyből víz lesz; víz mésszel elegyülvén szilárd test áll elő. Több gáz p. szénsavany, kényulatsavany stb. igen erős nyomásra csepegőssé tétetett. Mind ezek arra mutatnak, hogy a testek szerkezeti állapotait melegség, vegytanos elegyület, és nyomás által megváltoztatják. —

2. J. Azon vonzó s taszító erőkre nézve, melyekről főlebb (10. 2. J.) szólánk: a testek szerkezeti állapotát így magyarázzuk. *Szilárdnak* a testek, ha bennök a vonzerőnek van túlsúlya a taszító fölött, *csepegősök*, ha e két erő egyenlő, végre *légneműek*, ha ugyan bennök a taszító erőnek van túlsúlya a vonzó fölött.

22. Ha a testek termeteit vizsgáljuk: ezeken bizonyos arányosságot veszünk észre, azon különbséggel, hogy a természet életműves országában a kereked, az életművetlenben pedig a szögletes termetek bírnak túlsúlylyal. Az ásványok országának részarányosan képzett, sok szögletű s egyenes lapokkal bezárt testeit jegőcöknek (kristályoknak) nevezzük. Minden ásványnak van illy saját jegőc alakja; p. a konyhasóé kocka, a vasgránáté dült egyenközű tizenkéllapu, a gyémánté negyvennyolclapu stb. Hogy mind e mellett is nem saját jegőc alakjában látunk minden ásványt, p. nem minden konyhasónak van kocka termete: annak okát ott találjuk, hogy a testnek csepegős szerkezetből szilárdá átmentekor bizonyosan nem csupán azon erők hathattak az anyagra, melyek ennek sajátsága szerint a különböző jegőc-termeteket előállítják, hanem idegen erők is, minőek p. szél, erős rázás stb. Természetes ugyanis, hogy akarmi anyag csak úgy vehet fel jegőc-alakot, ha részecskéi benső erejük szerint akadály nélkül működhetnek, mi csak hig állapotban képzelhető. Ezért kell a jegőcítendő testet előbb melegítés, vagy valami oszlató szer által higgá tenni, s ekkor anyagi részecskéit olly közel vinni egymáshoz, hogy az egyberagasztó erő működni elkezdhessen, mit vagy csupa lassú hűtés, vagy az oszlató szernek elpároltatása által eszközölhetni. Sok testnek valólag jegőc-alakja van, s ez alak mégsem tetszik ki, tán részint mivel az, igen kicsiny de szabályosan alakult jegőcök öszszege, tán mivel egy nagyobb jegőc töredéke.

A jegőc alakját termetnek, bekerítő felületét jegőc-lapoknak, azon egyenes vonalt, melyet a jegőc párkányai vagy lapjai vagy sar-

kai egyes pontjain, s a termet központján képzeletben keresztülhúzzunk, jegőc tengelyének nevezzük, mellynek, a szerint a mint különböző pontokon keresztül húzatik, különböző nemei vannak. Ha a tengelynek olly helyezete van, hogy a reá függőleg eső metszések rendes képet ábrázolnak: akkor azt *főtengelynek*, különben *melléktengetynek*; az olly jegőcököt, mellyeknek csak egy főtengelyük van, *egytengetyűeknek*, különben *soktengetyűeknek* hívjuk. Némelly jegőc-termeteket egyenlő lapok kerítenek be; ezeket, *egyszerű termeteknek* hívjuk, s ezek a szabályos mértanos testekkel megegyeznek. Ha pedig a termeteket egyenlőtlen lapok kerítik: azok *párosodásoknak* (combinatio) mondatnak; ezektől a jegőcök csupa öszszegeit, mellyek sokszor arányos idomuak s többnyire a természet vagy mesterség-tárgyaihoz (szőlőfürt, vese, tű stb.) hasonlók, megkülönböztetvén.

A jegőc-termetek seregében bizonyos öszszefüggést találhatni, ugy hogy azt néhány jegőc-termetből lehozhatjuk. — Azon alak, mellyből többeket származtatunk, *alaptermetnek*, azoknak ebből lehozott öszszege *jegőcrendszernek* neveztetik. (Mohs szerint 7 alaptermet és így 7 jegőc-rendszer van, mellyekről teljes ismeretet az ásványrajz nyújt, hova tartoznak azon sajátképen. Lásd Mohs Grundriss der Mineralogie 2. Bde. Dresden 1822. 1824. Leonhard Handbuch der Oryktognosie. Heidelberg 1826. 2-te Aufl. Blum Lehrbuch der Oryktognosie. Stuttgart. 1833.

Nem csak termete, de szövege is nagyon szabályos a jegőcöknek. T. i. csak nem minden jegőcöt lehet bizonyos irányzatokban úgy elhasogatni, hogy a hasogatás által szüntelen egyenes lapok elszármaznak; ezen irányzatokat jegőcleveleknek nevezik, a millyen legalább három van minden testben. Ezen levelek egy pontban keresztül metszik egymást, melly pont e szerint mindazon levelekhez tartozik. Már ha a levelek a jegőc lapjaival közegyenesek: látni való, hogy hasogatás által a jegőc csak kisebbé lesz, de formája nem változik. Hanem, ha a levelek menetele nem közegyenes a jegőc oldalával: ugy a leveleknek az említett módon lefejtetése által a jegőc utoljára egészen más termetűvé lesz, s az így származottat az ásvány *benső*, azt pedig, a mivel hasogatás előtt birt, *külső termetének* (forma primitiva et secundaria) nevezzük. Ezen hasogatás által a természetnek azon szép törvénye világított ki, hogy ugyan azon fajú s természetű ásványoknak lehetnek ugyan, vannak is sok különböző alakú jegőcei, de belső termete egy féle ásványnak csak egy van; p. a mészkovacs külső alakja több mint 40 féle, de ha mind ezeket leveleiknek menetele szerint minden felől egyformán fejtegetjük, utoljára mindenikben ugyan azon egy termetre találunk, melly is a dülény (= Rhomboëder).

A jegőcült test többnyire keményebb, mint különben (megjegyezvén, hogy maga egy jegőc lap sem mindenütt egyenlően kemény); innen van, hogy a jegőcök erősebben ellentállnak a vegytani erőeknek, mint a nem jegőcök. E keménységet láthatjuk a gyémánton s zaphiron, mellyek jegőcületlen állapotban (szén, agyag) pu-

hák. Továbbá sok átlátszatlan anyag jegőcülés által átlátszóvá lesz, mint ezt a hegyjegőc, amethyst, smaragd, rubin, s csaknem minden drága kő mutatják. Sok test a jegőcüléskor vizet is vesz magába, s vele vegytanilag egyesül (jegőcvíz); sok test pedig ugyan akkor csepegő vizet, sőt gázt is vesz föl, a minthogy a hegy-jegőcökben s jégben gyakran vízcseppek találhatnak. *Dumas* szerint a vielickai úgy nevezett sustorgó sóbau vizeny van, s ennek szabadulása okozza a só felolvadásakor hallható zúgást. Mind ezekből következtetjük, hogy a jegőcült testek természettani tulajdonságaikra nézve is különböznek a nem jegőcültektől, mit onnan magyarázhatunk, hogy amazokban az egyberagadó erő szabadon, emezekben pedig csak akadályozva működhetett.

J. A felolvasztott anyag jegőcülés végett oly helyre, melly minden rázástól ment, p. pincébe tetessék; egyébiránt akkor, mikor az már eléggé meg-hűlvén a jegőcüléshez közel áll, ez, gyenge taszítás vagy egy darab szilárd testnek belevetése által elősegítetik.

2. cikk. Benső különbség.

23. Megnézvéen egy darab gránitot, úgy találjuk, hogy abban több különböző apró testek vannak egyberagadva, jelesen mezei kovacs, kovarc és csillám. Illy test sok van a természetben, s azokat keverékeknek hívjuk, mint a mellyekben a különfajú anyagi részek szemmel láthatók, s műszeresen (kalapács vagy kés által) elválaszthatók. Ha egy darab konyhasót vagy cinóbert porrá zuzván, e porrészeket vizsgáljuk: ezeket teljesen egyenlőknek tapasztaljuk; és még is, ha ezeket vegytanilag felbontjuk, épen oly különfajú állományokra találunk, mint a gránitban, p. a cinóbert kénből s higanyból állani látandjuk. Csaknem minden test ilyen a természetben (elegy, vagy vegy) azaz a teljesen egyfajú részekből állani látszó testeket is többnyire különfajú állományokra oszlat-hatni. Ez állományokat *bennékeknek* vagy *bellemeknek* nevezzük, s ha ezek új bellemekre oszlat-hatók: akkor az utóbbiakat *távolabbi*, az elsőbbeket *közelebbi* bellemeknek, a többé föl nem bontható állományokat pedig *elemeknek* hívjuk. Így p. a zöld gálic közelebbi bellemei kénsavany és vasagy (vaselegy); a kénsavany bellemei kén és éleny, a vasagyé pedig vas és éleny; ezek tehát a zöldgálicnak távolabbi bellemei, s mivel a kén, éleny, és vas többé föl nem bonthatók: ezek egyszersmind elemek. Az elemek lehetnek gázok csepegősök és szilárdok, egyébiránt két csoportba oszlat-nak, úgymint *ércék* és *ércvényekre*, mellyek közül amazok ez utóbbiak-tól saját fényök (úgy nevezett ércfény) átlátszatlanságuk, olvad-hatóságuk, s a hév és villam vezetésére nagyobb képességek által különböznek.

J. Illy elem több van ötvennél, mellyekből, s mellyeknek különböző viszonyu egyesületeiből áll az egész kül-természet. Ez egyesületekben azon különfajú bennékek nem egymás mellett, hanem egymást keresztülhatva vannak, azaz nem úgy, hogy p. a cinóberben minden parány higany mellett egy egy parány kén álljon, hanem úgy, hogy mindenütt, a hol csak higany van, van kén is, azért e tünemény ellentmond a testek áthatlanságának.

23. Azon erőt, melly a testeket vegytanilag egyesíti (elegyíti), *rokonságnak* nevezik, tehát egymással rokonoknak hívják a teste- ket, mellyek bizonyos körülmények között egymással elegyülnek. Azonban egyhez egynek erősb rokonsága van mint máshoz, s az által lesz könnyűvé sok test fölbontása, hogy a felbontandó testhez olly anyag adatik, mellyhez annak egy bennéke erősb rokonságban áll, mint ahoz, mellyel jelenleg egyesülve van.

J. Rézgálic (kénsavany + rezeny [réz + éleny]) olvadékába egy darab vasat tevé, ez csak hamar megrezesül, mert a réz a vashoz nagyobb rokonságban áll, mint a kénsavanyhoz. A nem elegyülő testek p. víz és olaj közt nincs rokonság.

24. Az elemek életművetlen egyesületei illy sorban adathatnak elő átnézetül:

I. *Víz* = éleny + vizeny egyesülete.

II. *Savanyok* = élenynek vagy vizenynek bizonyos ércel vagy ércvénynyel, vagy több ércvényekkel egyesületei.

III. *Savapok* = mind azon testek, mellyek képesek arra, hogy bizonyos savanyokkal egyesüljenek s így *sót* képezzenek. Az életművetlen savapok kétfélék, u. m. ércegyek (érc + éleny), és a hügyag (vizeny + fojtany). A' vízben könnyen olvadó savapokat *érvényeknek* (hamagy, szikagy, kövegy és hügyag); a vízben nehezen olvadókat *érvényes földeknek* (súly- stroncián- mész- és timföldek); a vízben fel nem olvadó savapokat vagy *sajátképeni földeknek* (agyag, beryll, ytter- és cirkonföldek) vagy *súlyos ércgyeknek* hívjuk. Az életműves savapok bennékei éleny, vizeny fojtany és szeneny. Minden egyszerű vagy összetett testnek éleny- nyel egyesületét, melly valami savannyal sőt alkothat, élegynek, vagy *élenyvegynek* nevezik.

IV. *Kénércek* = valami érc + kén egyesületei.

V. *Savak* = 1) valami savapnak savannyal egyesülete (*éleny- savak*); 2) néhány ércvénynek (p. zöldany, folyany stb.) valami ércel egyesületei (hálód-savak); 3) állítólag villamos kén-érceknek tagadólag villamos kénércekkel egyesületei (*kénsavak*).

VI. *Érclegyek* = érceknek egymással egyesületei.

25. A testek szerkezeti különbsége szerint három szakaszban adjuk elő a súlyos testek tünetényeit, illető törvényeikkel s okaikkal együtt, I-só szakaszban a szilárd, II-dikban a csepegős, III-dikban a légnemű testekről értekezvén; s mivel minden test vagy nyugszik (= áll = súlyegyenben van), vagy mozog, vagy végre mozog s nyugszik is egyszerismind (ez utolsó esetet a hullámcsomókban meglátandjuk): mindenik szakaszt e címek szerint *álltan*, *moztan* s *hullámtan* fejezetekre osztandjuk föl.

Első szakasz. Szilárd testekről.

Első Fejezet. Szilárdálltan.

Első cikk. Több külön testek közötti súlygyen.

Súlypont.

26. Egy pálcát vagy egy drótot, vagy általában oly testet, melynek hossza sokkal nagyobb, mint széle és vastagsága, keresztül lehet fektetni ujjomon, sőt kés fokán is a nélkül, hogy az leesnék. Hasonlóan egy darab deszkát vagy akarmi levelet, melynek széle s hossza jóval nagyobb mint vastagsága, úgy állíthatni egy tű vagy sodrony hegyére, hogy a deszka vagy levél víziránylag állandnak. Végre oly testet is, melynek egy terjedtsége sem feltűnőleg nagyobb a többinél, föl lehet így egy pontjánál fogva támasztani a nélkül, hogy az ledölné. A test azon pontját, melynek föltámasztásával föltámasztatik az egész test, nevezzük *súlypontnak*, s úgy képzeljük, mintha a test egész súlya e pontban volna egyesülve, azaz mintha a test minden egyéb pontjai teljesen könnyűek, s csak ez egy volna súlyos. Azon egyenes vonalt, mely e ponton keresztül a földszínre (vagy vízirányra) függőleg állni képzeltetik, *súlyvonalnak* hívjuk.

Egy testnek (p. kockának) akármilyen lapján próbáljuk ez előadott föltámasztást: sükerül ez; s ebből következtetjük, hogy a súlypont a testnek nem felszínén, hanem bensejében van, jelesen ha a test részecskéi nem tömöttebbek egy, mint más helyen, a tömeg középpontján.

J. Nyilván van, hogy csak oly testnek lehet súlypontja, melynek részei erősen egybeköttetvék, tehát csak a szilárd testnek; a csepegősnek pedig csupán annyiban, a mennyiben az, ha edényben tartatik, szilárd tömeg gyanánt tekinthető.

27. A súlypont föltámasztásának fogalmából önkényt folynak e következő tételek: 1) nyugszik a test, ha a súlypont közvetlenül föl van támasztva (egy kerék, melynek közepén vagy agyán keresztül tengelye van). 2) nyugszik a test, ha közvetve, még pedig a súlyponton fölül, de a súlyvonal irányában támasztatik föl, tehát ha p. valami fonalra vagy sodronyra fölfüggesztetik. Ha a súlyvonal és fölfüggesztő fonal iránya nem ugyanaz, tehát, ha szögletet képeznek egymással: akkor nincs föltámasztva a súlypont, és így nem is fog a test ez esetben nyugodni, hanem mozog mindaddig, míg a kettő iránya ugyan az lesz, tehát mikor a súlypont a fölfüggesztés pontja alatt lehető legmélyebb pontra szállt, mint ezt egy ingán kimutathatni. 3) nyugszik a test, ha a súlypont közvetve, még pedig alulról van föltámasztva, p. ujjomra vagy asztalra tett pálca. Minél nagyobb azon lap, mely által a súlypont így alulról föltámasztatik (támlap): annál erősb állása van a testnek; erősb p. ha a pálca az asztal, mint ha újjam által támasztatik föl. Mihelyt

egy test súlyvonala a támlapon kívül esik: azonnal feldől a test, mert ezt esetben megszűnik a súlypont föltámasztatása.

J. A 2-ik pontot illetőleg: ha mesterséggel a test súlypontja a támaszpont alá vitetik, akkor akármilyen legyen az, tü hegyén is könnyen megálland, sőt egy tűt is megállíthatni vékony párkányon, milyen p. az üvegpoháré, ha a tű p. egy dugaszba, ebbe pedig két lefelé álló villa szúratik, mert ez esetben a két villa által a súlypont a támaszpont alá vitetik.

A 3-ik pontot illetőleg: egyenest álló ember súlypontja a hasban a két csípő közé, és így súlyvonala két lába közé esik: ebből magyarázhatni ki az ember állását, ha hegyre megy, vagy hegyről jön, (ez utóbbi esetben teste felső részét hátra tartja, hogy súlyvonala ki ne menjen a két láb közül, amabban pedig ugyan ez okért előre tartja azt), — ha hátán terhet visz, — ha sebesen megy s ez alatt mikor bal lábát előre teszi, jobb kezét ugyan akkor hátra tolja es viszont, — ha ültéből föl kel, — ha birkózik, — ha kötelen jár, — ha jobb oldalával szoroson egy falhoz támaszkodván, csupán jobb lábán nem állhat stb. Egy gömb, melly vizirányosan álló asztalon nyugszik, a lejtőről lefut. Egy kis óra-üveg, mellyet domboru lapjával úgy tettünk egy kevésé hajlott üvegtáblára, hogy előbb a két test közé egy kevés vizet cseppentettünk, aztán párkánya valamelyik pontját oldalaslag megtaszítottuk, forogni fog; hogy nem csúszik le egyenest az üvegtáblán, onnan van, mivel a csepp viz által a két üveg némüleg egybetapad; az oldal-taszítás által pedig a súlypont fölemeltetvén, innen mint támaszthatlan leesi tartozik, hanem tehetlenségénél fogva a súlyvonal Irányán túl mozogván, ismét leesik és így tovább. A kettős kúp föl felé látszik menni, de valólag folyvást lejjebb száll az, mint-hogy a lejtő, súlypontját, nem támasztható föl. Egy testnek, mellynek oly állása van, milyen a 13. képen látható, erős állásába nem biznánk, bár az, ha részei különeműek, még illy helyzetben is erősen állhatna, mint ezt a gyermekjáték ólmos bodzabél-bábjain láthatni. A test súlypontját, annak közepén keressük, s azért ha az, s-ben volna, feldőlné a test; de ha a-ban van: megáll az. Illyenek a pisai s bolognai ferde tornyok.

28. Vannak testek (p. ágy, négy lábú asztal, szétterjesztett lábú székek, széles szekerek stb.), mellyeknek feldöntésére (mi mindig akkor történik, ha a test súlyvonala annak talpán kívülre esik) alkalmas erő kivántatik; vannak ellenben (p. három lábú asztalok, éles párkányaikra állított deszkák, magas hintók, keskeny tengelyű kocsi, általában minden könnyű test), mellyeknek feldöntésére csekély erő is elég. Vajjon mi okoktól függ a testek ez erős és gyenge állása. A 27. 3-d. pontja alatt mondtunk már egy okot, u. m. a támlap nagyságát: „*minél nagyobb egy test föltámasztott talpa: annál erősebben áll az*“. Innen van, hogy erősebben állnak a széles mint keskeny tengelyű kocsi, a szétterjesztett, mint közegyenes lábú bútorok, a két, mint egy lábán álló ember stb. Ez erős állás második föltétele a test súlya: „*súlyos testeket nehezebb helyökből kimoszdatani, tehát fölborítani is mint a könnyűeket*“. Innen van, hogy (a különben egyenlő körülmények közt) üres hajók könnyebben dőlnek mint terhesek, üres szekerek mint rakottak. Végre a test erős állása függ a súlypont fektétől: „*minél magasabban áll ez, a test annál könnyebben feldől*“. Könnyen képzelhetjük ezt a 13 d. képből, mellyben látjuk, hogy, ha a súlypont a-ban van: a test, rajzolt hajlásában sem dőlend föl; midőn ha a súlypont s-ben van, a súlyvonal st, a talpon kívül esvén, a test mulhatlanul fölboruland. Ellenben ha a súlypont magasan van: a test

hajlásának esetére a súlyvonal sokkal hamarabb kivüle esik a talpnak, mint ha a súlypontnak alantabb helyezete van m). Innen van az is, hogy olly testet, (p. egy hosszu s felső végén erősen megvasasott faléctet) mellynek súlypontja magasán van, könnyebb súlyegyenben megtartani, azaz lebukását fentartóztatni, mint ollyat, mellynek súlypontja alantabb fekszik (p. egy nádszálat). Ha p. a mondott vasas lécet ujjam hegyén akarom megtartani: az alatt, míg a léc felső végéni súlypont a támlapon kívül menvén bizonyos útat elvégez, támaszul szolgáló ujjamat könnyen oda vihetem, hol a súlyvonal ismét a támlapra esik. Sebes forgásban levő tárgyért könnyű egy kard hegyén megtartani, ellenben nyugvó tárgyért szinte lehetetlen, mert a nyugvó tárgyának legkisebb félremozdulása, annak szükségképeni leesését vonja maga után (mihelyt t. i. a kard hegye nincs szabatosan a súlypont alatt); ellenben ha a tárgyér forog: a súlypont hamarabb az ellenkező oldalra jut, mint leesni ideje volna.

29. A súlypontot vagy próbálgatás, vagy számítás által határozzuk meg. Ha valamelly test egy hajlékony fonalon csendesen függ: annak súlypontja bizonyosan ennek irányában van. Már ha ugyan ezen testet más pontján, (mi nincs az elébbinek egészen ellenébe téve) függesztjük föl: akkor azon pont, mellyben a fonal irányzatai egymást keresztülvágják, lesz a testnek súlypontja. Így szokták rendszeren a súlypontot meghatározni; mert ezen mód egyszerű, s igazabb is, mint a számítási, melly a test minden részeiben egyenlő tömötséget tesz föl, mi azonban a tapasztalatban ritkán áll. n)

m) Nyugodjék *abcek* test (14.k.) *ak* vízirányos lapon, *s* legyen súlypontja az *s*-ben. Ha a test súlyát *st*, azon erőt pedig, melly azt *k* párkányánál fölborítani igyekszik, *se* fejezi ki: akkor a súlyegyen esetében e két erő kihatójának nem szabad az *ak* talpon kívül esni; mikor a kiható a *k*-n keresztül megy, még akkor a test nem borul fel. Ha *se*-t *E* nek, *st*-t *T*-nek nevezzük: akkor $T \times tk = E \times st$ mozzanata; hasonlóan $E \times ek (= st) = E$ mozzanata, tehát (19.k.VIII.) $E \times st = T \times tk$, vagy is (Mtán. 73 §. 4.) $E = T \cdot \frac{tk}{st}$, melly képlet ezt teszi: akarmilyen test erős állása annál nagyobb, minél súlyosabb az (mert minél nagyobb T , annál nagyobb $T \cdot \frac{tk}{st}$, tehát annál nagyobb E is); továbbá minél nagyobb a felborítandó testnek a felborítani akaró erő irányábani talpa (mert Mtán 14 §. 7. szerint, minél nagyobb tk , annál nagyobb $\frac{tk}{st}$, és így annál nagyobb E is); végre minél alantabb fekszik súlypontja (mert Mtán 14 §. 7. szerint minél kisebb st , annál nagyobb $\frac{tk}{st}$).

n) Ha fölveszünk egy háromszöget: ennek minden pontja olly egyenes vonalban esik, melly a háromszögnek valamelyik oldalával közegyenesen van húzva. Az illy vonalban levő minden pontok súlypontja, annak közepén van, s ez a több vonalok közepe ismét egyenes vonalt képez. Ha tehát *abc* Δ -ben (15. kép.) *ad*-t *s* *be*-t húzzuk, úgy hogy $bd = dc$, és $ae = ec$: a Δ súlypontjának ott kell lenni az *ad* vonal szintúgy, mint *be*-ben, következöleg a kereszt-

30. Ha a földi testek súlyának okát keressük: azt a föld azon vonzerejében találjuk, melyről már fölebb (15.) szólottunk. Minden anyag nélkülözhetlen sajátja azon erő, mellyel minden egyéb anyagra vonzólag hat. Természetes, hogy minél több részekből áll egy anyag, más szóval, minél több anyagi részecskék vannak a testen: vonzereje annál nagyobb (15). Földünk minden rajta levő egyes testeknél igen sokkal nagyobb levén, világos, hogy igen nagy erővel vonzza a testeket magához. E vonzás a támasznélküli testeknél ezeknek a földre esésében, a megtámasztott testeknél pedig, ezeknek támlapjaikra nyomulásában *o*) nyilatkozik. Ebből látjuk, hogy mind a nehezség mind a súly oka egy.

Ha veszünk egy anyagi pontot állni a föld felett: az e föld minden anyagi pontjai felé vonzatik; azonban e miliárd pontok felé egyszerre nem mehetvén, természetes, hogy az ezek számtalan erőinek megfelelő kihatón kell a föld felé mozognia. Ha földünk gömb; s ez, legalább a központtól egyenlő távolságra mindenütt egyenlő tömörséggel bír: akkor a szóban levő anyagi pontnak, a föld központja felé kell esni. Ha földünknek egy test azaz több anyagi pontok összességére hatását akarjuk megtudni: képzelteljük, mintha mindegyik pont annak központjára húzatnék. Már ezeknek irányzatai összetartanak ugyan: hanem a földsugár nagyságának, s a földön levő testek kicsiny kiterjedésének tekintetéből hiba nélkül fölvehetjük, hogy azon irányzatok közégyenesek, s e szerint minden egyes testet több közégyenesen ható erő támadáspontjainak egésze vagy összessege gyanánt tarthatunk. Ezek szerint egy test súlya nem egyéb, mint a földről minden annak anyagi pontjaira irány-

túl vágás pontján F-en. Ezen pontot még szabatosabban is meghatározhatjuk. T. i. legyen $ed \parallel ab$ -vel: ekkor $af \Delta \sim efd \Delta$, (Mtan 93 §. c.), és így (Mtan 94 §.) $af : fd = ab : ed$. Szinte $ecd \Delta \sim acb \Delta$, tehát $ab : ed = ac : ec$, vagy $ab : ed = 2 : 1$. és így $af : fd = 2 : 1$. vagy (Mtan 55 §.) $af : af + fd = 2 : 2 + 1$ azaz $af = \frac{2}{3} ad$.

o) Nem mindig egyenlő teherrel nyomul egy test, támlapjára. Tegyük föl (16 kép) ab vonal c pontján fekszik T teher, s a vonal a és b pontjain van megtámasztva. Nevezzük az a -ra nyomuló terhet T_1 -nek, a b -re nyomulót T_2 -nek: ekkor e két nyomulás mozzanatai c pontra nézve egymással egyenlők (19.h.VIII.), tehát $T_1 ac = T_2 bc$, azaz e két nyomulás vízszás árányban áll a megtámasztott pontoknak a támadásponttól távolságaival. — Ha abc , a , b , c pontokon megtámasztott lapot jelent, mellynek r pontján T teher van: ennek a három pontra nyomulását (ha ez, az a -ra T_1 , b -re T_2 , c -re T_3 -nak nevezetük) így határozzuk meg, hogy a Δ oldalait illetőleg, rakjuk jégybe^a mozzanatokot, így,

$$T. rf = T_1. ah, \text{ azaz } T_1 = T \frac{rf}{ah}$$

$$T. er = T_2. cn, \text{ azaz } T_2 = T \frac{er}{cn}$$

$$T. rg = T_3. bo, \text{ azaz } T_3 = T \frac{rg}{bo}$$

$$\text{Tehát } T = T \frac{rf}{ah} + T \frac{er}{cn} + T \frac{rg}{bo}$$

zott (egymással egyenlő és közégyenes) vonz-erők kihatója, test súlypontja nem más, mint ezeknek központja.

J. A szóban volt vonzó-erő (mint az égtanban meglátandjuk) a távolság növekedése szerint kisebbedik: miből következik, hogy a föld központjától egyenlő távolságra levő testek egyenlő nehézséggel bírnak; a meszebb levők kisebbel mint a közelebb állók.

Mozgonyok.

31. *Mozgony*nak vagy *gépnek* nevezzük mind azon készítményt, mellyet valami erő egy tehernek megmozdítására, vagy nyugalmomba hozására használ, még pedig a célból használ, hogy vagy erőt nyerjen (= kis erővel nagy terhet mozdítson meg), vagy időt (= a tehernek nagyobb sebessége legyen, mint az erőnek). Azon mozgonyt, mellynek alkató részei szinte mozgonyok, *összesítettnek*, különben *egyszerűnek* nevezzük. Általában véve csak két egyszerű mozgony van, t. i. az *emelcső* és *lejtő*; amához tartoznak a *hengerkerék* és *csiga*, emehez pedig a *sróf* (csavar) és *ék*. Hármat kell minden mozgonyban megjegyezni: 1) a mozdító erőt E, 2) az ellentálló erőt vagy teher T, végre 3) a mozgás központját, támaszpontot.

Emelcső. 32. Akármilyen merevény rúdat, ha ez egy pontján feltámasztatik, s más két pontjain terhekké látatik el (mellyek őt a támaszpont körül forgatni akarják) *természeti emelcsőnek* nevezzük. Ezen test helyett merevény súlytalan vonalt, a terhek helyett erőket gondolván előáll a mértanos emelcső. A két erő támadás-pontjainak, s a támaszpontnak helyzete határozza el, egy karu e, vagy két karu az emelcső. A *kétkaru* emelcsőben a támaszpont a két erő támadás-pontjai között van, az *egykaruban* pedig szélről; s mivel az egykaruban, vagy az erő, vagy a teher van közelebb a támaszponthoz, ezért az emelcsőnek három nemét lehet megkülönböztetni. Az emelcsők *első osztályában* a támaszpont, az erő s teher között (17. kép), *második osztályában* a teher van a támaszpont és erő között (18. kép), *harmadikban* a teher van az erő s támaszpont között (19. kép). Ha a támasz- s támadás-pontok egyenes vonalban esnek: az *emelcső egyenes*, különben *szögletes* leend.

J. Mindegyik erőnek van saját karja, mi alatt mindig az emelcső azon részét kell értenünk, melly az ő támadás-pontjok s támaszpontjok között van: ezért az egykaru emelcsőnek is két karja van, s csupán azért nevezetik egykarunak, mivel mind a két erő a támaszpont egyik felén van, s a rövidebb kar a hosszabbnak egy részét teszi.

33. Súlyegyen van egy *mértanos emelcsőben*, ha az erő és teher, illető karjaikkal vizsás arányban állnak, azaz ha az erő úgy van a teherhez, mint a teher kara az erő karához. Ha péld. (17. kép) *ac* (= erőkar) 10'', *bc* (= teherkar) pedig 1'' hosszú: akkor $E : T = 1 : 10$, azaz 1 font erő 10 font teherrel súlyegyen tart. Ha képzeljük, hogy ez emelcső, támaszpontja körül mozog: akkor, míg a teherkar *bd* útát végezi, addig az erőkar *ac* útát (melly amannál

10szer nagyobb p) tartozik átfutni, miből következik, hogy a kis erőnek, mely 10 akkora teherrel súlyegyent képes tartani, tíz akkora sebességének kell lenni, mint a mekkora e teher sebessége. Ebből annak okát is kivehetni, miként van az, hogy 1 fontos erő 10 fontossal egyenlő hatású q) ha ugyan a 18-ból tudjuk, hogy az erők egyenlők, ha a súly és sebesség sokszorozmányai egyenlők.

J. E szerint itt az erőnyerés idővesztéssel van egybekapcsolva; mert, a legközelebbi képen láthatni, a teher b -ből csak d -be jut addig, míg az erőnek a -ból b -be kell szállnia, azaz ha az erők tartoznak nagyobb a teherkarnál, míg az erő tíz lábnyi útát végez: addig a teher csak egy lábnyit végzett. Innen láthatni, hogy Archimedes azon mondata: „adatok a földön kívül egy mérőn álló pontot, s a földet helyéből kimozdítom,“ a kivitelben legyőzhetlen akadályra tálna. Mert ha meg engedjük is azt, hogy az e végre szükséges iszonyu hosszú hajthatatlan természeti emelcső készíthetnének (mi azonban teljesen lehetetlen), még vannak itt egyéb szörnyű akadályok is. Földünk a legújabb számítások szerint 90000 triliom bécsi mázsát nyom; és ha ennek helyéből kimozdítására Archimedes két mázsá erőt alkalmazna, akkor olly emelcsőt kellene használnia, melynek (ha a teher karja 1 hüvelyk) erőkarjának 45000 triliom hüvelyknek azaz több mint 3000 triliom lábnyinak kellene lenni; és így ha a földet csak egy hüvelyknyire akarná is kimozdítani: neki több mint 125 ezer billiom mértföldnyire kellene az erőkar végével szállni, mely útát, ha tehetné is, fölvevén hogy minden nap 10 mfdet halad, több mint 12500 billiom nap = több mint 3 billiom esztendő alatt végezhetné.

34. Minthogy a természeti emelcsőnek súlypontja van: képzelhetjük, hogy az emelcső maga teljesen súlytalan, hanem súlypontjában egy az emelcső súlyával felérő teher ($= s$) van. E szerint a súlyegyen esetére úgy kell számítani e súlyponton levő terhet, mint-ha egy mértanos emelcsőben az emelcső valamelyik karán két erő működne, melyek közül az egyik támaszpontja az erő vagy teher pontja a vagy b (22. kép), a másiké pedig f súlypont. r)

p) Mtan 113 §. $p = 2r\pi$. Egy más körületre nézve $P = 2R\pi$. Tehát $p : P = 2r\pi : 2R\pi = r : R$ azaz a körületek illető félátmérésekkel egyenes arányban állnak, tehát természetesen a karélyok is; más szóval, ha $cb = 1$, $ac = 10$: akkor bd szinte 1, ae pedig 10.

q) ab (20 kép) kétkaru emelcsőt jegyeznén, E súlyegyenben lesz T-vel, ha mozzanataik egyenlők, azaz ha cd és ce függélyes vonalokkal vizsás arányban állandnak; azaz ha $E. cd = T. ce$, vagy $E : T = ce : cd$, minthogy így az E s T kihatója c támaszponton megy keresztül. Világos, hogy ha E s T közegyenesen hatnak ezen emelcsőre, súlyegyen akkor lesz, ha azok, az emelcső karjaival képeznek vizsás arányt, azaz $E : T = tm : em$, tm a teher, em pedig az erőnek a támaszponttól meszszeségét jelentvén.

E törvény áll az egykaru emelcsőre nézve is. Mert a kétkaru emelcsőt acb (21 kép) súlyegyen-háborítás nélkül egykaruvá változtathatni, ha $ce = cb - t$ ab -ból elvágván, T-t b -ből e -be visszszük, s neki ef -ben az előbbivel közegyenes ugyan, hanem ellenkező irányt adunk. Vegyük fel ugyan is, hogy b -ben, s e -ben két erő hat, $t = T$ s $t' = T$, bk s ef irányban, mely a T-vel közegyenes, de ellenkező: a súlyegyen nem fog változni. Úgy de T s t egymást lerontják, következéleg E s t' lesznek egymással súlyegyenben. A kétkaru emelcsőben T és E súlyegyenben levén áll ez arány; $E : T = ch : cg$. Most $hc - t$ ef iránya felé megnyújtván ci , β -re függőleges leend, továbbá ch , ci -vel, T, t' -vel egyenlő levén ezzé válik az előbbi arány: $E : t' = ci : cg$, s ez az előbbivel teljesen egyenlő.

r) A súlyegyen esetére áll hát ez egyenlet: $E. ac + s. fc = T. bc$, (ha t . i. az E. le felé hat), tehát $T = \frac{E. ac + s. fc}{bc}$; $E = \frac{T. bc - s. fc}{ac}$

35. *Két egyenlő karu emelcső.* Itt az erőkar akkora levén mint a teherkar, súlyegyen csak akkor lehet, ha az erő és teher teljesen egyenlők, és így itt sem erő- sem idő-nyerés nincs.

J. Közönséges mérlegünk illy emelcső, mellynek jósága tehát főleg a karkok egyenlőségetől függ. Könnyű ezt úgy megvizsgálnod, hogy a mérleg serpenyőbe tett, és súlyegyenlő elhozott terheket elcsérelvén, nézed, áll e ekkor is az előbbi súlyegyen. Ha nem áll: úgy egyik kar hosszabb, s a mérleg hibás. s) Továbbá a mérleg karjai egyenlő súlyuak legyenek, és így a mérlegrúd súlypontja, ennek közepén legyen. E súlypont fölött legyen a mérlegrúd tengelye, mellynél fogva van az egész gép fölfüggesztve. A súlypont ezen fekte a tengelyéhez képest, mulhatlan föltétel; mert különben, ha p. a kettő összeszennék, azaz ha a tengely a súlyponton menne keresztül: valahányszor egyenlő teher van a két serpenyőben, a mérlegrúd, akármi helyzetében nyugalomban maradna, holott annak vízirányos fekte által akarjuk az egyensúlyt kitudni; ha pedig valamelyik serpenyő egy kis túlsúlyt kapna: a mérlegrúd rögtön függő állást venne föl, minthogy csak ez állásban lenne a súlypont föltámasztva, pedig a mérlegrúd többé kevésbé lehajlásából ítélünk a nagyobb vagy kisebb túlsúlyra. Ha pedig a tengely a súlypont alatt feküdnék: akkor a mérlegrúd vízirányos állást venne ugyan föl a terhek egyenlőségének esetére, hanem a legkisebb túlsúlyra ismét függő állásra billenne le. De ha a tengely a súlypont fölött áll: akkor a mérlegrúd csak a terhek egyenlőségének esetére áll vízirányosan, ez állást mind inkább elhagyja a szerint, a mint a túlsúlyt nagyobbbitod, egyébiránt egy darabig azon helyzetet körül libeg, mellyben végre megáll. Minél nagyobb a mérlegrúdnak bizonyos túlsúlyra lehajlása: annál érzékenyebb a mérleg. Azon lehajlás pedig annál nagyobb, minél hosszabb a mérlegrúd, minél kisebbek a serpenyőbeni terhek, minél kisebb a súlypontnak a tengelytől távolsága, végre minél kisebb az egész mérleg súlya. t)

s) Hibás mérleggel is meg lehet az anyag való súlyát határozni. T anyagot (23. kép) ezen rossz mérlegen megmérvén, az azzal súlyegyenben levő terhet E följegyezzük. Ekkor T a másik serpenyőbe tetetvén, a vele súlyegyenben levő fontok számát e ismét fölírjuk. Végre az E s e sokszorozmányából kivont négyyszög gyök, az anyag igaz súlyát megmutatandja. Mert $T : E = bc : ac$; a csere után $e : T = bc : ac$; tehát $T : E = e : T$, azaz $T^2 = Ee$, vagy $T = \sqrt{Ee}$.

Azonban illy számítás nélkül is célt érthetsz úgy, ha T-be a megmérendő testet tevén E-be mindaddig raksz akarminemű terheket (p. olongömböket, kulcsot, árpaszemet stb.) míg a mérlegrúd vízirányosan nem áll. Ekkor a megmérendő testet T-ből kivevén, helyébe fontokat vagy font-részeket téssz; ezek összege adandja a test való súlyát.

t) Ha (24. kép) t azon pont, mellynél fogva van m d mérlegrúd fölfüggesztve, s ennek, c pedig az m s d pontokról lefüggő terheknek súlypontja (a rúd vízirányos állásban); és fölteszszük, hogy az m pontról E + e, d pontról pedig E teher függ le: akkor a súlypontok közelebb jönnek m-hez, s a mérlegrúd vízirányos állásából kibillenvén, mindaddig mozog, míg a súlypont újra t alá esik, azaz kt állást vesz föl. Minél nagyobb ktm = φ szög, ugyan akkora túlsúlyra valami mérlegen: annál érzékenyebb ez. Legyen ms = sd = h (karhossza); ts = f, tc = q, mts szög = std = α, végre a mérlegrúd és serpenyők súlya = p. Így I.) $krc \sin. = \frac{kr}{kt} (Mtan 135. \S.)$ tehát $kr = kt. krc \sin. = kt.$

(α - φ) sin = kt. (α sin. φ cos. - α cos. φ sin.) (Mtan 143. §.) II.) $bt_o \sin. = \frac{b_o}{bt}$, tehát $b_o = bt. bto \sin. = bt (\alpha + \varphi) \sin. = bt. (\alpha \sin. \varphi \cos. + \alpha \cos. \varphi \sin.)$ (Mtan 141. §.) Ugyde $bt = dt$; $dt. \alpha \sin. = bt. \alpha \sin. = ds = h$. Szinte $dt. \alpha \cos. = bt. \alpha \cos. = ts$

Mivel a mérlegrúd vízirányos állását, szemmel megítélni igen nehéz; ezért van annak közepére egy más rúd függőleg alkalmazva, mely *nyelv* nevet visel, s mely a fölfüggesztés pontjáról függő két rúd között jár. Már ha e nyelv épen e függélyes két rúd között áll: akkor bizonyosan tudom, hogy a mérlegrúd vízirányos.

2. *J. A csiga* egy tengelye körül foregatható kerekese, melynek körülete, azért, hogy oda kötél, vagy lánc alkalmaztassék, válu alakulag van bevésvé. A helyét nem változtató csigát állónak, azt pedig, mely a teherrel együtt száll, vagy emelkedik, mozgónak nevezzük. A 25 kép mutatja az *álló csigát*, mely bár az erő irányzatára nézve igen kéjelmese, azt még sem neveli; mert az álló csiga nem egyéb, mint egyenlőkaru emelcső *acb*, melynek támaszpontja a csiga központján van, mellytől e szerint az erő *s* teher egyenlő távolságra állnak.

36. *Két egyenlőtlen karu emelcső.* Ha az erő ez emelcsőnek hosszabb karján működik: ekkor az, a súlyegyen esetére, annyszor kisebb lesz a tehernél, a hányszor karja ennek karánál hosszabb (34.)

J. Mázsának illy emelcső, melynek rövidebb karján van a megméréndő test, a hosszabb karon pedig *k* néhány fontot nyomó vaskörte (26. kép) ide s tova mozgatható; a nyelv itt is mint a mérlegrúd függélyes rúdak közt áll, ha a megméréndő test és körte közt súlyegyen van. A hosszabb karra bizonyos karcolatokkal föl van jegyezve a fontok száma 5, 10, 20 stb. font; s ha a mintegy 10 fontos körtét a hosszabb kar 101 és $\frac{1}{2}$ vonásával jegyzett pontra kell tenni, hogy a kar víziránylag vagy a nyelv függőleg álljon: akkor a megméréndő teher 101 és $\frac{1}{2}$ fontot nyom. Ezen a fontok számát jegyező rovatok tapasztalati meghatározás után rajzoltatnak föl. Ugyanis péld. *T*-be 10 fontot tevén, a körte a hosszabb karon oda mozdíttatik, hova őt a súlyegyen, vagyis a nyelv függő állása kívánja. Majd 20 fontot tesznek *T*-be, *s* a körtét, a karnak súlyegyent előhozó pontjára huzzák; a körte ezen két állása közötti távolságot *p*. 20 egyenlő részre elosztván, az első vonás 10 fontot, a második 10 és $\frac{1}{2}$ -t. a harmadik 11-et, és így tovább mindig fél fonttal többet jelölend. E mázsának rendszeren két támaszpontja van, egyik a teher pontjához közelebb, másik attól távolabb áll, amaz nagyobb, ez kisebb terhek megmérésére szolgál (a mázsá nehézs s könnyű fele). Egyébiránt a mérés ezen gépe a közéletben igen alkalmas; mert csak egynehány fontnyi körte kell a sokszor igen nagy terheknek, mint *p*. a vámházak elibe vitt terhes szekerek súlyának meghatározására.

= *f*. Tehát $bo = h. q \cos. + f. q \sin.$ Ebből következik, hogy *kr* is az *I*-ben

(mert $bt = kt$) lesz $= h. q \cos. + f. q \sin.$ III.) $atc \sin = \frac{ac}{at}$, tehát $ac = at. ac$

$\sin. = q. q \sin.$ Minthogy pedig súlyegyenkor a mozzanatok egyenlők (19 h. VIII.): tehát $(E + e) kr = E. bo + p. ac$. Most az *I*-ből *kr*, *II*-ből *bo*, *III*-ből *ac* értékét cserélvén föl ez egyenletben, lesz $(E + e) [h. q \cos. - f. q \sin.] = E [h. q \cos + f. q \sin] + p. q \sin$, vagy $E. h. q \cos - E. f. q \sin + e. h. q \cos - e. f. q \sin = E. h. q \cos + E. f. q \sin. + p. q \sin$; vagy $e. h. q \cos = 2 E. f. q \sin + e. f. q \sin. + p. q \sin = [2 Ef + ef + pq] q \sin$, tehát

$eh = [2 Ef + ef + pq] \frac{q \sin}{q \cos} = [2 Ef + ef + pq] q \text{ tang.}$ (Mtan 140§.IV.), azaz *q* tang.

$= \frac{eh}{(2 E + e) f + pq}$, mely egyenlet ezt teszi: a mérlegrúdnak vízirányos állásából kibillenése annál nagyobb, minél nagyobb a túlsúly (*e*), minél nagyobb a kar hossza (*h*), minél kevésbé van a mérleg megterhelve ($E + e$), minél közelebb van a súlypont a fölfüggesztés pontjához, vagy tengelyhez, (*f*, *q*) végre minél kisebb az egész mérleg súlya (*p*).

2. *J. A hengerkerék* is két egyenlőtlen karu emelős. Ugy van ebben egy tengelye körül forgatható henger egy kerékkel (vagy ennek csak külsővel, vagy illyeket ábrázoló rúdakkal) egybekötve, hogy a kettő tengelye összszeesik, s a kerék függőleg áll a tengelyre. Ha ezen hengerkerék helyzete fekvő: *gerendelynek*, ha függőleges: *bálványnak* nevezetik (27 kép). Az erő a keréknek, a teher pedig a hengernek körületén működik. Gondolatunkkal a terhet a kerék síkjába tevén, ez által az erő hatása nem változik, minthogy a kerék s henger változhatlanul egybeköttetvük; mely esetben a 28 kép e készítménynek keresztmetszését mutatja, de mutatja egyszersmind azt is, hogy a hengerkerék emelésnél nem egyéb, mellynek támaszpontja a kerék tengelyén *c*-ben áll, a teher *o*-n, az erő pedig *b*-n működvén. Már a súlyegyen esetére áll itt ez arány $E : T = ac : bc$, azaz az erő ugy van a teherhez, mint a henger sugara a kerék sugarához; más szóval annyiszor nagyobb terhet bír meg bizonyos erő, a hányszor nagyobb a kerék félátmérője a henger félátméretejénél; hanem épen annyiszor kisebb sebességgel is fog a teher emelkedni. *u)* Néha úgy szokás e hengerkeréke az erő karát alkalmazni, hogy magában a hengerben néhány likat fűrván, ezekbe dugnak különböző nagyságu rúdakat (szőlő sajtók). Gyakran oly kereke van annak, minőt vízi malmoknál szoktak használni, s ekkor nem kéz erejével hanem a test súlyával hajtatik az, azaz jó súlyos ember lépdel az illy kerék egyik deszkájáról a másikra, s ez által a hengert mozgásba hozza. Sőt marhákat is használnak e célra. Rá állítván ugyan is egy illy kerék deszkáira egy marhát péld. ökröt, a kerék megmozdul, mire ez megijedvén, de természeti ösztön által is, hogy el ne essék, ébresztetvén, a másik deszkára lép; ez így megy folyvást, s úgy az ökör súlya hajtja a hengerkeréket.

3. *J. A közönséges őrlő malmok* fő alkotó részét is hengerkerék teszi. Im, itt egy *patakmalom* (29. kép). Jó nagy kerék *kr*, mely a malom épületén kívül van, s valami folyam által hajtatik, merevén összekötöttesben van *hn* hengerrel, melly e szerint míg az előbb említett kerék egyet fordul, szinte egyet forduland. E hengerrel szinte merevén összekötöttesben áll *fg* kerék, melly már a malom épületében foglal helyt, s egész kerületén oldalvást áll fogakkal van ellátva. E kerék fogai *bd* oszlopforma testtel (*dob*) érintetbe jönnek, mellynek 6—9 a felszínen függőleg álló lécei annyira vannak egymástól, mint az imént említett kerék fogai, mellyek közül mindegyik egyegy oly lécet húz magával mind addig, míg forgása haladtával azt el kell bocsátania; hanem ekkor már a kerék következő foga kapta meg a dob következő lécét, s így folyvást forogni kell a dobnak, még pedig azon keréknél, melly által mozgásba hozatik, sebesebben. Mert ha a dobnak 9 léce, a keréknek 90 foga van; ennek 9 fogának érintetere már a dob egyszer megfordul tengelye körül, holott a fogas kerék, még ekkor körületének csak $\frac{1}{10}$ -d részét végezte, miből következik, hogy a dob tizszer sebesebb a keréknél. A dob közepét *ty* vastengely képezi, mellynek alsó vége egy fölemelhető s lenyomható rúdon *r* áll, másik vége pedig az úgy nevezett malomköbe van becsinálva, melly egy alatta fekvő malomkő felett a dobbal együtt forog; e forgó kő közepe ki van fűrva, hogy a megörlendő gabona ezen keresztül folyhasson le az alsó mozdulatlan kőre. *r* lenyomására a dob leszáll, s így a felső követ az alsóhoz közel hozza; fölemelésére pedig a kövek újra elválnak. A felső kő likába tölsér van alkalmazva, mellybe töltetik a megörlendő mag, a két követ pedig fa henger övezi be, mellynek likára van a zsák alkalmazva, az egész azután egy üres négyszögletű ládán keresztülmenvén. A megörlött tömeg keresztül foly a zsákon, s a finomabb részek a zsákból az említett ládába hullanak, a durvábbak pedig, azaz

u) Míg a kerék egyet fordul: addig a henger is csak egyet; s ha például a kerék sugára 12szer akkora mint a henger sugára: akkor annak körülete is 12szer akkora leendő, mint ezé; és így ha *p.* kezem erejére a kerék talpának egy pontja 12 lábnyi útát végzett, az alatt a henger felszínének egy pontja csak 1'-t haladott, tehát a teher is csak egy lábot emelkedett.

a kórpa, a zsákon és ládán kívül a földre esnek. Egy a zsákról a dobra nyúló rúdacska, a zsákot állandó rezgésben tartja.

* A víz által hajtott malomkerekek kétfélék u. m. alulcsapók és fölülcsapók, a szeriut a mint a víz ezeknek vagy alját vagy fölét érinti, s így mozgattatnak, lapátoknak nevezik, melyeknek a folyóvíz általi megmozdítását könnyű a 30. képből belátni. Ha 1, 2, két vízbe érő lapátot; *ab* vagy *cd* a víz sebességét és irányát jegyezi: látjuk, hogy az dült szög alatt hat a lapátokra, és így *ab* fölhomlik *be s ea-ra*, *cd* pedig *df-re s cf-re*; *ea* és *cf* mint a lapátok felszínével közegyeneselek, hatás nélkül a lapát felszínén elsuhannak, ellenben *be* és *df* a kerék fordulatót eszközlik. — A fölülcsapó malomkerekek ott használtatnak, hol a víz esete elég nagy. Az illy kerekek körülletére nem lapátokat, hanem egyes ládákat alkalmaznak, melyek vízzel meletelvén, ennek súlya s egyszersmind sebességi ütése hajtja azokat.

** Azon kérdésre: függőleg azaz a kerék sugarának irányában, vagy ez irányban bizonyos szögöt képezve álljanak e az alulcsapó kerekek lapátai, a tapasztalás úgy felel, hogy legjobb, ha ezek mintegy 25 foknyi szögöt képeznek a függő iránnyal: mert így a kerék forgása alatt a vízből kijövő lapátok nem emelnek föl magukkal semmi vizet, s így a kereket nem súlyosítják. Azt is mondja a tapasztalás, hogy ha a kerék magassága $1\frac{1}{2}$ —2 öl: annyi lapát legyen csinálva annak körülletére, hogy egyszerre mindig 3 lapát legyen a vízbe merülve, nagyobb kerekeknél pedig 4—5 lapát. Mert bár úgy látszik, hogy minél több lapát: a kereknek annál több pontjára hat egyszerre a hajtó víz, s így annál sebesebb a kerék forgása; de azt sem kell feledni, hogy minél több a lapát: annál súlyosab a kerék, s így annál nehezebben hozatik mozgásba. A mi a lapátok szélességét illeti: legyen ez kétszer akkora, mint a mekkora belülők a vízbe merül.

*** Minél nagyobb a lapátokra ütköző víz tömege és sebessége: annál nagyobb a malomkö sebessége is. Innen van, hogy ha a molnások e sebességet mérsékelni nem tudják, a lisztet elégetik. Mert, a mint alább meglátandjuk, az által, ha szilárd testek szerfelett sebesen egymáshoz zsúroltatnak, igen nagy meleg származik. Ellenben, ha a kereket hajtó folyam sebessége kisebb mint kellene: akkor a liszt nem finomra, hanem darabosra őrlöttetvén igen sok korpád lesz. Mind ezen bajok az olly patakalmoknál, melyeknek vize néha árad, néha apad, napi renden vannak. Azért az illy malmokhoz multhatlanul szükséges olly elzárás, mely által ha a víz igen sok, ennek egy része a malomkeréktől elzárassék; ellenben ha kevés, akkor egy víztárban gyűjtessék meg, s csak ezután eresztessék a kerekre.

4. J. Vannak malmok, melyeken a henger kerekét nem víz, hanem a levegő taszítása, vagy a szél hajtja; ezeket *szélmalmoknak* nevezik. Ezekben a kerék külső helyett, hosszszukás, négyoldalú fa rámak vannak, a henger végére alkalmazva, melyeket néhol tömött vászonnal, néhol pedig vékony deszkatablakkal csinálnak be. Az így elkészült rámakat szárnyaknak nevezik. E szárnyak lapjai nem függőleg állnak a szél irányára, hanem dült szög alatt, azért hogy így, épen olly formán, mint legközelebb a vízi malmok kerekeinél láttuk, a szél ereje két erőre bomoljék föl, melyek közül az egyik ugyan hatástalan veszszék el, de a másik a szárnyak, és így a henger forgását eszközölje. Mint-hogy a szél nem mindig egy irányban fú: azért a szélmalmoknak mindig úgy kell készíttetni, hogy a szárnyak különbféle irányban mozgathatók legyenek. Alkotásukban főleg a következő pontokra kell ügyelni: 1) a szárnyak ne 3-szögletűk, hanem, mint 31. kép, 4 oldalú legyenek. Könnyű átlátni, hogy mivel ezek nagyobb lapot tárnak ki a szél erejének, ennek hatása is minden esetre nagyobb leend, azonban mégis 2) szembetűnőleg nagyobb hatásuaknak tapasztaltattak az olly szárnyak, melyek alá felé keskenyülnek; 3) legjobb ha a szárnyak a szél irányával 70°nyi szögletet képeznek, azonban, ha a négyoldalú szárny alul keskenyebb, ennek nagyobb hajlása legyen a szél irányára, mint a szárny felső szélesebb részének. Egyébiránt a szélmalmokat, mint minden malmok közt a legkevesebbe kerülőket, s ha cölszerűen állítatnak föl (mind a

mellett is, hogy egyenlő körülmények között a víz hatása 24-szer akkora mint a szélé), igen nagy hatásukat, nem lehet eléggé ajánlani, kivált nálunk, hol nem csak az egész alföld, hanem még oly tájak is, melyeken vizet lehetne a malmok hajtására használni, marhát őrö és még is igen lassan s igen nyomorultan őrölő száraz-malmokkal vannak elborítva. Torontálban, a tiszai szigeten van egy (Hollandiak által épített) 3 kövű szélmalom, mely napjában 250 — 300 köblő gabonát képes, és pedig igen finomul megőrülni.

* A szárazmalom alakítása abban különbözik a patakmalométól, hogy abban a henger függőleg, a kerék pedig víziránylag áll. E kerékhez fogatnak a lovak, melyeknek, hogy el ne szédüljenek szeméit be kell kötni; így egypár óráig szembetűnő kár nélkül kerenghetnek.

5. J. A fűrészmalom fő alkotó része is hengerkerék (32. kép). *k* nagyobb kerék tengelyéhez, *f* fogaskerék köttetik, mely *d* (más vízirányos tengelyre alkalmazott) dobot mozgatja. E tengely egyik végére *g* karéyalaku vas van csinálva, s ennek egyik vége a nevezett tengely középhe van verve, másik vége pedig, ha a tengely forog, egy kört ír le, *s* így a *h* rúdat, mely a karéyalaku vas utóbb említett végére van alkalmazva, föl *s* lefelé mozgatja. E rúd egy kivájt téglányhoz *kk* köttetik, melynek közepén *hl* fűrész van, *s* mely úgy van két függőleges oszlop közé szorítva, hogy csupán függőlegesen mozoghat. Minthogy a fűrész mindig egy helyben marad; a fát pedig hosszában kell elmetzeni: világos, hogy még kell egy készítménynek lenni, mely azt a fűrész felé hajtja. E végre a *fa mnop* négszegű készítményre tetetik, mely két rúd felett hajtatik a fűrész felé. *op* oldal fogakkal van ellátva, melyek közé egy dob lécci járnak. E dob tengelyén van még egy fűrészfogó vaskerék *vg*, melynek fogait *st* vasrúd tovább tovább tolja, úgy hogy ezen vasrúd *x* emeléső segítségével, a fűrész fölmentével a kerék úgy fogát megkapja, *s* ezt tovább tolja; a fűrész leszálltakor pedig a kerék fogát ott hagyja, *s* egy másikat fog meg, mit a fűrész felmentere újra tovább tol, és így tovább, míg végre a kerék sokszor körül forgattatván az egész *fa* elfűrészelve lesz. Hogy a malmnak lehetőleg egyforma mozgása legyen: ugyanazon tengelyre, mellyen a fűrész van, *re* vastag tömött fából készült röpkerek alkalmaztatik, melly egyszer mozgásba hozatván a röpitő erő hatására a maga egyforma mozgását közli az egész készítménnyel (lásd alább). — Hasonló szerkezete van mind azon mozgonyoknak, mellyek által nagy tömegek, kisebb darabokra vágatnak, vagy különbözőképen bemetszetnek, mint *p.* a srófkészítő *s* ráspolyélesítő mozgonyokban láthatni.

6. J. Zúzó malmok = stompok (33. kép). A zúzó póznák *a, b*, függőlegesen vannak állítva, *s* többnyire alul megvasalva, továbbá úgy záratnak bizonyos lécek közé, hogy csupán függőlegesen mozoghatnak; végre mindegyik pózna, közepén alul, *g* kampóval vagy ujjal van ellátva. E póznák mellé van egy henger alkalmazva, mellybe szintolly újjak verettek, mint a póznákba, még pedig az egész körültre több, *s* ez újjak azok, mellyek a henger fordulatára a póznák ujjaiba kapaszkodván, ez által fölemelik, majd elbocsátják azokat, hogy súlyaiknál fogva *c, d* gödrökbe, hova tetetik az összezúzandó tömeg, essenek. A henger itt is egy kerék által hozatik forgásba, melylyet rendszeren viz hajt. Egyébiránt a zúzó malmok, a cél szerint mellyre használtatnak, különbözőképp neveztetnek: lőpormalom, papirosmalom, érc-stomp. —

7. J. Hasonló szerkezete van az óraműveknek. Két tábla A és B (34. kép) közé *cd* tengely úgy alkalmaztatván, hogy könnyen forgathassék, ezzel *ef* 80 fogu kerék is forogni fog, melly kerék *g* 8 fogu dobot mozgatja. A dob tengelyének végén van *ik* 48 fogu kerék, melly *l* 8 fogu dobot hajtja; ennek tengelyén függőlegesen áll *mn* 48 fogu, *s* korona alaku kerék, melly *op* 24 fogu vízirányosan álló kerekét forgatja, ennek tengelyére egy másik, szinte fekkentes kerék *gr* van alkalmazva, úgy, hogy 15 fogal fűrészfogalakulag metszvék. E műnek mozgásba hozása végett az első kerék tengelyére egy vastag henger *h* alkalmaztatik, *s* erre egy teherrel ellátott kötél tekertetik. A teher, súlyánál fogva sülyedni igyekezővén, ez által a hengert, *s* mind valamennyi kerekét mozgásba hozza. Azonban az így származó sebesedő mozgás elkerülése vé-

gett, a legfölső főrészfoglalaku kerék fölé oly tengely alkalmaztatik, melyre, nem ugyanazon egyenes vonalban, két darabka érc x s y van ragasztva; s így ha e tengely mozog, x a kerék fogai közé megy akkor, midőn y azok közül kiemelkedik, miből láthatni, hogy ez által az s -en függő teher sebesedő szállása akadályozva lesz. E tengelyt z hintázó inga hajtja, mely az A -n kívül függvén U rúd által közli a tengelylyel mozgását. Míg ef kerék egyet fordul: g dob, s vele ik tizet, s mivel $ik : l = 48 : 8$; l dob hatszor fordul, míg ik egyszer, következésképp míg ik tizszer s ef egyszer: addig l , s vele mn hatvanszor. Ha e szerint l dob tengelyét A -n kívül nyújtom, s erre egy mutatót alkalmazok: ez az alá alkalmazott körlevélen másodperceket fog mutatni. Az órák s elsőpercek kimutatására cd tengely A -n kívül nyújtatik, s mivel a felső tengely hatvanszor fordul addig, míg ez egyszer, ez mutatóval ellátatván, egy másik kör felett elsőpercet mutatand. Ugyanezen tengelyen A levelen kívül van egy 30 fogu kerék $= \alpha$, mely egy más, szinte 30 fogú $= \beta$ hajt, s ez egy 6 fogu dobot $= \gamma$. E dob δ 72 fogu kereket forgatja, mely úgy van a cd tengelyre csinálva, hogy annak tengelye ezt üres henger gyanánt keríti be, s az A -n szinte kívül érvén, a rá csinált ϵ mutató δ kerék mozgását fogja mutatni. Míg tehát cd tengely, s vele γ dob egyet fordul: δ kerék, vele ϵ csak $\frac{1}{12}$ forduland, minthogy $\frac{72}{6} = 12$ (lásd 17. f)

* Kisebb, névesül zsebórákban a mozgató teher helyett acélrúgó használtatik, mely is egy hengerbe tekert acéllevélből áll. Ennek egyik vége ab tengelybe (35. kép) van csinálva, másik pedig cd rézdobban szabadon hagyva. Ha körültekerem a tengelyt, a rúgó rétesalakulag összehajtatik, mely mihelyt az akadály megszűnik, magától kitérjed. Ha tehát ezen rúgó az óra kerekével egy kis lánc által egybekötetik: az egész mozgonyt mozgásba hozza. Föl lesz húzva az óra, ha e láncacska, mely az említett dobra volt csavarva, az első kerék egy kevéssé vastag tengelye körül tekertetik; ekkor a rúgó terjesztő ereje a dobot forgatja, s e mozgás lesz a tengelylyel is közölvé. Minthogy pedig az összszenyomott, s magát kiterjeszteni törekvő rúgó első ereje nagyobb a későbbieknél: a kerék tengelyének kúp alakot fg adnak, s arra csavarvonalat vágnak, hogy így a rúgónak a tengelyre a kis lánc általi hatása a mozgás központjától mindig távolabb essék, s így a támaszponttól távolsággal az erő hatása növekedjék, a szerint, a mint a rúgó terjesztő ereje kisebbedik. Így tetetik az óra mozgása lehetőleg egyformává. A fölebbi órában leírt inga helyett, egy már ösmeretes ércdarabakkal x , y ellátott függélyes tengely használtatik; e tengelyt egy fekmentes karika környezi, mely szinte, mint a tengely, hintázik, e hintázó mozgás egy rétesalakulag tekert acélfonal által, a szerint a mint ez rövidebbé vagy hosszabbá tetetik, sebesebbé vagy lassúbbá változtathatván.

Az óra kerékmuvéhez hasonló a *kerékcsiga* (36. kép), mely nem egyéb, mint egy mozgékony, s fogakkal ellátott lécből, ezen fogakba járó kerékmuéből s egy fogantyúból álló készítmény. A fogantyú által mozgásba hozott kerékmu föl vagy letolja a lécet, melyel a teher egybekötetve van. Ha itt a fogantyú hossza úgy van a kerékmu fél átmérőjéhez, mint 10 : 1-hez: ekkor áll ez arány: $E : T = 1 : 10$, azaz $E = \frac{1}{10} T$. Argánd lámpáiban légszivattyúkban stb. ily kerékcsigát láthatni.

8. *J. Kütgém, evésző, lapát, villa, fogó, olló, emelő rúdak stb.* mind az előadott két egyenlőtlen karu emelő osztályába tartoznak.

37. *Egykaru emelő* 1) Ha az erő meszszebb van a támaszponttól, mint a teher (18. kép): akkor erőt nyerünk, de időt veszünk, más szóval, minél több erő nyeretik meg, annál lassubban fog a teher mozogni. Itt áll ez arány: $E : T = bc : ac$, s ha péld. $bc = 1$, $ac = 4$: akkor négy font teherrel egy font erő tartand súlyegyet.

1. *J.* Ha egy csiga központjára valami teher alkalmaztatik; azután barázdája körül kötelet húzván, ennek egyik végét valahova, p . egy gerendára akasztjuk,

másik végét pedig kezünkbe fogván, így a terhet föl akarjuk emelni: világos, hogy kezünk felényl erővel fentartandja a terhet, mint a mennylt a teher nyom, ha ugyan a teher egyik felét a felakasztott kötél tartja. Az erő (37. kép) a -ra, teher b -re hatván c pedig támaszpont levén, világos, hogy a mozgó csiga egy karú emelcső, mellyben e szerint áll ez arány $E : T = bc : ac$, s mivel bc a csiga félátmérete: $E : T = \frac{1}{2} : 1 = 1 : 2$, azaz, az erő egyenlő a teher felével. v)

Több csigák használtván, az erő nagy mértékben fog növekedni. A csigákat úgy, mint a 39 képből láthatni, egybeállítván, *Archimedes csigasora* áll elő, hol az erőnek a B csigában 2, C-ben 4, D-ben 8, E-ben 16 stb. annyi hatása van. A *közönséges csigasort* mutatja a (40. kép). Világos mind a két csiga sorra nézve, hogy ezekben a köteleknek egyenlően feszülteknek kell lenni, ha t. i. E s T egymással súlyegyenben állnak. E szerint, ha a kötelek száma

$= n$: akkor $E = \frac{T}{n}$; vagyis, $E : T = 1 : n$, azaz, a csigasorban súlyegyenben

van, ha az erő úgy áll a teherhez, mint 1, azon kötelek számához, melylyeken függ a teher vagy mint 1, a mozgó csigák kétszerezett számához, mi ismét világos, mert tudjuk, hogy mindegyik csigát két kötél környezi. Azonban meg kell jegyezni, hogy a kötelek közegyenest állása van értve, mi a közönséges csigasorban, úgy éretik el, ha a kötél környezte csigák átmérői a rendes számok 1, 2, 3, 4, stb. sorzatában növekednek. *Archimedes csigasora* csak ott használtatik, hol a tehernek csekély fölemelése által célt érhetni, egyebütt a közönséges csigasor.

2. J. Taliga, két kerekű szekér, kulcs, fűrő, kilincs, kasza, terheket tovább toló rúdak, sarkakon mozgó ajtók, egy rúdon teheret vivő két személy (hol sajátképen két emelcső van), mind ide tartoznak.

2) Ha az erő közelebb van a támaszponthoz, mint a teher: akkor nagyobb erő fog kisebb teherrel súlyegyent tartani, hanem egyszersmind az erőnek sokkal nagyobb sebessége lesz mint a tehernek (19 kép). Itt áll ez arány $E : T = bc : ac$, s ha bc négy akkora mint ac , akkor négy font erő kell arra, hogy egy font teherrel súlyegyent tartson. Ez emelcsőt ott használják, hol elég erő levén sebes mozgás előhozására van szükség.

J. Illy emelcsőt képeznek az esetet, toll, iracs, mikor velők rajzolunk vagy írunk; illyet a kalapács, ha vele szeptet verünk valami testbe; illyet az emberi test karcsontjai is. Ezeknek izmokkal ellátásában nem az a cél, hogy kis erő nagy terhet fölemelni képes legyen, hanem az, hogy az izmok igen csekély megrövidülésére is a kéz jó nagy útát végezzen el. E célból az izmok igen közel állnak a csonttrúdak támaszpontjaihoz. *Borelli* (de motibus animalium) ezt mondja azon izmokról, mellyek a karnak könyöknél meghajlását eszközlik. Karját egy közönséges erejű ember egyenesen kinyújtván, ujjain 26 fontot el bír, az alkar súlya = 2 font pedig számba vetetvén, 28 fontot. Meghatározatván, hogy a teher 20 annyira van a támaszponttól, mint a ható izmok; ekkor az izmok ereje 20. 28 = 560 font. Ha pedig a kar könyöknél meghajolván, a felkar függélyes, az alkar pedig fekvő állást vesz föl: ekkor az izmok

v) A mondott arány csak akkor áll, ha E és T közegyeneselek, különben E-nek T felénél nagyobbnak kell lenni. Ugyanis E (38. kép) *adb* emelcsőre *ae* irányzatban hatván, áll ez arány: $E : T = bd : be$. Ugyde $ab > eb$; következöleg $\frac{1}{2} ab = bd > \frac{1}{2} be$, és így $E > \frac{1}{2} T$. E nagyobbság szabatosb meghatározása végett, mivel $acd \triangle \sim abe \triangle$ (Mtan 93. §.): ekkor $be : ab = \frac{ab \cdot ad}{ac}$; tehát $be = \frac{ab \cdot ad}{ac}$; és így $E : T = bd : \frac{ab \cdot ad}{ac} = bd \cdot ac : ab \cdot ad$, s mivel $bd = ad$, tehát $E : T = ac : ab$, azaz, az erő úgy van a teherhez, mint μ csiga sugara azon karély húrjához, mellyben a csiga s kötél egymást érintik.

alkalmasabb helyzetet nyervén, az ujak 33 fontot bírnak el. Ha egyenesen kinyújtott kezembe pálcát veszek, s valami terhet erre akasztok: annál nehezebben tudom ezt feltartani, minél távolabb áll ez a pálcán, kezemtől.

Lejtő. 38. A víziránynyal hegyes szögöt képző sítot *lejtőnek*, jelesen *bc*-t (10. kép) magasságának, *ac*-t talpának, *ab*-t hosszának, *a* szögöt hajlásszögének nevezzük. Tegyük föl, most egy hordó fekszik a lejtő hosszán, úgy mint rajzolva van. Ez, mint tapasztalásból tudjuk, csak úgy fog e fölött megállhatni, ha van erő melly őt megtartja; különben, a szerint a mint a lejtő magassága kisebb vagy nagyobb, kisebb vagy nagyobb sebességgel legördülend. Tegyük föl ugyanis, hogy a hordó súlypontja *d*-ben van, s a hordó súlyát fejezze ki *df*: így a hordó *efl* irányban fogna e pontról lelesni, ha a lejtő deszkája ellent nem állna; de mivel ez ellentáll, csupán törekszik a hordó a mondott irányban lelesni (15). Úgy de ez irány dült szögöt képez a lejtő hosszának lapjával; miből az következik, hogy a hordó ezen súlya két erőre bomlik föl, *de* s *ef*-re (26, 27. lap); *de* a lejtő hosszára függőleg áll, és így a súlynak csak e része nyomja a deszkát (melly nyomást ennek ellentállása semmit), *ef* pedig közégyenes a lejtő hosszával, s a súly e részével igyekszik a hordó legördülni. E szerint, ha ennek a lejtő hosszán legördülését akadályozni, vagy ezt a lejtő hosszán föl- vagy le-tolui akarom: nem kell e végre annyi erőt fordítanom, mint a mennyit a hordó nyom. Azon erő, melly e hordót vagy általában a testet a lejtő hosszán megtartja, nagyobb részint kétféle irányú szokott lenni, ú. m. 1) *a lejtő talpával közégyenes*, melly esetben ez a törvény: a hányadrésze a lejtő magassága (*m*) a lejtő talpának (*l*): annyadik része az erő a tehernek (I.) $E : T = m : l$, 2) *a lejtő hosszával közégyenes*, s ekkor áll e törvény: a hányad része a magasság a hosszúságnak (*h*), annyadik része az erő a tehernek. (II.) $E : T = m : h$. Például 20 mázsa terhet kell egy szekérre oly lejtő segítségével feltolni, mellynek magassága $2\frac{1}{2}$ láb, hossza pedig 1 öl: kérdés mennyi erőt kell e célra használnom? (II. szerint $E : T = 2\frac{1}{2} : 10$ mázs. = $2\frac{1}{2}$ láb : 6 lábhoz, melly arányból az *E* kifejeztetvén lesz = $8\frac{1}{3}$ mázsa) *x*) Szinte 3 láb magas szekérről, egy lejtő segítsé-

x) Hogy a teher a lejtő hosszáról le ne csuszszék: azt a *d* pontból akar-mi erő tehát péld. *dy* irányban *E* eszközölheti, melly esetben a teher a lejtőn nyugodván, világos, hogy az erőknek egymással súlyegyent képezniök, tehát a kibatónak *de*-vel öszszesnie kell. Így *h*. VIII szerint: I.) $E : T = fde \sin : edn \sin$. Mivel pedig $af \triangle \infty fde \triangle$ (Mtán 93. §.), és így *fde* szög = *a* szög; mivel továbbá $edn \sin = n \cos$ (Mtán 136. §.): a főlebbi arány ezzé válik II.) $E : T = e \sin : n \cos$, azaz súlygyen esetében, a lejtőn úgy van az erő a teherhez, mint a hajlásszög keble az erő iránya s a lejtő hossza által képzett szög pótkeléhez. Ez a lejtő általános törvénye. Már 1.) ha a teher vízszatartó erő a talppal közégyenes: akkor (Mtán 85. §.) *n* szög = *a* szög; e szerint az előbbi arányban *n* cos. helyett tehetünk *a* cosinust, tehát mondhatjuk: III.) $E : T = a \sin : a \cos = bc : ac = \text{magasság} : \text{talp}$. 2) Ha pedig az erő a lejtő hosszával közégyenes: akkor *edn* sin. (I.) = egész keb; és így IV.) $E : T = n \sin : \sin \text{ tot.} = bc : ab = \text{magasság} : \text{hossz}$.

Mondtuk főlebb, hogy a lejtőn a teher *fd*, két erőre ú. m. *de* + *ef*-re bomlik föl, mellyek közül amaz a lejtőre nyomulást, emez pedig az erről lecsú-

gével, melynek hossza 12 láb, 12, 24, 36 mázsá terhet, valamivel több mint 3', 6, 9 mázsányi erő le fog vehetni.

38. Az ék (41. kép) háromszegű hasáb, és pedig *egyszerű* (*abc*), ha keresztmetszete síkját derékszögű \triangle teszi, ellenben, ha két illy egyszerűből tétetik össze, *kettős* ($ade = abc + bdc$); s illy kettős szokott rendszeren nagy fatörzsökök elhasogatására használatni, úgy t. i. hogy ez *bc* irányban fejszével vagy sulyokkal veretik az elhasítandó fa-részek közé. Egy pusztá tekintet a képre, kimutatja, hogy *ac* és *dc*, (mellyek itt az ék oldalainak hívatnak) *abc* és *bcd* lejtők hosszai; *bc*, (melly itt ék hossza) a mondott lejtők talpa, $ab + bd = ad$ pedig (melly itt ék szélessége) a lejtők magasságai. A teher itt a fa-részek egyberagadása, melly az ék repesztő hatásának (E) ellentáll, s melly két felé *ac* s *dc* ellen hatásra oszlik. Ha a farészek egyberagadásának nagyságát s irányát *re* s *kn* fejezi ki: ezek (26. 27. lap) felbomlanak, amaz $rg + ge$, emez pedig $nk + nr$ -re, mellyek közül *rg* s *nr* mint az ék oldalával közegyeneselek hatástalan mennek el, s csak *ge* és *lk* hatand. Ha most *ge*-t *em*-re, *lk*-t *km*-re visszszük ált, s e két erőből *emko* egyenközt alkotunk: ennek áttallója *mo* az, mi a *bc* irányban ütő erővel súlyegyent tartani tartozik, s az annál nagyobb erő a fát elrepszteni. Ebből láthatni, hogy az ék által erő nyeretik meg. y)

J. Az éket sokféle alakban használjuk a köz életben: mert minden szeg, tű, kés, vésű, olló, kard, balta, ekevas, sőt még az állatok fogai is csak ugyanazon éknek különböző módosulatai. Egyébiránt, hogy ékkel a legkeményebb testek részeit is elválaszthatni egymástól: ez nem csak onnan van, hogy az ékben erőt nyerünk, hanem onnan is, hogy az erőt ütés formában alkalmazzuk. Sok terhet rakhatnánk egy szegre, míg az ezt annyira lenyomná p. egy deszkába, mint egypár ütés kalapácsal. A kalapácsnak kéz által adott sebessége az, mellynek hatása olly feltűnő (18).

39. A *csavar* (sróf) két egyenlő átméregű hengerből áll, mellyek közül egyik felszínén egy domboru vonal akként tekeredik fölfelé, hogy e tekeredések, mellyek kapaszkodóknak hívatnak, mindenütt egyenlő távolságra állnak egymástól. Természetes, hogy a kapaszkodók ezen emelkedései között egymástól egyenlő távolságra

szást eszközözi. Hogy e kettőnek egymáshoz viszonyát kitudhassuk: előbb mind-egyiket T-vel (= df) egybe hasonlítjuk. Tehát T : ef = def sin. : fde sin. = sin. tot. : sin. a (Mtan 147. §.). Es így V.) T. sin. a = ef. sin. tot. = ef. Hasonlóan T : de = sin. def : sin. dfe. Ugy de sin. def = sin. tot; sin. dfe = cos. fde = cos. a. Tehát T : de = sin. tot : cos. a. Es így VI.) T. cos. a = de sin. tot. = de. Most az ef és do, V. és VI.-bani értékeikkel, arányba állítván VII.) ef : de = sin. a T : cos. a. T = sin. a : cos. a = bc : ac = magasság : talp.

y) Az egyszerű ékben (x. 1. szerint) áll ez arány: E : T = ab : bc = ék széle : ék hossza, azaz, ha péld. *ab*, *bc*-nek egyharmada, egy mázsá erő három mázsá teherrel súlyegyent tart; miből önkényt következik, hogy minél kisebb *ab*, s nagyobb *bc*; más szóval, minél hegyesebb vagy élesebb az ék: annál kisebb erő kell a teher, vagy is az egyberagadó testek ellentállásának legyőzésére. — A kettős ékben a teher ennek két oldala *ac*, s *dc* közt oszlik meg: meg kell hát az erőnek is oszlan. E szerint súlyegyenkor *ac* oldalra nézve áll ez arány: $\frac{1}{2} E : \frac{1}{2} T = ab : bc$. Az ék *cd* oldalára nézve pedig: $\frac{1}{2} E : \frac{1}{2} T = bd : bc$; következőleg E : T = $ab + bd : 2bc$ = szélesség : magasság két-annyja.

álló völgyeknek vagy barázdáknak kell származni. A másik henger belül üres, s ennek belszinén hasonló emelkedések és barázdák vannak, úgy, hogy amannak kapaszkodói ennek barázdáiba, és viszont, tökéletesen beleillenek. Amazt a hengert *hímcsavarnak*, emezt pedig *nócsavarnak* nevezik. — Ha képzeljük, hogy (42. kép) *abc, cde, efg, ghi* derékszögű háromszögek, melyeknek talpaik *ab, de, fe, hg, MR* henger körületével egyenlők, e henger felszinére tekintetnek: akkor *ac de stb.* feszülők képezendik azon kapaszkodókat, melyekről az imént szólottunk. Ebből láthatjuk, hogy a csavar kapaszkodói lejtőknél nem egyebek, melyek egymással teljesen egyenlők s hasonlók, úgy hogy a csavar körülete = lejtő talpa; csavar kapaszkodója = lejtők összes hossza; s a kapaszkodók egymástól távolságai = az egyes lejtők magassága.

A csavarnak igen nagy használata van a közéletben, a könnykötők könyvnyomók sajtóiban, bor-olaj-pénz-présekben stb. rendszeren bizonyos test összszenyomására; de lehet azt teher fölemelésére is használni. Minden esetre a hím- és nócsavar közül egyiknek mozdulatlanak kell lenni, s csak a másik lesz forgatható, mely végre egyikhez vagy másikhoz egy emelcsőt vagy ezt képviselő fogantyút szokás alkalmazni. A 43. képen láthatni, miként emeltetik föl egy teher csavar segítségével, s miként van a nócsavarnak *ef* emelcső alkalmazva. Minthogy a **T** teher által húzatott nócsavar kapaszkodójának minden pontja bizonyos súlylyal nyomul a hímcsavar kapaszkodójának minden pontjára; e kapaszkodó pedig, mint tudjuk, lejtő: természetes, hogy ha itt semmi akadály nincs, a nócsavar a hímcsavar kapaszkodója felett magától leforog; s bizonyos erő kell arra, hogy a nócsavar a hímcsavar kapaszkodójának bizonyos pontjain meg tartathassék. Egy pillanatot a képre megfigyél akarkit arról, hogy a csavarban a teher a csavar tengelyének irányában (= a lejtő magasságával közegyenesen), az erő pedig a csavar körületére függő (= a lejtő talpával közegyenes) irányban működik. És így a 38. 1 után mondhatjuk, hogy a csavarban úgy van az erő a teherhez, mint a lejtő magassága, a lejtő talpához = kapaszkodó távolsága (*d*) a csavar körületéhez (*p*). \approx

2) I.) $E : T = d : p$, és így $Ep = T \cdot d$, vagy $E = \frac{Td}{p}$ azaz, *minél nagyobb*

a teher; minél nagyobb a kapaszkodók távolsága; ellenben minél kisebb a csavar körülete: annál nagyobb azon erő, mely a teherrel súlyegyet tart. — A csavarokhoz kötni szokott emelcsőt gondolóra vevén, ha a csavar félátméréjét *r*-nek, azon körét pedig, melyet *ef* emelcső *f* pontja (43. kép) leír, **R**-nek nevezzük, áll csupán ez emelcsőre nézve ez arány: $E : T = r : R$, mit az I-1 öszszekötvéen lesz II.) $E : T = dr : pR$, vagy (mivel a sugárok [*r, R*] körületeikhez [*p, P*] aránylanak (Mtan 113. §.) = $dp : pP = d : P$. *Példák.* Ha veszünk egy szőlőprést, melynek csavarában a kapaszkodók egymástól távolsága $1''$, az emelcsőül használt rúd pedig $1 \text{ öl} = 72''$: kérdés egy mázsa erő mennyi teherre tartand ott súlyegyet? A II-beni **P** (mivel Mtan 113. §. szerint $P = 2R\pi$) = $452, 16''$, és így $100 : T = 1'' : 452,16''$, azaz $T = 45216$ font. Ha ugyanezen sajtóban a kapaszkodók távolsága $\frac{1}{3}''$: akkor $100 : T = \frac{1}{3}'' : 452,16''$, miből $T = 45216 : \frac{1}{3} = 135648$ font. — Ha egy könyvnyomó-sajtó csavarában a kapaszkodók egymástól távolsága $\frac{1}{6}''$; az alkalmazott emelcső $3' = 36''$; az erő pe-

2. *J. Lassú* mozgatóra néha oly csavart *a* használnak (44. kép), melynek 3 kapaszkodója van, de nőcsavara nincs; ezen kapaszkodók *b* keréknek harántékosan metszett fogai közé járnak be, s így a csavar tekerére a kerék fogai tovább hajtának. E kerékkel *c* henger van kapcsolatban, mellről függ a teher; az erő pedig *E*-nél alkalmaztatik. Az ily csavart *végetlennek* nevezik. a_1)

2. cikk. Egy test részecskéi közti súlyegyenről.

41. Ha véssz egy veszszőt (fából vagy vasból), s ennek két végét megfogván, az egészet egy kevésse meghajtod: kétségtelen lesz előtted, hogy a veszsző részecskéi egyes helyeken távoztak egymástól, más helyeken pedig közeledtek egymáshoz; szóval a test részecskéinek előbbi helyzete megváltozott. Azonban mivel e változást a mondott esetben kezem ereje hozta elő: tagadhatatlan, hogy egy test részecskéit bizonyos erők tartják együvé, melyek a test háborítlan állapotában egymással súlyegyenben vannak, mely azonban péld. a mondott meghajtás által megváltozik, s új súlyegyen áll elő. Ha a hajtó erő megszűntével a veszsző részecskéi előbbi helyzetökbe visszamennek: akkor arról, s általában minden ily testről az mondjuk, hogy *rugalmas*; jelesen *egész e rugalmasság*, ha a részecskéket kimozdító erő megszűntével ezek előbbi helyő-

dig, melyet egy nyomó használ, 2 mázsa: kérdés, mi a betűknek a papirosra nyomulása (= *T*)? A II. szerint 200 font: $T = \frac{1}{6}'' : 226,08$, (az arány ez utolsó tagja ép úgy számíttatván ki mint előbb), mihől $T = (226,08 \times 200) : \frac{1}{6}'' = 271296$ font. Ha egy tehernek nem csupa súlyegyenben tartásáról, hanem valóságos megmozdításáról van szó: akkor az által, hogy a' nőcsavar kapaszkodóinak minden pontja a hűncsavaréi fölött tartozik mozogni (zsúrlódás), az erőnek nagy része lerontatik. Már a csupa súlyegyenben nem lehet a zsúrlódás hatását számítani, mint a mely annyit árt az erőnek mint a tehernek.

a_1) Ha itt a keréknek csavar elleni hatása *k*, *E* erőre nézve teher gyanánt vétetik: ekkor I.) $E : k = d : P$. (lásd \approx II.) Úgy de *k* a *T* teherre nézve erő, s ezért ha *r* a henger sugarát, *R* a kerék sugarát jelenti, áll ez arány: II.) $k : T = r : R$. Most az I. II-t egygyé tevén, lesz $Ek : Tk = rd : PR$, vagy III.) $E : T = rd : PR$, azaz a *végetlen csavarban úgy áll az erő a teherhez, mint a kapaszkodók távolságának s a henger sugarának sokszorozmánya, az emelcső körületének s kerék sugarának sokszorozmányához*. Példa: Legyen 20 mázsa teher *T* ily csavaron fölemelendő; legyen ezen $d = \frac{1}{6}''$, $R = 8''$, $r = 2''$, $P = 20''$: ekkor a III. szerint $E : T = 2000 \text{ font} = 2 \times \frac{1}{6}'' : 20 \times 8'' = \frac{1}{3}'' : 160''$ és így $E = (2000 \times \frac{1}{3}) : 160 = 4\frac{1}{3}$ font.

Azon mód, mellyel itt a végetlen csavart illető törvényt kikerestük (III), s melly szerint az erőt példában ki is számítottuk, elég világos képzetet ad arról, miként kelljen az összetett mozgonyokban az erő és teher viszonyát kiszámítunk. Ha tehát egy összetett mozgony hatását akarjuk kiszámítani: számítsuk ki egyenként az azt alkotó egyszerű mozgonyokban az erő és teher viszonyát, s ezeket egymással sokszorozzuk. Bővebb világosítás kedvéért lássunk egy összetett emelcsőt (45. kép), mely három egyszerű emelcsőből *ad*, *gf*, *gk*-ből van alkotva, s mellynek a pontjára az erő, *k* pontjára pedig a teher hat. Ha az első emelcsőben $E : T = 1 : 10$, a másodikban mint $1 : 4$, a harmadikban mint $1 : 3$: akkor e viszonyokat egymással sokszorozván, kijön, hogy ez egész esetben $E : T = 1 : 120$. Láthatni hogy itt is, mint előbb a végetlen csavarnál, az egyszerű gépek egymás által hatnak: tehát az a mi az 1 emelcsőben teher, az a 2 ben erő, s a mi a 2-ben teher, az a 3-ban ismét erőszerepet viend.

ket tökéletesen viszszyanerik, ellenben csak *részletes* akkor, ha e részek nem mennek vissza egészen előbbi helyzetökbe. Ha p. vasveszszőt egyik végével valami gerendába függélyesen jól belecsinálván, másik végére bizonyos terhet akasztok: ez, súlyával meghoszszítja a veszszőt, s e hoszszulást meg is mérhetni. Élvevén a terhet, ha látom, hogy a veszsző ismét olly rövidde lett, mint volt előbb: úgy ez esetben annak egész rugalmassága mutatkozott; ha pedig a mondott veszsző rövidebbé lett ugyan, mint volt a ráakasztott teher hatásakor, de még sem lett olly rövidde, mint a millyen volt: ez esetben azon veszsző rugalmasságát csak részletesnek nevezzük. Tapasztalásból mondhatjuk, hogy minden szilárd testnek felel meg egy határvonal, mellyeu belül annak rugalmassága egész, e határvonal távolsága azon legnagyobb súlytól mértvén, mellynek hatása után is viszszyamentek a testrészek előbbi helyzetökbe. Természetes, hogy e határvonal annál meszszebb van, más szóval a test annál rugalmasabb, minél nagyobb ez imént említett súly. A kacsuk (gummi elasticum = bizonyos amériakai fának tejfehér nedvéből készült mézga), edzett acél, vert sárgaréz, elefántcsont, üveg, márvány, ló-ször stb. szembetünőleg rugalmasok, acél inkább mint vas, nedves fa inkább mint száraz, kalapált ércek mint öntöttek.

42. A testek rugalmasságát különböző módokkal tudhatjuk ki: 1) a test egyik végét erős gerendába csinálván, a másikra pedig terheket aggatván megmérjük, mennyit hoszszult az. 2) a test két végét föltámasztván közepére terheket aggatunk, vagy csak egyik végét vízirányos állásban megerősítvén, másik végére aggatjuk e terheket, s nézzük mennyi teher az, mellynek levételével vízirányos állását teljesen viszszyanerik. 3) a test felső lapjára terheket rakunk, s megmérjük, magassága mennyit kisebbedett. 4) a test egyik végét erősen belecsináljuk valami falba vagy gerendába, másik végére pedig úgy hatatunk egyes súlyos testeket, hogy ezek által a test tekeredjék, vagy sodorúljon, s ekkor vagy azt mérjük meg, mennyit rövidül így a test, vagy azt számláljuk meg, hány hintázás után megy viszsza az előbbi helyzetébe. *b₁*) Akármellyik módot választunk e 4 közül (nyújtás, hajtás, nyomás, sodrás): kiviláglik e törvény: *az egész rugalmasság határin alul, a testek minden térimeí változásai arányban vannak az ezeket előhozott erőkkal.*

b₁) *Coulomb* finom sodronyokkal így tette e rugalmassági kísérletet. A fönt megakasztott sodrony végére úgy alkalmazott egy hengert, hogy ennek s a sodronynak tengelye egybeestek, azután e hengert tengelye körül fordítván, megoldvasta, hányat hintázott a test bizonyos idő alatt, s úgy találta, hogy e képlet $T = \sqrt{\frac{Mr^2}{2n}}$ valósága a henger különböző fordításai alatt is bebizonyodott (T egy hintázat idejét, M henger tömegét, r ennek félátméretét, n azon fokok számát jelentvén, mellyekre a henger fordítottat), melly képlet ezt teszi: minél nagyobb a henger tömege s átmérete, minél kisebb azon karéy mellyre e henger fordítottatott volt: annál nagyobb azon idő, melly alatt egy hintázat megy végbe.

J. Azon legnagyobb erőnek, melynek hatására a test még egészen rugalmas, ennek terjedtségéhez viszonya határozza meg a fesz-erőt vagy a rugalmasság mértékét. c_1) Nevezetes az, hogy minden nemű vas (kemény, lágy, vagy törékeny) ha méreteik, s az őket nyomó erők egyenlők, egyenlő terjedtséget vesznek föl, s egyenlően rugalmasok; csupán rugalmasságuk határa különbözik, melly annál meszszebb van, minél keményebb a vas.

43. A testek rugalmasságát számtalan készítményekben használjuk; ilyenek a pléhek, zseborák, hintók, rugalmas mérleg, Regnier erőmérője, Coulomb sodormérlege stb. Egy hengeralakulag tekert acélrúgó egyik végét fába vagy vasba erősen belecseinálván, ha a másik végére 1, 2, 3 stb. fontokat aggatsz, azután a rúgónak ez által származott különböző hosszulásait egy ide alkalmazott lemezre följegyzed: *rugalmas mérleget* leend, mellyet a testek súlyának meghatározására használhatsz. — *Regnier erőmérője* áll egy környalakú körülbelül egy lábnyi hoszsú acélgyűrűből, egy ennek felső karélyához alkalmazott emelcsőből, s egy ez emelcsővel érintkezésben levő mutatóból, melly a szerint a mint a mondott gyűrű felső ivére kisebb vagy nagyobb teher tetetik, s ez által az emelcső is kisebb vagy nagyobb mértékben leszáll, egy körlap fölött kisebb vagy nagyobb útát végez el. Egyes ösmeretes súlyu terhek segítségével a fontokat vagy mázsákat jegyző rovatokat a mondott körlapra fölrajzolván, kész az erőmérő, mellyet szint azon célokra használhatsz mint a rugalmas mérleget. — *Coulomb sodormérlege* csekély erők megmérésére való, s áll egy finom érc-sodronyból, mellynek felső vége egy kis kampóhoz van kötve; alsó végire pedig egy vízirányosan álló lécecske van akasztva. Ez egészet csővel el látott üveghenger zárja be, úgy hogy az üvegcső tetején egy kerék fedő van, mellynek körülete 360^0 -ra osztatott, s közepén egy könnyen forgatható gombot tart, mellynek alsó vége (a fedő közepén keresztülmenté után) kampó alakúvá van csinálva; ez az, mihez a fölebb mondott sodrony kötve van. Az üveghengernek, mint a mellyben a vízirányos lécecske mozogand, körületére is a szokott körfokok fel vannak rajzolva. Természetes, hogy ha fön a gombot bizonyos fokokra elfordítom (mennyire? ezt a gombhoz alkalmazott s a fedő felett járó mutató megmutatandja): ez által a sodrony tekeredni fog. E készítményt így használ: a fedő mutatóját 0^0 -ra igazítván, a csőt addig fordítsd, míg a léce egyik vége szinte 0^0 -n áll; ekkor a henger nyílásán keresztül a léce ezen végére hatass egy erőt, melly azt, helyéből bizonyos fokokra kimozdítja, mi meglévén, mondhatod, hogy a megméréndő erő akkora, mint a sodronynak hatása a további tekeredés ellen.

c_1) E nagyság meghatározására Young a *rugany-mérkét* (M) hozta be, melly alatt ő egy ugyanazon anyagból álló oszlopot ért, s ez úgy áll a testet összsenyomó teherhez (T), mint az összsenyomott test hoszsza (h), rövidüléséhez (v), azaz $M : T = h : r$, vagy $M = \frac{Th}{r}$. A következő számok azon testeknek rugany-mérkét fejezik ki, mellyek mellett állnak: acél 1085, lécvas 1070, réz 686, öntött vas 658, sodronyba húzott sárgaréz 522, ezüst 443, üveg 368, öntött sárgaréz 325, ólom 118.

J. Rumford a lovak istrángai és szekér közé úgy alkalmazott egy rugalmas mérleget, hogy azon erőt, melly a szekér vagy kocsi vonására fordított, megjegyyezhethe. Illy kísérletek által jött ő e következő eredményre: csinált úton széles talpu kerekek igen sokkal kevesb vonó erőt kívánnak, mint a közönségesek; kövezetten erősen űgetve csaknem 3-annyi erőt kell a lovaknak a kocsi húzására fordítani, mint lassún lépve, ellenben egyenes kemény s csináltalan úton csaknem egyenlő erő kívántatik a kocsinak lassún lépve vagy űgetve vonására.

44. A szilárd testek rugalmasságát bizonyos kezeléssel szembenőleg nevelhetni, p. az ércekét kalapálás, sodronnyá vagy hengerré képezés által; de más kezelés p. melegítés által kisebbitethetni.

J. Az acél keményítése s lehető rugalmassá tevése így megy végbe. Egész izzásig megtűzesítven egyszerre hideg nedvbe, p. olajba vagy vízbe, vagy fagygyúba mártják azt, ezen hirtelenhülés által többé kevesbbé kemény lesz az, a szerint, a mint az acél és lúhtó test hőmérsékeli közt a különbség nagyobb, de egyszersmind (mint az űveg) többé kevesbbé törékeny is. Már, hogy az acélnak, különbféle eszközeinkben, hasznát vehessük: annak törékenységét el kell venni, mi az által eszközöltetik, hogy az acélt még egyszer gyengén megmelegítik, s azután lassudan meghűlni engedik; így kevésbbé törékeny s még is rugalmasabbá lesz az. A jó acél fehér színű, s olyl kemény, hogy az űveget karcolja. $R.177^{\circ}$ -ig melegítetvén sáppadt sárgává válik, eddig melegítik újra a lándzsák acélvasát. 185° -nál szalma szint vesz föl; eddig melegítik a legjobb borotvák és sebészi műszerek acélvasát. 194° -nál aranszínűvé válik (tollkésekül), 203° -nál barnává (puhább ércek vágására tartozó műszerekül), 222° -nál bársony szint vesz föl (jó ollók s fejszék anyagául), 230° -nál világos kék szint (kések, órarugók anyagául) 234° -nál tökéletes kékké lesz (fűrészek s furókul), 253° -nál, s ez a legnagyobb újra melegítés foká, sötétkékké válik, s oly hajlékonyá, mint ezt a kézi finomabb fűrészek kívánják.

45. Ha valami erő hatása oly nagy, hogy általa a test részecskéi rugalmasságuk határán túl mozdítottak: akkor ezek vagy új, de az előbbtől különböző erős állásu súlyegyet vesznek föl, vagy elválnak egymástól; az első esetben nyúlik vagy terül a test, az utolsóban *eltörök*, vagy *elszakad*, vagy *szétzúszik*, vagy *szétszodorúl*. Azon ellentállást, mellyel a testek az ő részecskéiket szétválással fenyegető erők ellen hatnak, azok *erősségének*, jelesen *általános erősségnek* azt, mellyet az *elszakasztó*, *viszonyosnak* azt, mellyet az *eltörő*, *viszszahatónak* azt, mellyet a *szétzúszó* erők ellen szegeznek.

Az *általános erősség*gét illetőleg: *Muschenbröck* különböző ércekől oly négyyszög átmetszetű rúdakat csináltatván, hogy e négyyszög egy oldala $0,17''$ -nyi volt, azoknak felső végét függőleg valami gerendába beleverette, alsó végére pedig mind addig több több teher rakott, míg csak azok el nem szakadtak. Így lett, hogy a német vas 1930, finom ezüst 1156, svédországi réz 1059, japáni réz 573, finom arany 578, angol ón 150, malakkai ón 91, bátrany 89, goszlári horgany 80, angol ólom 25 fontra szakadt el. A különböző fából e célra $0,27''$ -nyi széles rúdakat használtatván, az eredmény ez lett: bikk 1250, tölgy (cser) 1150, hárs 1000, jegenye 600, fenyő 500 fontra szakadt el. Itt általában ez a törvény: *minél nagyobb a test részecskéinek saját természetöktől függő egybe ragadása; s minél nagyobb az elszakasztandó test átmetszete: annál nagyobb a test általános erőssége.*

J. Az e tárgyban tett számos kísérletek eredményeit ime elősoroljuk: 1) a hirtelen hűtés feltűnőleg megváltoztatja a testek erősségét; hanem a különböző ércekre nézve különböző sikerrel, mert p. a vas erőssége ez által nő, a réz pedig fogy. 2) öntött ércék gyengébbek, mint a kalapáltak (csak hogy a kalapálás fölösleges ne legyen). Ugyan ezt teszi a sodronynya tevés is. *Trebold és Duleau* kísérletei szerint ugyanis egy négyszög hüvelyk átmetszetű ángol vasrúd közép számmal 60000 fontra szakadt el; midőn ugyanazon vasból annyi vékony sodrony tetetvén egymás mellé, a mennyi együtt egy négyszög hüvelyk-átmetszést ad, e sodrony-tömeg 130000 fontot bírt el. Innen a sodrony-hidak. Ez erősségnek a kalapálás és sodronyítás által növekedése onnan van, hogy így a testek felszínén oly kéreg képződik, melynek részecskéi közelebb állnak egymáshoz, következésképp nagyobb erővel ragadnak egymásba. *Baudrimont* kísérlete szerint egy sárga rézsodrony átmérete 1,28 milliméter volt, hanem izzatás, s az ezt követő lassu kihűlés után 1,34 milliméter lett; ugyanannak tömörsége a kiizzatás előtt 8,62, után pedig 8,39 volt. 3) Vegytanos elegyítés is nevelt a testek erősségét. Vas egy kevés szénnel egyesítve acéllá válik, s ez még igen sokkal jobb lesz, ha vele $\frac{1}{20}$ ezüst, vagy, a mi még jobb $\frac{1}{50}$ rózsany egybeolvasztatik. A szivós réz ónnal elegyedés által keményebb lesz, mint ezt a bronzban, álgúvegyben láthatni. A réz és horgany nem oly erősek, mint a belőlök készített sárgaréz. Péter Cár szobrához szükséges 4 milliom fontnyi gránitdarabot, vas-hengereket, mint a mellyek ez iszonyú teher alatt porrá zúzóttak, nem lehetett görgetni, hanem réz és horganyból készített tekéken igen. 4) A hasonnevű fák nem egyenlően erősek; más a hegyes, más a lapályos tájon termett fák erőssége, sőt különböző ez ugyanazon fa törzökében, ágaiban, gyökereiben. 5) Egyenlő vastagságu kötelek annál erősebbek, minél finomabb a kender vagy len, vagy általában azon kelme, mellyből készülvők. Kevés sodrás jó, felesleg ártalmas; haugyan sodrás által a kötél szárai már feszül állapotban vannak, mit úgy lehet tekinteni, mintha valami terhet tartának. Épen ezért e szálakat, ha hosszszak $\frac{1}{6}$ -át elvesztették, tovább sodrani nem szabad. Font sínórok sodrottaknál, fehérítettek fehérítetleneknél, selymek kendereknél, hajsinór a szorból készültnél (ha egyenlő vastagságuak) erősebbek. *Muschenbröck* szerint egy szál selyembogár fonal 80, egy szál haj pedig 2000 szemert bír el. Kenderkötél s pamutecérna erősebbek ha nedvesek, mint ha szárazak; a kátrán vagy szekérkenő gyengíti azokat.

46. Ha valami erő egy testet széttréssel fenyeget: e test előbb meghajlik, azaz ennek részecskéi homorú lapján közelednek, a domború pedig távoznak egymástól. Utóbb elválnak ezek még pedig a töredékeny testekben mind azon részek, mellyek ugyan egy átmetszetbe esnek, egyszerre (üveg, öntött-érc, kő, jég); ellenben a fában először a homorú lapon levő válnak el, a többiek utóbb. Egyébiránt azon erő, mely a test eltörésére megkívántatik annál nagyobb, minél rövidebb, minél szélesebb, végre minél magasabb ez, jelesen két oly magas testnek, a különben egyenlő körülmények közt négyszer, három oly magasnak kilencszer nagyobb ereje van, mellyel az eltörésnek ellentáll. Belül üres testek tömegökhöz képest igen erősek, így p. csövek, ha egyenlő tömegök van erősebbek, mint a csupa tömeges hengerek. Alkalmazá e törvényeket a természet a növények száraiban, s állatok csontjaiban.

J. Két végeiken feltámasztott, s középen megterhelt gerendák erősebbek lesznek az által, ha fölülről lefelé, magasságuknak mintegy harmadára vagy felére bemetszetnek, s e vágásba kemény fa-ék sulykoltatik. — Mondtuk, hogy a test mielőtt eltörné, meghajlik; s bizonyos, hogy arra, mig a meghajlás

után törés következik, bizonyos idő kívánatik. Már ha a nyomó teher az eltörendő testnek hirtelen más meg más pontjára megy: nincs elég idő arra, hogy a meghajlást eltörés kövesse. Innen van, hogy vékony deszka fölött sebesen futhatni, vékony jégtábla fölött keresztülsúszhatni a nélkül, hogy azok elvagy letörnének.

47. A *viszszaható erősséget* illetőleg, a szétzúzni törekvő erő hatása attól függ, rövid e a szétzúzandó test, vagy hosszú. Ha rövid: akkor előbb még rövidebbé s vastagabbá lesz; ha hosszú: előbb meghajlik, aztán válnak el a részek egymástól. Lehet, hogy a test felső részecskéi, mint ékek, nyomulnak az alsóbbak közé, s ezeket szétválasztják; lehet, hogy a felsőbbek úgy sikamlanak le az alsóbbak fölött. Egyébiránt, minél nagyobb a szétzúzandó test átmetszete, minél merevényebb, s minél rövidebb: annál nagyobb erő kell a szétzúzásra.

48. Az egyberagadás a testek eredeti szövetségében mutatkozik: de, ha ezeknek részei egymástól erőszakosan elválasztvák, az előbbi érintkezés többé helyreállíthatlan. Mind e mellett, az elvált részek, ha több ponton érintik egymást, kisebb nagyobb öszszefüggést mutatnak, mit *tapadásnak* nevezhetünk. Így, közsőrült üveg-márvány- s érc- péld. ólom-levelek észrevehetőleg egymáshoz tapadnak, mi még nagyobbodik az által, ha a levelek közé valami híg testet teszünk; s ha ennek olly tulajdonsága van, hogy meghülés után megkeményedik: ez gyakran a testek eredeti egybefüggését is fölülmuló tapadást eszközöl (ilyenek az enyv, ragasz, vakolat stb.). De tapadnak egymáshoz még a különfajú testek is. Hints be fa, vagy réz táblát finom porral; aztán fordítsd le felé: meglátod, hogy csak a súlyosb porszemek esnek le, a könnyebbek pedig rajta maradnak, minthogy ez említett táblának ezekre vonzó hatása nagyobb, mint azon erőé, melly ezeket a föld központja felé húzza. Kezem, üveg, fa stb. nem lesz nedves a higanytól, s a korpafüporral behintett víztől (vagy, a mi mindegy, poros kéz üveg fa tisztá víztől); így a zsíros test sem nedvesedik meg a víztől: köztök tehát tapadás nincs. Ez oka, hogy ki teli edényből úgy akarja a vizet kiönteni, hogy ebből egy csepp se ömöljék le annak küloldalán: az edény azon oldalát, mellyen teendő a kiöntést, megfagyúzza, vagy zsírozza. Azonban, hogy a tapadás ez említett testek között nem teljesen 0: mutatja azon kísérlet, hogy a mérlegnek egyik serpenyőjéhez akasztott, s bizonyos híg test felszínét érintő deszkácskát, ettől csak az ellenserpenyőbe rakott súlyok által lehet elválasztani, még akkor is, ha e deszkácskát a mondott híg nem nedvesíti meg. Sőt *Cavendish* és *Hermbstädt* kísérletei szerint némely testek vonzódnak egymáshoz bizonyos távolságra is.

J. Az üvegnek amalgamával tükörré tevése, irás, festés, mázolás, aranyozás, ónozás mind tapadást tünetmények. *Vera* e tapadást víz emelésére használta, úgy t. i. hogy durva s két csiga körül tekert végtelen kötelet egy tömeg vizen sebesen keresztül forgatván, ez a kötelhez tapadásnál fogva, alkalmas magasságra ragadtatott.

(Lásd e cikke: *Duleau* über den Widerstand des geschmiedeten Eisens Leipzig 1825. *Frankenheim* die Lehre von der Cohesion Breslau. 1835; végre:

Cohesion cikket *Gehler* physikal. Wörterbuch, és *Ersch und Gruber* Encyclopaedie-ában).

Második Fejezet. Szilárdmoztan.

49. Ha valamely mozgás földünkön, vagy ennek légkörében történik: akkor azt *földinek*, különben pedig *égi mozgásnak* nevezük; azonban e két mozgásnak még azon különböztető jelleme is van, hogy amaz *véges*, azaz olyan, mellynek az ellentálló akadályok miatt előbb utóbb meg kell szünni (p. az ellökött kövecs utóbb a földre száll, az inga, valamint minden gép a világon utóbb megáll); emez pedig *végetlen*, azaz olyan, melly soha meg nem szűnik, millyen p. az égi testek mozgása. A földi mozgás *egyszerű*, vagy *összetett* (19), *egyforma*, vagy *egyformátlan* stb. lásd 17. A mozgást okozó erők *pillanatiak*, ha a testet az időnek egy parányi kis részében megütik vagy taszítják, hanem e taszítás után azt egészen magára hagyják. Illy erővel hat kezem a golyóra, mellyet a földszínen elhengerítettem, illyennel hat a löpor a puskából kilőtt gömbre stb. Ellenben *folytonosok* az erők, ha a már megindított testre is szakadatlanul hatnak. Illy erő p. a föld vonzereje, melly egy szabadon eső kövecsre, vagy egy mozgó ingára hat. Végre *vegyesek* az erők, ha t. i. pillanatnyi, s folytonos erő is hat a testre ugyanazon időben. Illy vegyes erők hatnak az elhajtott kőre vagy lapdára, mellyek közül a pillanatot kezem ellökő, a folytonost pedig a föld vonzó ereje adja. Természetes, hogy e vegyes erők mindig összetett mozgást hoznak elő.

1. cikk. Földi mozgás.

a) Pillanati erő hatása.

50. Ha mozgó test nyugvó, de mozgékony tömegre ütközik: ez által nem csupán ez ütőt, hanem az üto testben is bizonyos változás támad. E változás különböző a szerint a mint a testek rugalmasok vagy nem. A megütött rugalmatlan test az ütés helyén behorpad, s e horpadást azonban megtartja; a rugalmas test is behorpad, de csak mulólag, azaz a benyomott részecskék rugalmasságuknál fogva előbbi helyeikre visszaugranak, s ez által olly erőt hoznak elő, melly a kapott ütés irányával egészen ellenkező, következésképp ez üto test ellen hat. *Központi* ez ütközet, ha azon irány, mellyben a két test egymást megtámadja, ezeknek súlypontjain megy keresztül; különben *központ-hagyó*. Továbbá *egyenes* ez ütközet, ha azon lap, mellyben az ütköző testek egymást érintik útaik irányával derék szögöt képez; különben *dült* az.

Központi egyenes ütközet. 51. Ha képzeljük, hogy két ugyanazon irányban mozgó rugalmatlan gömb egybe ütközik: akkor ütközet után egyenlő sebességgel mennek tovább, s e sebességet kitaláljuk úgy, ha ütközet előtti illető hatásaikat (tömegök és sebességek sokszoroz-

mányát 18) összeadjuk, s ez összeget tömegeik összegével elosztjuk d_1). Ha pedig az összeütköző gömbök irányzatai ellenkezőek: akkor ütközet utáni sebességeket kitaláljuk úgy, ha a kisebb hatást a nagyobból kivévén, e maradékot tömegeik összegével elosztjuk.

J. Legyen egyik golyó 10 font, másik 4 font, amannak sebessége 5 láb, ezé 6: vajjon mennyi lesz ütközet utáni sebességek? ($10 \cdot 5 + 4 \cdot 6 = 74$. Ezt tömegeik összegével $10 + 4$ elosztván, lesz a keresett sebesség $5 \frac{2}{3}$ láb). Ha egyik golyó 10 font, másik 5 font; amannak sebessége 5 láb, ezé 7; és szemközt ütköznek össze: mekkora lesz ütközet utáni sebességek? ($10 \cdot 5 - 5 \cdot 7 = 50 - 35 = 15$. Ha ezt tömegeik összegével $10 + 5$ -l elosztjuk, lesz a keresett sebesség = 1 láb). Ha bizonyos nagyságú gömb egy másik szint akkora de nyugvó gömbbe ütközik, s amannak sebessége 8 láb: vajjon mekkora lesz ütközet utáni sebességek? (Miótán itt a gömbök tömegeiről csak az mondatik, hogy ezek egyenlők: vehetjük ezeket akár mekkoráknak. Vegyük p. 1 fontosknak; ekkor az első gömb hatása 1×8 , a második gömbé, mivel nyugszik = 0. Tehát hatásuk maradékát = 8-t tömegeik összegével $1 + 1$ -el elosztván, lesz a keresett sebesség = 4).

52. A rugalmatlan tömegek ütközetének törvényéből könnyű azokat lehozni, melyek csak a *rugalmas testeket* illetik, ha a rugalmasság befolyása számba vetetik. Hogy e befolyást átláthassuk: vizsgáljuk meg, mi történik, ha egy rugalmas gömb valami kemény mozdulatlan falhoz p. egy deszkához ütközik. Bizonyosan, ekkor behorpadnak a gömb ütött részei, míg utóbb a mozgó gömb sebessége a mondott deszka ellentállása által egészen lerontatik. Ez meglevén, a deszka ellentállása is elmúlik, s ekkor a rugalmas erő kezdi hatását, mire a gömb, régi alakját visszanyervén, visszanyeri régi sebességét is, s ennél fogva újra kezd megmozdulni, hanem előbbi mozgásával egészen ellenkező irányban. Természetes ez, ha meggondoljuk, hogy a mekkora volt azon erő (deszka ellentállása) melly a mozgó gömb alakját megváltoztatta: épen akkorának kell lenni azon erőnek, melly a test előbbi alakját teljesen helyreállítja;

d.) Ha M és m olly rugalmatlan tömegeket, melyek C , c sebességgel egyenesen ütköznek össze, jelentenek: akkor MC az első, mc a második tömeg hatása. 1) Ha mind a két tömegnek azonegy irányzata van: akkor az ütő M az ütött m -el közli mozgását, hanem ez által a magáéból veszti, mind addig míg csak a két tömegnek egyenlő sebessége nem leend. Már ha ezen lett sebességet x -nek nevezzük: úgy $MC + mc$ kifejezi a kiható nagyságát az ütközet előtt $(M + m)x$ ugyanazt az ütközet után: és így $M(C - x)$ az M tömeg mozgató erejének veszteségét, $m(x - c)$ pedig az m nyereségét, úgy hogy $M(C - x) = m(x - c)$, vagy I.) $x = \frac{MC + mc}{M + m}$. 2) Ha pedig M s m szemközt mennek egymásnak, s $MC = mc$: akkor az ütközet után nyugvásnak kell előállni. De ha $MC > mc$: akkor $MC - mc$ erőnek kell az $M + m$ tömeget az M irányzatában tovább hajtani. Már ha ez x sebességgel történik: akkor $MC - mc = (M + m)x$, vagy $\frac{MC - mc}{M + m} = x$. II.) — 3) Ha m nyugszik az összeütközet előtt, és így $c = 0$: akkor III.) $x = \frac{MC}{M + m}$. Nyilván látni lehet, hogy $x = \frac{MC \pm mc}{M + m}$ mind a három esetet kifejezi.

s ha a gömb behorpadása vagy *összszenyomatása* nyugvást hozott elő: akkor azon gömb *kiterjedésének* mozgást kell eszközölni, még pedig mivel az *összszenyomatás* s kiterjedés egészen ellenkező irányúak, teljesen ellenkező mozgást. A tőkéletesen vagy *egészen* rugalmas test tehát ürben épen akkora magasságra ugranék vissza, a mekkora magasságról leesett.

1. J. Két rugalmas gömböt, ütközéseikben, e következő törvények illetnek:

1. Ha a két gömb *egyirányú*, s

a) az ütő és ütött gömb *mozgásban* van, még pedig

α) *tömegeik s sebességeik különbözök*: akkor * az ütő gömb ütközet utáni *sebességét* megleled, ha az ütő tömegéből az ütöttét levonod, e maradékot az ütő gömb sebességével sokszorozod, e sokszorozmányhoz az ütött gömb hatásának kétannyiát adod, s ez összeget a tömegek összegével elosztod. Legyen péld. az ütő g. tömege 12 lat, sebessége 15', az ütött g. tömege 8 lat, sebessége 10': ekkor a keresett sebesség lesz =

$$(12 - 8) \times 15 + 2 \times 8 \times 10 = \frac{60 + 160}{12 + 8} = 11'. \quad ** \text{ Az ütött gömb ütközet}$$

utáni *sebességét* megleled, ha tömegét az ütő tömegéből levonod, a maradékot az ütött sebességével sokszorozod, e sokszorozmányt az ütő hatásának kétannyiából levonod, s e maradékot a tömegek összegével elosztod. Az előbbi

példában az ütött gömb sebessége lesz = $\frac{2 \times 12 \times 15 - (12 - 8) \times 10}{12 + 8}$
 $= \frac{360 - 40}{20} = 16'$

β) Ha a gömbök *tömegei egyenlők*: akkor az ütközet után megtartják irányukat, de sebességeiket föleserélik, és így újra többé nem ütközhetnek össze.

b) Ha *egyik gömb nyugszik*: akkor * az ütő ütközet utáni *sebességét* megleled, ha az ütő tömegéből az ütöttét levonod, a maradékot a tömegek összegével elosztod, s e hányadost az ütő gömb ütközet előtti sebességével sokszorozod. Legyen az ütő g. tömege 20 lat, sebessége 9', az ütött tömege

2 lat, lesz a kívánt sebesség = $\left(\frac{20 - 2}{20 + 2}\right) \times 9 = 7\frac{1}{11}'$. ** Az ütött g. ütközet utáni sebességét pedig megleled úgy, ha az ütő g. kétszeresített tömegét a tömegek összegével elosztod, s a hányadost az ütő gömbnek ütközet előtti sebességével sokszorozod. Az előbbi példában, e keresett sebesség lesz = $\frac{2 \times 20}{20 + 2} \times 9 = 16\frac{4}{11}$.

2) Ha a két gömb *iránya ellenkező*, s

a) *mind kettő mozgásban* van, és pedig

α) *tömegeik s sebességük különbözök*: akkor az ütközet utáni sebességet ép úgy leled meg, mint előbb az 1. α -nál, csak hogy a * -nál 60-hoz adott 160-t most kivond, a ** -nál kivont 40-t pedig add a 360-hez. Így az egyik gömb sebessége = $\frac{(12 - 8) \times 15 - 2 \times 8 \times 10}{12 + 8} = \frac{-100}{20} = -5'$, a má-

siké pedig = $\frac{2 \times 12 \times 15 + (12 - 8) \times 10}{12 + 8} = \frac{400}{20} = 20'$

β) Ha *tömegeik egyenlők*: az ütközet után visszaugranak egymásról, de volt sebességeiket kicserélik.

b) Ha *egyik gömb nyugszik*, s *tömegeik egyenlők*: akkor a mozgó nyugvóvá lesz, a nyugvó pedig az előbb mozgó gömb sebességével fog klugrani. e_1)

e_1) Jelentsenek M és m , úgy mint fölebb (d_1) két rugalmas gömböt, C amannak, c emennek sebességét; legyen mind kettőnek ugyanazon iránya; s legyen

2. J. Hogy ezen törvények valódiságát a tapasztalatban is kimutathassuk: használjuk *Nollet* és *Gravesande* útmozgonyát, mely nem egyéb mint egyenlő hosszú fonalakon függő rugalmas golyókból álló készítmény, melyeknek tömegei egymást érintik. Ezeknek háta megett van egy körív, mely legső pontjától kezdve két felé fokokra van osztva. Ha e készítménybe két golyót akasztotam, s mind a kettőt egyenlő magasságra emeltem: az esés alatt bizonyosan egyenlő sebességet nyertek, s az ütközet után visszaugranak ismét azon

M a maga C sebességével ütő, m pedig ütött gömb, melyet M kevés idő múlva utol ér. Legyen végre M ütközet utáni sebessége C' , m -é pedig c' . A mint M az előtte menő, de kisebb sebességű m -t beéri: egybeütköznek, ez által érintett pontjaikon behorpadnak, s így mint a rugalmatlan gömböknél (d_1) láttuk, mind ketten x köz-sebességet vesznek föl. M e behorpadás alatt sebességéből veszít; e veszteséget $C - x$ -el kifejezhetjük; ellenben m ugyanezen behorpadás alatt nyer, s e nyereség $x - c$. Azonban a mint a behorpadás megtörtént, rögtön kezd működni a rugalmasság, mely épen akkora erővel távolítja el a gömböket egymástól, a mekkora erővel behorpasztattak; s mivel ez eltávolítás egészen ellenkező irányú, mint volt előbb az összszenyomatás, (ha ugyan ez utóbbi által a gömbök középpontjai közeledtek, amaz elsőbb által pedig távolabb mentek egymástól): ez által M sebességéből újra $C - x$ -t veszít, m pedig újra $x - c$ -t nyer. Már ha M e kettős veszteségét eredeti sebességéből (C) kivonjuk. kijön annak ütközet utáni sebessége (C'); tehát I. $C' = C - (2C - 2x) = 2x - C$. Hasonlóan ha m kettős nyereségét ($2x - 2c$) eredeti sebességéhez (c) hozzáadjuk: kijön annak ütközet utáni sebessége (c'); tehát II. $c' = c + 2x - 2c = 2x - c$.

1) Ha a két gömb egy irányú: akkor az x értékét a d_1 -ből itt átcsereelvén az e_1 alatti I-ből lesz

$$C' = \frac{2MC + 2mc}{M + m} - c = \frac{2MC + 2mc - MC - mC}{M + m} = \frac{MC - mC + 2mc}{M + m}$$

$$= \frac{(M - m)C + 2mc}{M + m} \text{ III. (lásd 1. J. 1. a. *)} \text{ A II-ből lesz } c' = \frac{2MC + 2mc}{M + m} - c$$

$$= \frac{2MC + 2mc - mC - mc}{M + m} = \frac{2MC + mc - mC}{M + m} = \frac{(m - M)c + 2MC}{M + m} \text{ IV.}$$

(lásd 1. J. 1. a. **)

a) Ha $M = m$: akkor a III-ből lesz $C' = \frac{2mc}{M + m} = \frac{2mc}{2m} = c$. V. (lásd

1. J. β .) A IV-ből ugyan ez esetre lesz $c' = \frac{2MC}{M + m} = \frac{2MC}{2M} = C$, VI. (lásd

1. J. β .)

b) Ha m nyugszik, azaz $c = 0$: akkor a III-ből lesz $C' = \frac{(M - m)C}{M + m}$.

VII. (lásd 1. J. b. *) A IV-ből ugyan ez esetre lesz $c' = \frac{2MC}{M + m}$ VIII. (lásd 1.

J. b. **)

2) Ha a két gömb iránya ellenkező: akkor x értékét az I-ben s II-ben d_1 II-ből kell átcsereelni, s ekkor következővé válik az I. alatti képlet: $C' =$

$$\frac{2MC - 2mc}{M + m} - C = \frac{2MC - 2mc - MC - mC}{M + m} = \frac{MC - mC - 2mc}{M + m}$$

$$= \frac{(M - m)C - 2mc}{M + m} \text{ IX. (1. 1. J. 2. a.)} \text{ A II. alatti képlet pedig ezzé válik: } c' =$$

$$\frac{2MC - 2mc}{M + m} - c = \frac{2MC - 2mc - c(M + m)}{M + m} \text{ - vagy, mivel II. alatti } c\text{-nek}$$

egészen ellenkező iránya van, mint az x értékébeni c -nek, tehát ez azzal ösz-

magasságra, melyről estek. Ellenben ha ezen golyók egyike 10° , másika 30° -ra volt emelve, a visszapatannáskor amaz 30° , ez pedig 10° -ra fog emelkedni. Ha az egyik nyugszik, s a másikat erre 30° -nyi szöglet alatt esetem le: az ütközet után amaz 30° -ra emelkedik, ez pedig nyugalomban marad. Ha e készítményre 5—6 egyenlő golyókat aggatok, s közölök egyet bizonyos szögletre fölemelvén, ezt azokra bocsátom: csak a legutolsó fog azon sebességgel, mellyel az első bir, kiugrani; mert az ütközet pillanatában ez egész sebességét elvesziti, s egészen a másodiknak adja, ez a harmadiknak, és így tovább az utolsóig. Ha az első s második golyót fölemelvén, ezeket a harmadikra esetem: a két utolsó fog kiugrani; mert az első golyó valami igen kevésvel a másodiknál hátrább marad, ez hat *először* a harmadikra, és így tovább; *azután* az első. Két felől fölemelt s eleresztett golyók mind visszaugranak sebességeiket kicserélve stb. Ha olyan golyókat választunk, mellyek egy oldalról a másik felé állandóan nőnek, s a legnagyobbban bizonyos sebességet adunk: így a másodiknak nagyobb sebessége fog lenni, a harmadiknak még nagyobb, és így tovább a legutolsó legkisebb golyóig. *Huyghens* „de motu corporum ex percussione“ című munkájában illy példát hoz föl: Ha 100 olly rugalmas golyók (márványból vagy elefántcsontból) függőleg egymás mellett, mellyeknek tömegei 1, 2, 4, 8 stb számok arányában nőnek; s a legnagyobbiknak bizonyos sebességet adunk: úgy a legkisebb két biliom háromszáz harmincyole ezer ötszáz milliószor nagyobb sebességgel fog kiugrani.

Központi dült ütközet. 53. Tegyük föl, hogy egy rugalmatlan tömeg *dc* (46 kép) irányban hajtatik *ab* mozdulatlan lapra, s tegyük föl, hogy az ő sebességét *dc* fejezi ki. Ezt *df* + *fc*-re felbontván, látni való, hogy ez utóbbi, *ab* lap ellentállása által semmisítettik, s a testnek *cb* (\parallel *df*) irányban, *cg* ($=$ *df*) sebességgel kell tovább mozogni. Ha pedig a test rugalmas: úgy az összenyomatas pillanatában *fc* semmivé lesz ugyan, hanem a következő kiterjedés által ellenkező irányú sebességet nyer, s így *fc* + *cg*-ből egyenközt alkotván a kiható *ck* lend. Itt *ab* lap érintett pontja *esetpont*, az erre függőleg állított vonal *esetfüggély*, *dc* *eset* iránya, *ck* *visszahajtás* iránya, *i* szög *eset-szög*, *r* szög *visszahajtás-szög* nevet viselnek. A rugalmas testeket, ütközeteikben illető általános törvény ez: az esetszög akkora, mint a visszahajtás-szög ($i = r$). f_1)

J. Van egy neme a lökésnek, mellyet a tekejátások metszésnek neveznek, ebben két rugalmas gömb dülösen ütközik össze. Legyen *a* egy nyugvó gömb (47 kép), mellyet *ab* irányú *b* gömb *m* ponton érint meg. Fölvevén, hogy *b* golyó sebessége *bd*, s ezt *be* s *ed* egymásra függőleg állókra szétbontván, itt csak az *bn*-re függélyes mozgás tartóztatik föl, ellenben az *bn*-el közegy-

sze nem adathatik, lesz $c' = \frac{2MC - 2mc + Mc + mc}{M + m} = \frac{2MC - mc + Mc}{M + m} = \frac{2MC + (M - m)c}{M + m}$ X. (lásd 1. J. 2. a.)

a) Ha $M = m$: akkor a IX-ből lesz $C' = \frac{-2mc}{M + m} = \frac{-2mc}{2m} = -c$; a

X-ből pedig $c' = \frac{2MC}{2M} = C$ (lásd 1. J. 2. β .)

b) Ha $c = 0$, s $m = M$: akkor a IX-ből lesz: $C' = 0$. XI.; a X-ből pedig $c' = \frac{2MC}{2M} = C$. XII. (lásd 1. J. 2. b.)

(f_1 Mert $dfc \triangle = hfc \triangle$ (Mian 90. §.) tehát a megfelelő szögek *i* és *r* egyenlők.

nes gyengületlen marad. Tudjuk, hogy egyenlő tömegű rugalmas golyók, összeütközéseikben sebességeiket kicserélik; e kicserélés itt csak az ln -re függélyes sebességet illeti, úgy hogy ha db a b -nek egy percbeni útját, tehát dc azt jelenti, a mennyit közeledik ugyan ezen golyó egy perc alatt ln felé: ezen sebesség egészen a -ra megy által, s b re nézve elveszik. b tehát csak ln -el közegyenes sebességét tartja meg, s a következő másodpercben g -be jut, úgy hogy $gb = cb$; ellenben a golyó csak az ln -re függélyes sebességet nyeri, s úgy megy af irányban, hogy az első percben f -ig jut, mert $af = de$. Innen van, hogy az a gömböt, melynek af irányt akarok adni, ott kell találnom, a hol az érintésvonal ln a kívánt irányzatra függélyesen áll; innen van, hogy ha a metszés igen éles szöglet alatt történik: az ütközet után a két golyó sebessége igen különböző t. i. az ütőé sokkal nagyobb, mint az ütötté.

Ezen határozat, hogy b golyó bg -be, a pedig af -be megy, teljesen szabatos, ha a golyóknak tengelykörüli forgásuk nincs; úgy de van illy forgásuk a golyóknak, s az innen származó eltéréseket ügyes tekézők igen jól tudják használni. Ez eltérésre p. csak a legegyszerűbb esetet hozom fel. Ha a tekéző egy golyót egyenesen a másik központjára lők: egész sebességét ezzel közleni, maga pedig rögtön megállni tartoznék; hanem tengelykörüli mozgásánál fogva annak felső része folyvást előre törekszik, tehát az asztalon — mind a mellett is, hogy a központ mozgásának egészen semmisítve kellene lenni — tovább fog mozogni; hogy ezen golyó az érintés után állva maradjon: arra megkivántatik, hogy a tekéző a golyót központján vegye, s ezt úgy szolván visszszakapva lökje meg; ha pedig ugyan illy lökéssel — csak hogy alant véve — a golyónak olly mozgást ad, hogy ennek felső része a haladás alatt ne előre, hanem hátra felé forogjon, akkor az összeütközés után a golyó épen viszsza fog gördülni. Szintezzen okból a tengelye körül forgó teke nem azon szöglet alatt fog a teke asztal párkányától visszazahajtatni, melly alatt arra löketett: hanem ha a nevezett forgásban a golyó felső része a visszazahajtó párkány felé mozog, a kimért szöglet kicsiny lesz, ellenkező esetben pedig nagy.

Központ-hagyó ütközet. 54. Ez azon kívül, hogy a testet odább taszítja, még azt is okozza, hogy ez tengelye körül forogjon g_1)

b) Folytonos erő hatása.

55. Ha képzeled, hogy egy toronyból egy kövecs bizonyos erővel a föld felé löketett: e kövecs, tehetlenségénél fogva a lökő erőtől nyert sebességét megtartva, tehát egyforma mozgással halad a föld felé, ha rá semmi egyéb erő nem hat. Ha pedig képzeled, hogy e lökő erőn kívül, melly csak a mozgás kezdetpontján (pillanatilag) hatott, még egyéb erő is van, s pedig ollyan, melly e mozgó kövecstre szakadatlanul hat, egész útában: természetes, hogy sebességének szakadatlanul nagyobbodni kell, még pedig, ha e folytonosan működő erő mindig egyenlő hatékonyságu, a kövecs mozgá-

g_1) Ennek belátása végett képzeljünk egy gömböt (48. kép) mellynek központja k -ban van, ba irányban E erővel megütteni. Vigyünk D -re (megjegyzvén hogy $kf = ka$) két egymással szemközt ható egyenlő erőt, df és cf , melyek közül mindegyik $= \frac{E}{2}$: ez által az E hatása nem változhatik. Ha végre még E t is két egyenlő részre ($an = nb$) osztva képzeljük: úgy e gömbön négy erőnk lesz, mellyek közül na és fc kihatója k -n megy keresztül s e kiható $= E$ (48), mi e szerint a gömb tovább menését eszközözi, bn s df pedig a gömb forgását eszközözi. —

sának egyformán sebesedőnek kell lenni. Itt tehát szó sem lehet a sebességről az értelemben, millyenben azt főlebb (1. cikk *a* alatt) vetjük, mert itt a test egyenlő időben nem egyenlő tért végez; vagy ha csak ugyan szólunk itt is a sebességről: úgy, azt képzeljük, mintha a folytonosról valamely időpontban rögtön megszűnnék a folyvást sebesedő testre hatni, mire ez nyert sebességével, tehetlenségénél fogva, *egyformán mozogva* tovább haladna, tehát ez időpontra igenis ki lehetne keresni a test ilyen sebességét. E sebességet *végsebességnek* hívjuk, mivel ez mindig azon idő-részeckére nézve határozatit meg, mellyben a folytonos erő megszűnt, tehát mellyben ez legutoljára hatott volt.

Szabad esés. 56. Főlebb (15.) megismertük a nehézséget, s azt mondtuk, hogy ez erő az, melly a támaszatlan kövecset a föld központja felé vonza. Minthogy e nehézség (= föld vonzereje) nem szűnik meg hatni soha, tehát hat a mozgó testekre úgy, mint a nyugvókra (Galilei nevezetes mondata: *gravitas agit in motu sicut in quiete*), és pedig folyvást ugyanazon erővel hat: természetes hogy a szabad esés egyformán sebesedő mozgás tartozik lenni. Azon kísérletek, mellyeket e tárgyban először Galiléi majd Riccióli Grimáldi, legújabban pedig Reich tettek, mind e következő eredményt mutatják: a szabadon eső test *egy* másodperc alatt kerek számmal 15 párizsi lábat végez el; *két* másodpercben 60 lábat, tehát négyannyit mint egyben; *három* másodpercben kilencannyit mint egyben, azaz 135 lábat, *négy* másodpercben tizenhatannyit mint egyben, tehát tizenhatszor tizenöt = 240 lábat. És így a második percben 45, a harmadikban 75, a negyedikben 105 lábnyi tért végez az eső test, tehát, mint e számokban láthatjuk, minden következő másodpercben 30 lábbal többet. E 30 lábnyi tért a siettető erő mértékének nevezzük.

Alább bebizonyítjuk, hogy földünk göncöleinél behorpadt, más szóval a föld felszínének, központjától távolsága az egyenlítőnél legnagyobb, innen kezdve folyvást kisebbedik ez a göncölök felé. Már főlebb (30. J.) láttuk, hogy a föld vonzereje a távolság nagybodása szerint fogy: és így bizonyos, hogy a mondott siettető erő mértékének az egyenlítőnél legkisebbnek kell lenni, (Bécsre nézve ez 31 láb, vagy szabatosban 31,03023 láb); más szóval az *egy* másodperc alatt elvégzett tér (= eset-tér) az egyenlítő alatt kisebb, mint egyebütt. Nálunk ez eset-tér 15 és $\frac{1}{2}$ lábra tehetjük, midőn az egyenlítőnél $15,05453 = 4,8903$ metre.

57. A szabad esést, vagy általában az egyformán sebesedő mozgást illető törvények, mellyek részint a tapasztalásból elvonás, részint mértanos vizsgálat útján fejtettek ki, im így következnek:

1) Az első m.perc végén nyert sebesség, (tehát az, mellyel haladna a test a következő percekben egyformán mozogva, ha a siettető erő az első m.perc multával rája hatni megszűnnék) kétannyi mint az első m.percben elvégzett tér, és így a szabadon eső testre nézve nálunk $2 \times 15\frac{1}{2} = 31$ láb, vagy kerek számmal 30 l.

2) Akár hány percre nézve a végsebesség annyi, mint az első

m.perc végén nyert sebesség sokszorozva a kérdésbeni percek számával h_1). Más szóval a végsebességek úgy növekednek, mint az idő percek, vagy mint az 1, 2, 3, 4 stb természeti számok, azaz egy szabadon eső test sebessége a 2dik perc végén kétszer, a 3-ik végén háromszor stb nagyobb, mint volt az 1-ső perc végén, s mivel az 1ső perc végén nyert sebesség = 30 láb (lásd 1ső törvény), tehát a 2d. perci végsebesség 60, a 3d. perci 90 stb.

3) Bizonyos számú percek alatt elvégzett tért megtalálod, ha azon perceknek megfelelő végsebesség felét azon percek számával sokszorozod i_1). Például mekkora tért végzett el azon test, mely 4 mpercig esett? Ennek kitudása végett előbb a 4 mpercnak megfelelő végsebességet kell a 2 szerint kikeresned. Sokszorozd e végre az első mperc végsebességét 30-at 4 mperccet, lesz 120, ennek felét 4-el sokszorozván, kijön 240 láb (lásd 56). Milly magas azon torony, mellynek csúcsán elbocsátott kő 5 mperc alatt esik le? (375 l.)

h_1) Fölvevén, hogy egy testnek a mozgás elején 0 sebessége van, hanem az első m.perc végén c , a második végén ismét c , a harmadik végén is újra c sebességet nyer a nélkül, hogy az előbbi percekben kapott sebességét elveszítné, ekkor az első mperc multával kapott sebesség = c , a második végén kapott $2c$, az n -dik végén kapott nc fog lenni. E sebességek tehát az illető percekkel vagy idő-részekkel egyenes arányban állnak, azaz a sebesség úgy nő, mint az idő, azaz I.) $C : c = T : t$ (C, T időben nyert sebességet, c, t -ben nyertet jelentvén). Ha az első mperc végén nyert sebességet h -nak nevezzük: ekkor az I ezzé válik, $C : h = T : 1$, vagy (Mtan 25 §.) II.) $C = hT$.

i_1) Ha képzeljük, hogy azon idő, mellyben a mozgás történik, végtelen kis részecskékre osztatik: ekkor minden részecske $\frac{T}{\infty}$. Minhogy pedig a nyert sebességek a megfelelő időekkel egyenes arányban vannak, lesz $\frac{T}{\infty} = \frac{C}{\infty}$, következöleg az idő első részecskéjében nyert sebesség = $0 + \frac{C}{\infty} = \frac{C}{\infty}$, a 2d-ban nyert sebesség = $\frac{C}{\infty} + \frac{C}{\infty} = \frac{2C}{\infty}$; a 3-ban $\frac{2C}{\infty} + \frac{C}{\infty} = \frac{3C}{\infty}$, a ∞ -dikben = $\frac{\infty C}{\infty}$. Minthogy pedig fölvehetni, hogy az idő végtelen kis részecskéjében a mozgás egyforma: e képlet $s = ct$ (18. f. II.) szerint leend az első időcskében $\frac{S}{\infty} = \frac{C}{\infty} \cdot \frac{T}{\infty} = \frac{CT}{\infty^2}$; a másodikban $\frac{2C}{\infty} \cdot \frac{T}{\infty} = \frac{2CT}{\infty^2}$; a harmadikban $\frac{3C}{\infty} \cdot \frac{T}{\infty} = \frac{3CT}{\infty^2}$; a ∞ -ben $\frac{\infty C}{\infty} \cdot \frac{T}{\infty} = \frac{\infty CT}{\infty^2}$. A tér ezen végtelen kis részecskéinek összegéből előáll az egész tér; és így $S = \frac{CT}{\infty^2} + \frac{2CT}{\infty^2} + \frac{3CT}{\infty^2} + \dots = \left(\frac{CT}{\infty^2} + \frac{\infty CT}{\infty^2} \right) \frac{\infty}{2}$ (Mtan 59. 60. §.) = $CT \left(\frac{1}{\infty^2} + \frac{\infty}{\infty^2} \right) \frac{\infty}{2} = \frac{CT}{2}$ III.) — Ha az 1 mpnyi esés által elvégzett tért k -nak nevezzük: akkor, mivel az első mp. végén nyert sebességet (lásd h_1 .) h -nak neveztük, lesz e III-ból: $k = \frac{h}{2}$. IV.); s ha ebből a h -t kifejezzük, lesz $h = 2k$. V. (lásd 57. 1. törvényt).

4) Az esés alatt elvégzett térek úgy vannak egymáshoz, mint a megfelelő idők négyszégei, azaz ha véssz két eső testet $a-t$ s $b-t$: a eset-tére úgy áll b eset-teréhez, mint azon mperceknek, melyek alatt a esett, négyszöge, azon mperceknek, melyek alatt b esett, négyszögehez. Miként áll, péld. 1 mp. alatti esés által elvégzett tér, 5 mp-nyi által elvégzetthez? Úgy mint 1 négyszöge azaz 1×1 , 5 négyszögehez $= 5 \times 5$ -hez, azaz $1 : 25$. 1 mp. alatt 15 lábat, 5 mp. alatt $5 \times 5 \times 15$ -t $= 375$ lábat végez. És így $15 : 375 = 1 : 25$. k_1)

5) Esés alatt az egyes percekben elvégzett térek úgy növekednek mint a páratlan számok 1, 3, 5, 7 stb. Ha meggondoljuk azt, mit főlebb (55) a szabad esési kísérletek eredményeül láttunk: e törvény valósága mindjárt kitűnik. Ugyanis egy mpercen 15, kettőben 60, háromban 135, négyben 240 stb lábnyi tért végez a test; tehát a másodikban $60 - 15 = 45'$, a harmadikban $135 - 60 = 75$, a negyedikben $240 - 135 = 105$ lábat halad. Ugyde 45 háromszor nagyobb 15-nél, 75 ötször, 105 hétszer. És így külön külön az 1-ső 2-dik 3-dik 4-dik percben áthaladt térek úgy állnak egymáshoz, mint ez egymás után következő páratlan számok 1, 3, 5, 7. l_1)

k_1) C értékét II-ben (h_1), a III-ba (i_1) tevén lesz $S = \frac{ht^2}{2}$, VI.; s ha egy másik eső testre nézve $s-t$ s $t-t$ vevén, e VI. szerint alkotandó $s = \frac{ht^2}{2}$ egyen-

letet amazzal arányba állítod, lesz $S : s = \frac{ht^2}{2} : \frac{ht^2}{2} = T^2 : t^2$, VII. — A

II. és III. képlethől több a moztanban fontos képleteket lehet kifejtteni:

VIII.) $C = 2kT$, (a II- és V-ből)

IX.) $S = kT^2$, (a IV- és VI-ből)

X.) $h = \frac{2S}{T^2}$, (VI-ből)

XI.) $k = \frac{S}{T^2}$ (IX-ből)

XII.) $T = \frac{C}{2k}$ (VIII-ből)

XIII.) $T = \sqrt{\frac{2S}{h}}$ (VI-ből)

XIV.) $T = \sqrt{\frac{S}{k}}$ (IX-ből)

XV.) $C = \sqrt{2hS}$, (II és XII ből)

XVI.) $C = 2\sqrt{ks}$, (VIII. és XIII ből)

XVII.) $S = \frac{C^2}{2h}$ (XIV-ből)

Példák: Egy kövecs, melyet valami kútba pottyantottam 6 mperc mulva éri el a vizet: milly mély e kút? (a IX szerint $S = 15.6^2 = 90$ öl). — Milly sebességgel ütközik egy szabadon eső test a földre, ha ez 5 mpercet esett? (VIII szerint 150'). Mennyi ideig esett egy test, ha 180 láb végsebességgel ér a földre? (XII, szerint 6"). — Ha 3000 láb magasan áll egy eső-felhő, s képzeljük, hogy belőle az eső nem a levegőn keresztül, melly sebesedését kisebbíti, hanem űrben esik le: milly sebességgel ütközik ez eső csepp a földre? (XVI. szerint 424,4 láb).

l_1) A 2d. percben elvégzett tér = két percben elvégzett tér ($4k$.) ha belőle az 1-ső percben áthaladt tér (k) levonatik, azaz, $4k - k = 3k$; szintígy a 3d. percben áthaladt tér $= 9k - 4k = 5k$; általában a t dik percben elvégzett tér mit x -nek nevezhetünk annyi, mint a t percekben elvégzett, ha ebből a $t - 1$ -ben áthaladt tér levonatik, azaz XVII. $x = kt^2 - k(t - 1)^2 = kt^2 - kt^2 + 2kt - k = (2t - 1)k$. (lásd k_1 , IX) Péld. Mekkora azon tér mellyet egy szabadon eső test esésének 7d. s 10d. percében elvégez? (195, 225 láb).

J. Miután (a 18-ból) tudjuk, hogy egy mozgó testnek más testre hatása nem csak tömegétől, de sebességétől is függ; azt pedig a legközelebb előadottakból látjuk, hogy egy test sebessége szabad esés által nagy mértékben növekedik: természetes, e körülménynek a zúzó malmokban és súlykolásokban használata. Epen ez oka annak is, miért veszedelmes embernek nagy magasságról kivált kemény földre esni. — Ha az eső s hó azon magasságról melyben állnak a felhők (1500 láb — 24000 láb), üres téren keresztül esnének le: iszonyú pusztítást tennének a földön; mert az 1500 láb magasról eső tömegek 150, a 24000 láb magasról esők pedig 871,7 láb végsebességgel érnének a földre. Hanem levegőn keresztül esvén, s ezt újokban helyéből félretolni tartozván, ez által sebességök nagy része elveszik. Epen ez oka annak is, hogy a jég-eső, mint a melly nagyobb tömegénél fogva a lég ellentállását jobban le tudja győzni, olly nagy pusztításokat teszen. — Milly keményen ütközik a víz valamely lapra estében, ha a levegő ellent nem áll: láthatni ezt némüleg a *vízkalapács* nevű készítményen. All ez egy üvegcsőből, melly mintegy félig vízzel megtölttven így tűz fölé tartatik mindaddig, míg a meleg által mindinkább kiterjedő víz a cső felső végén kiömlik. Ekkor a cső ezen vége (olvasztó cső segítségével) hirtelen beolvasztatván az egész hűlni hagyatik. A meghülés által a víz kisebb tért foglalván el, fölötte levegőtlen tér leend. Ha ekkor rázod e vizet a csőben: csattog az, mintha kövecs ütköznék az üveghez.

58. Mivel szabad esésben a testek sebessége sokkal nagyobb, mint hogy az egyes perceknek meg felelő esettéteket az illető percekkel szabatosan lehetne egybeazonlítani; azonban tágabb felöghatóság tekintetéből a szabad esés törvényeit tapasztalatilag is kimutatni felette szükséges: ezért azon készítmény, melly feltalálójáról *Atwood esmozgonyának* hívatik, s mellyen a szabad esés törvényei nézeti tisztasággal kimutathatók, figyelmet érdemel. *C* igen könnyen forgó csiga köré (49. kép) igen finom fonal akasztatik; a fonal két végire két teljesen egyenlő tányérka, s ezekre teljesen egyenlő terhek ($T = T'$) tetetnek, így a két tányér tökéletes súlyegyenben lesz egymással. Ha most T teherhez t túlsúly tétetik: akkor ezen t fogja a mondott két terhet, tányérkákat, fonalat, és csigát megmozdítani. És így következtethetjük, hogy a hányszor nagyobb a mondott terhek, tányérok, fonal és csiga súlya a túlsúlyénál, annyiszor kisebb lesz a túlsúlynak esési sebessége, azon sebességnél, melyet a test szabadon estében érne el, más szóval annyiszor kisebb lenne azon tér, melyet a túlsúly egy mperc alatt elvégez, 15 és $\frac{1}{2}$ lábnaál = 185 hüvelyknél. m_1) Ha például a csiga,

m_1) Legyen a csiga, fonal, s tányérkák súlya = M , h a szabad esésbeni siettető erő, $h' = t$ túlsúly által előhozott siettető erő: akkor áll ez arány: $M + 2T + t : t = h : h'$, és így $(M + 2T + t) h' = th$ I.); ebből $h' = \frac{th}{M + 2T + t}$ II.), mi ezt teszi: minél nagyobb a túlsúly (t), $(M + 2T + t)$ -hez képest: annál nagyobb h' is, azaz annál sebesebben fog egyik tányér szállni, ellenkezőleg annál lassabban. Az I-ből t -t akarván kifejezni lesz $(M + 2T) h' = th - th' = (h - th')t$; tehát III.) $t = \frac{(M + 2T) h'}{h - h'}$ Úgy de $h = 31$, láb = 372 hüvelyk; lesz tehát $t = \frac{(M + 2T) h'}{372 - h'}$. Ha most azt akarom, hogy az esmozgonyon a túlsúlyos tányér 1 mp. alatt $1''$ -t essék, azaz az 1 mp. végén nyert sebessége (h') $2''$ legyen: akkor $t = \frac{(M + 2T) 2''}{370} = \frac{(M + 2T)}{185}$, azaz ha

tányérkák és fonal súlya = 950 szemer, a két teher 450 + 450 = 900 szemer, s a túlsúly 10 szemer; akkor e 10 szemer a főlebbi özszzegnek (950 + 900 = 1850), 185-öd része lenne, tehát 185-ször kisebb tért végezne el a túlsúly 1 mp. alatt, mint szabadon esve, tehát épen 1 mp. alatt 1 hüvelyknyi, 2 mp. alatt 4 hüv. 3 mp. alatt 9 hüv. útát. Meg kell jegyezni, hogy a mondott csiga egy 6-7' magas rúdra van csinálva, e rúd hüvelykekre osztva, hogy az ezek mellett leeső túlsúlynak eset-terét időnként látni lehessen.

J. A túlsúlyos tányért a 0-ra emelvén, elindítok egy percingát (azaz oly ingát mely minden másodpercben egyet hintáz), s a számlálást 0-n kezdve elbocsátom az eddig feltartóztatott tányérkát s számlálom a percekét. Látni fogom, hogy 2 mpercre 4", 3 mpre 9", 5 mpre 25"-nyi útát végez el. — De ki lehet e mozgonyon a végsebességet is mutatni. E végre van egy kerekben keresztül likasztott tábla, melyet a rúdnak egy vagy más pontjára illeszthetni; továbbá a túlsúlyos tányérra alkalmazott terhek kerekdedek, s a tányérral együtt akkorák, hogy a mondott tábla kerek likán könnyen átmehetnek a nélkül, hogy e lik párkányait (ha t. i. a tábla a rúddal derékszögöt képez) legkevésbé is érintenék; végre a túlsúly hosszszudad, s hossza nagyobb, mint a tányér átméreteje. Már most ha a likas tábla péld. 25 hüvelykre alkalmaztatik, s ekkor a túlsúlyos tányér elbocsátatik: ez, azon 25-re 5 mp. alatt ér le, a mikorra végsebessége 10 hüvelykre nőtt. Ide érvén, a tányér a tábla likán keresztül megy, de a túlsúly a táblán marad; következőleg már a 6-ik mphen, kapott sebességével, siettető erő nélkül menend, még pedig 10 hüvelyket. (57. 2)

Lejtőn esés. 59. Láttuk főlebb (38.), hogy egy testnek a lejtő hosszszáni lefutását *ef* (10. kép) erő eszközli; s mivel ez *ef* szakadatlanul, és mindig ugyan azon szöglet alatt hat: a test ezen mozgásának egyformán sebesedőnek kell lenni. Azonban, mivel itt a testnek nem egész súlya, mint a szabad esésben, hanem annak csak egy része hat, természetes, hogy a szabad esésnél kifejtett törvények némi módosítást szenvedendnek. Melly módosításnak általános törvénye e következő: mindenütt, hol a szabad esésnél törvények közt, 1 mp. alatt elvégzett 15 lábnyi tér előjön, e helyett ennek egy része vetetik, melly töredék attól függ, mekkora a lejtő hossza s magassága. Ha e magasság 1 láb, hossza pedig 3 láb: akkor a 15'-nak csak $\frac{1}{3}$ -t = 5'-t kell venni; ha amaz 2', emez 5': akkor a 15'-nek $\frac{2}{5}$ -ét = 6'-t. n_1) Egyéb ide tartozó fontosabb törvények im itt következnek:

azt akarom, hogy a túlsúlyos tányér 1 mp. alatt 1'-t essék: akkor a túlsúly a két tányérra ákasztott tehernek + a csiga tányérkák és fonal súlyának 185-öd része legyen. Azonban megjegyezzük, hogy, mivel a csigát a túlsúlynak csupán forgásba kell hozni, M-nek csak felét kellene számba vennünk.

n_1) A 38. x. V. szerint $T \cdot \sin a = ef \cdot \sin \text{tot}$. Tehát $ef = \frac{T \cdot \sin a}{\sin \text{tot}}$. Ugy de $\sin a$ = magasság (legyen ez m), $\sin \text{tot}$ = hosszsz. (legyen ez l). Így $ef = T \cdot \frac{m}{l}$. E szerint ha a szabad esésben T-nek 15', itt $15 \frac{m}{l}$ felelend meg. Ha e töredéket (= $k \cdot \frac{m}{l}$), v -nek nevezzük; akkor a főlebbi (i , k_1) képletekben k helyett v -t tevén, azok a lejtőn esésre is illeni fognak péld. a VIII-ből I.) $C = 2vT$, a IX-ből II.) $T = \sqrt{\frac{S}{v}}$ vagy, mivel S itt a lejtőn l , lesz $T = \sqrt{\frac{l}{v}}$, a XI-ből III.) $S = vT^2$, a XII-ből IV.) $C = 2\sqrt{vS} = 2\sqrt{vl}$.

1. Ha egy test a lejtő magasságvonalán szabadon, egy másik pedig annak hosszán esik le, és mindegyik a lejtő csucsáról: akkor útaik végein mind kettőnek ugyanazon sebessége leend: o_1)

2) Ha egy eső test iránya függélyesből lejtőre megy által: sebessége kisebbedik, hasonlóan kisebbedik akkor is, ha az, egy lejtőről másra megy által. p_1)

3) Körben mozgó test sebességéből nem veszít semmit q_1)

Ingán ésés. Egyszerű inga. 60. Egy fonal, mellynek egyik végére ólomgömböt, vagy egy lécs, mellynek egyik végére valami súlyos (rendesen lencse alakú) testet akasztottunk, általában mind azon szilárd test, melly valami mozdulatlan pont körül ide s tova mozgatható *természeti* ingának neveztetik. Ennek ellenébe van téve az *egyszerű* vagy *mértanos* inga, melly alatt teljesen súlytalan, merevény, egyik végén felakasztott, másikon egyetlen egy súlyos ponttal ellátott vonalt értünk. Az ide tartozó törvények ez utóbbi ingán fejtetnek ki, s amarra általvitetnek. Legyen (51. kép) *ab* fonal végén s súlyos pont. Ha e pont nyugszik: akkor a' fonal iránya, a' nehézség hatásánál fogva a' földszinre függélyes leend. Hanem, ha az így fölfüggesztett pontot helyéből péld. *c*-ig kimozdítom, s itt magára hagyom: akkor elkezd az,

o_1) A lejtő magasságvonaláni szabad esés végsebességét *C*-nek, annak hosszán esés által nyert végsebességet *c*-nek nevezvén lesz $C = 2\sqrt{kS}$ (lásd k_1 XVI.), vagy mivel itt $S = m$ (lejtő magassága) lesz $C = 2\sqrt{km}$, $c = 2\sqrt{vl}$ (f_1 IV. szerint.) Tehát $C : c = 2\sqrt{km} : 2\sqrt{vl}$. Ugy de $v = k \frac{m}{l}$. Ez értéket cserélvén

föl tehát ez utolsó mennyiségben lesz $C : c = 2\sqrt{km} : 2\sqrt{k \frac{m}{l}} = 2\sqrt{km} : 2\sqrt{km}$.

És így $C = c$.

p_1) Ha valami test *ac*-n (50. kép) függélyesen esik: ez által bizonyos sebességét nyert, s mozogna tovább *b* felé, ha ebben *dc* lejtő által meg nem akadályoztatnék. *ac*-n nyert sebességét *F*-nek, *cd*-n nyerendőt *f*-nek, *bcd* szögletet α -nak nevezvén, lesz az o_1 szerint I.) $f : F = cd : cb = \sin. \text{tot} : \cos \alpha$; s mivel $\sin. \text{tot} > \cos. \alpha : F > f$. Most *F* helyett az I-ben, értékét (k_1 VIII.) tevéen,

lesz $2kT : f = \sin. \text{tot} : \cos. \alpha$, és így $f = \frac{2kT \cdot \cos. \alpha}{\sin. \text{tot}}$. A lejtőni veszteséget

tehát így fejezzük ki: $F - f = 2kT - \frac{2kT \cdot \cos. \alpha}{\sin. \text{tot}} = \frac{2kT \cdot \sin. \text{tot} - 2kT \cdot \cos. \alpha}{\sin. \text{tot}}$

$= \frac{(\sin. \text{tot} - \cos. \alpha) 2kT}{\sin. \text{tot}} = \frac{\sin. \text{vers. } \alpha \cdot 2kT}{\sin. \text{tot}}$ (Mtan 137 §.) = $\alpha \sin. \text{vers. } 2kT$.

A különböző lejtőkön szenvedett veszteségek tehát úgy vannak egymáshoz, mint az egymást keresztül vágó lejtők szögleteinek viszái keblei.

q_1) Több lejtők összeköttetvén, ebből sokszögű származik, melly felett mozgó test a sokszögű szöglete szerint veszít sebességéből. Ha a sokszögű

szöglete (α) = $\frac{1}{\infty}$: a veszteség = 0. Ugyanis a veszteség *bf* levén, áll ez

arány: $bf : bd = bd : ba$ (Mtan 108. §.) és így $bf \cdot ba = bd^2$. Itt $bd = \sin \alpha$

= $\sin. \frac{1}{\infty}$, és így $bf \cdot ba = \frac{1}{\infty^2}$, annyival inkább $bf = \frac{1}{\infty^2}$. És így az egész

veszteség = $\infty \cdot \frac{1}{\infty^2} = \frac{1}{\infty} = 0$. A görbe vonalt úgy képzelhcvén, mint

végtelen sok oldalú sokszögűt, az ezen mozgó test sebességéből semmit nem veszít.

előbbi helye felé mozogni; de azért ez előbbi helyén nem áll meg, hanem tovább mozog f -ig itt ismét megfordul, s vissza mozog egészen c -ig, s e jövést menést sokszor ismételvén, majd c -t s f -t nem éri el, útja folyvást rövidül, míg végre ab helyzetében egészen megáll. E mozgásban könnyű észrevenni, hogy a szóban levő pont sebessége b -ig folyvást nő; ellenben b -tól f -ig folyvást fogy; és megfordítva f -tól b -ig ismét nő, b -tól c -ig pedig fogy. Ez ide s tova mozgást *ingásnak* vagy *hintázásnak*, magát a hintázó ab -t pedig *ingának* nevezik. Az ingának c -től f -ig, vagy f -tól c -ig mozgását *egyhintázatnak*, *cab* szögöt *eltérés* szögének nevezzük.

Mivel, a mint látjuk c és f fölebb vannak, mint b : ezért mindjárt úgy okoskodunk, hogy e hintázás nem egyéb esésnél, csak hogy itt az s pont esése, nem szabad esés, mert hiszen az egy fonal által a -hoz van kötve. A mint s -t c -ig kimozdítottam; itt is vonza őt lefelé a föld cd irányban; hanem a fonal meg ca irányban húzza föl felé, s mivel a mint látjuk a föld ereje dült szög alatt hat a fonal irányára: ezért, mint már sok példából tudjuk, a föld ezen ereje (mellyet p. fejezzem ki cd) két erőre u. m. ce s ed -re bomlik föl, mellyek közül ce s ca , mint egymásra ellenkezőleg hatók, egymást semmisttik, s ed az, melly az s -t ez irányban, tehát b -felé vonza. Látjuk ebből, hogy ed a föld azon vonzerejének egy része, melly fölebb a testek szabad esését eszközölte, azért mondhatjuk, hogy az s e mozgása szabadtan, vagy megkötött esés. Mivel az ed , mint a föld vonzerejének egy része, az s -nek b felé szállása alatt folyvást hat: ez oka, hogy annak mozgása folyvást sebesedik. De épen ezen nyert sebesség miatt lehetlen b ponton egyszerűen megállnia, mert tudjuk, hogy az s tehetetlen test, melly ha mozgásba indítottatott, mozog mindaddig, míg valamely akadályozó erő által fel nem tartatik; következőleg a b -ig nyert sebességével tovább megy azon úton, mellyen az a ponthoz szegeztetése miatt mehet. Hanem természetes, hogy itt már a föld vonzereje őt ismét b felé vonja vissza, s ennél fogva sebességét mindig kicsinyítvén utóbb az f ponton megállítja, majd épen úgy, s épen azon oknál fogva, mint előbb, azt b -re siettetí, b -ből c -be mentében pedig ismét hátrálja, és így tovább. — Azon útat, mellyet a test c -től b -ig ír le, olly végetlen sok lejtő gyanánt vehetjük, mellyeknek hosszai, a szerint, a mint ab ponthoz közelebb esnek, mindig közelebb közelebb jönnek a vízirányos álláshoz, más szóval mellyeknek magasság-szöge mindig kisebbedik. Már, tudván a fölebbiekből, hogy minél nagyobb a lejtő magassága: annál nagyobb azon erő, melly a testet annak hosszán legördíti, természetesen következtetjük, hogy itt az ingánál azon erő, melly s -t b felé hajtja, folyvást kisebb leszen; és így az inga mozgása nem egyformán sebesedő mozgás. r_1)

r_1) Ha azon erőt, melly az ingát útanak különböző pontjain hajtja, meghatározni akarjuk; nevezzük *cab* eltérés szögét = E -nek, a' nehézséget = cd -t, vagy a ' siettető erőt h -nak; ekkor $ed = \sin. dce. h$. Ugy

J. Ha a hintázás karélya igen kicsiny, az inga hossza pedig elég nagy; s hanem föltötte szabatos eredményt kívánunk: az inga mozgását egyformán sebesedő s lassúdó gyanánt vehetjük.

61. Az inga mozgásának törvényei e következők:

1) Minél rövidebb az inga: bizonyos idő alatt annál többet hintáz, más szóval, egyhintázata annál kevesebb ideig tart. s_1) Jelesen, ha veszünk két ingát, A -t és B -t: azon idő, a meddig A egyet hintáz, úgy van azon időhöz, a mely alatt B egyet hintáz, mint A hosszának négyszög gyöke B hosszának négyszög gyökéhez. Ha $p. A = 25$ hüvelyk, $B = 4$ hüvelyk: akkor úgy van A egy hintázat ideje B egyhintázat-idejéhez, mint 5 a 2-höz, más szóval: A 5 mperc alatt éppen annyit hintáz, mint B 2 mperc alatt, azaz míg B 5-t, addig A csak 2-t hintázzand. Ha tehát azt akarod, hogy ingád sebesebben hintázzon, rövidítsd; ha azt, hogy lassúbban, hosszítsd meg azt, jelesen, ha azt akarod, hogy ingád még egyszer olly sebesen hintázzon, előbbi hosszának csak $\frac{1}{4}$ -t, ha pedig azt akarod, hogy 3 olly sebesen hintázzon, előbbi hosszának $\frac{1}{9}$ -t kell csak meghagynod.

de $dck = E$ (Mtan 84 §); tehát $ed = h. E \sin$; miből könnyű belátni, hogy a mint az inga b felé közeledik, E kisebbedik, tehát E kebele is, és így ed is.

s.) Mivel (59. 3) az inga, karélyban mozgás által sebességéből semmit sem veszít: mondhatjuk, hogy c -től b -ig estében épen akkora sebessége leend, mintha m -ből b -be szabadon esett volna. E sebességet c -nek nevezvén, lesz (h₁ XV), $c = \sqrt{2h} \times bm = \sqrt{2h} (ab - am)$; ha pedig ab -t l -nek (inga hosszának) nevezzük, s am -t Δ méreti függvényvel ($am = l \cos e$, Mtan 135 §. 2) kifejezzük, lesz $c = \sqrt{2h} (l - l \cos e) = \sqrt{2hl} (1 - \cos e)$. Ugye $1 - \cos e = 2 \sin^2 \frac{1}{2} e$; tehát I.) $c = \sqrt{2hl} (2 \sin^2 \frac{1}{2} e)$. Ha pedig bc karély igen kicsiny: akkor $\sin \frac{1}{2} e$ helyett $\frac{1}{2} e$ szögöt tehetünk. Így az I-ből lesz $c = \sqrt{2hl} (2 [\frac{1}{2} e]^2) = \sqrt{2hl} (2 \times \frac{1}{4} e^2) = \sqrt{\frac{1}{2} h} e^2 = e \sqrt{hl}$, III). — Most keressük azon sebességet, mellyet az inga g ről b -ig estében nyer, s nevezzük ezt ζ -nak, bg karélyt pedig $e - \varepsilon$ -nak. Így a II. szerint lesz $\zeta = \sqrt{\frac{1}{2} h} (e - \varepsilon)^2 = \sqrt{hl} (e^2 - 2e\varepsilon + \varepsilon^2) = \sqrt{e^2 hl - 2e\varepsilon hl + \varepsilon^2 hl}$, IV). — Ha most ζ ez értékét c -nek II. alatti értékéből levonjuk: kijön azon sebesség (nevezzük ezt v -nek), mellyel bír az inga g re értében. Így $v = e - \zeta = \sqrt{e^2 hl - e^2 hl + 2e\varepsilon hl - \varepsilon^2 hl} = \sqrt{2e\varepsilon hl - \varepsilon^2 hl} = \sqrt{hl} (2e - \varepsilon) \varepsilon$, V). — Azon időnek, mellyben egyhintázat végbe megy kiszámíthatása végett, hasonlítunk össze az inga mozgását egy más test mozgásával, melly bizonyos idő alatt ugyan azon sebességgel, péld. egy körben megy véghez. Az eltérés karélyát (r_1) el -l kifejezhetjük; mert cb karély és $e \sin$, kicsinységök miatt egybe esvén, $e \sin \times ac = bc$, tehetjük ezt: $e \times ac = el$. Most ez el hosszával rajzolván egy félkört (52. kép), úgy hogy $el = ac$, VI.) s ennek ac sugarán úgy jegyezvén meg d pontot, hogy VII.) $ac : ad = e : \varepsilon$, végre df rendszált húzván, áll ez arány (Mtan 108 §.): ad : df = df : bd, VIII.) — Ha ad -t a VII-ben kifejezzük, lesz ad = ac $\varepsilon/e = el. \varepsilon/e$, (VI) = el. Továbbá az eddigi meghatározások szerint $ac : bd = e : 2e - \varepsilon$, vagy (VI sze-

rint) $el : bd = e : 2e - \varepsilon$, és így $bd = \frac{el(2e - \varepsilon)}{e} = (2e - \varepsilon)l$. Ha ad és bd

ez értékeit a VIII-ban átcseréljük, lesz $el : df = df : (2e - \varepsilon)l$, és így $df^2 = el(2e - \varepsilon)l = 2e\varepsilon l^2 - \varepsilon^2 l^2 = l^2(2e - \varepsilon)\varepsilon$, vagy IX.) $df = l\sqrt{(2e - \varepsilon)\varepsilon}$. Tegyük föl, hogy az alatt, míg az inga, karélyán hintáz, egy más test a körülten egyformán mozog, úgy hogy az érintő irányában sebessége $fo = e\sqrt{hl}$. Ha fo -t, $gf + fp$ ($\parallel ab$)-re bontjuk; fp a mondott testnek az átmérővel közégyenes sebességét jelöli, s ekkor, (mert $cdf \Delta \infty ofp \Delta$) $fc : fd = of : fp$, vagy (V,

2) Ugyanazon helyen két különböző hosszú inga sebességei, ha eltérésök szögletei, s elvégzett karélyaik egyenlők, úgy állnak egymáshoz, mint az ingahosszak négyszeg-gyökei, péld. $9'$ hosszú inga sebessége úgy van $4'$ hosszú ingaéhoz, mint $3 : 2$. t_1)

3) Két különböző helyen hintázó, de egyenlő ingák egyhintázat-idői viszáson aránylanak a' helyeket illető nehézségek négyszeggyökeihez. u_1)

4) Egyenlő hosszú ingák, ha bár egyenlőtlen karélyokon hintáznak is, hintázataikat egyenlő idő alatt végzik el (oscillationes isochronae), ha e karélyok olly kicsinyek, hogy helyettök illető kebleiket hiba nélkül tehetni v_1)

5) Ha N és n azt jelölik, hányat hintáz két inga bizonyos idő alatt, T , t azon időt, a meddig tart egy hintázat: akkor mondhatjuk „minél kevésb ideig tart egy hintázat; annál többet hintáz az inga bizonyos idő alatt, azaz: a' hintázatszámok az egyhintázat-időkhöz viszáson aránylanak“ tehát * $T : t : n : N$.

6) Minél nagyobb az inga hossza: hintázatai számának négyszöge annál kisebb, más szóval: két inga hossza viszás arányban

VIII) el : $l\sqrt{(2e - \epsilon)\epsilon} = e\sqrt{hl} : fp$, tehát X.) $fp = \frac{l\sqrt{(2e - \epsilon)\epsilon} \times e \sqrt{hl}}{el} =$

$\sqrt{hl(2e - \epsilon)\epsilon}$, s ez $= v$, (lásd V). Ebből következik, hogy egy testnek, mely körpályáján egyformán mozog, sebessége e pálya valamely pontján az átmérővel közégyenes irányban, épen akkora, mekkora egy ingaé ugyanazon ponton, s e pontok a körnek ugyanazon rendszálaban vannak. E szerint ha e test s inga a -ból egyszerre indulának, b -be egyszerre érkezendének. Azon időt, mely alatt a mondott test a félkörületet elvégzi, így fejezhetjük ki: $t =$

$\pi \frac{ac}{c} (17f. III, \text{ és } Mtan 113 \text{ §. } 1) = \pi \frac{el}{e\sqrt{hl}} = \pi \frac{l}{\sqrt{hl}} = \pi \frac{\sqrt{l^2}}{\sqrt{hl}} = \pi \frac{\sqrt{l}}{\sqrt{h}}$

$\sqrt{l/h}$, XI.), s e képlet az, mi egyszersmiud az inga egyhintázat-idejét kifejezi. Ugyanazon helyen, h mindig egy, π szinte változatlan; és így a szerint, a mint l kisebb vagy nagyobb, t is kisebb vagy nagyobbá lesz. Ha két helyen két különböző hosszú ingát vésszsz, s T , t , az egyhintázat-időt jelentik L , és l hosszú ingában, H , h pedig a két hely nehézségét: akkor $T = \pi \sqrt{\frac{L}{H}}$, és így

$T : t = \pi \sqrt{\frac{L}{H}} : \pi \sqrt{\frac{l}{h}} = \sqrt{L} : \sqrt{l}$, XII) vagyis $T^2 : t^2 = L : l$.

t_1) Az s_1 szerint $c = \sqrt{2hl(1 - \cos e)}$, L hosszú ingára nézve pedig $C = \sqrt{2hL(1 - \cos e)}$; tehát $C : c = \sqrt{2hL(1 - \cos e)} : \sqrt{2hl(1 - \cos e)} = \sqrt{L} : \sqrt{l}$.

u_1) Az s_1 XI. szerint $t = \pi \sqrt{\frac{l}{h}}$, a másik ingára nézve $T = \pi \sqrt{\frac{L}{H}}$; tehát $t : T = l/H : L/H = H : h$. (Mtan. 56 §.)

r_1) Az r_1 III. szerint az elvégzett karély $S = vT^2 = kT^2$. $a/l = kT^2$. $\sin e$, I.), a kisebb karély pedig $s = kt^2 \sin \epsilon$, II.), tehát az I-ből $T = \sqrt{\frac{S}{k \cdot \sin e}}$ és a II-ből $t = \sqrt{\frac{s}{k \cdot \sin \epsilon}}$; és így $T : t = \sqrt{\frac{S}{k \cdot \sin e}} : \sqrt{\frac{s}{k \cdot \sin \epsilon}} = \sqrt{\frac{S}{\sin e}} :$

$\sqrt{\frac{s}{\sin \epsilon}}$ III.) Már ha e karélyok olly kicsinyek, hogy kebleikkel egyenlőknek tartathatnak, tehát $S : s = \sin e : \sin \epsilon$, lesz a III-ből $T : t = \sqrt{\frac{S}{s}} : \sqrt{\frac{s}{s}} = 1 : 1$, azaz $T = t$.

áll az általok bizonyos helyen, bizonyos idő alatt tett hintázatok négyszögével. Ha p. l inga egy bizonyos idő alatt 10-t, ugyanaz alatt L 7-t hintáz: úgy van l hossza L hosszához, mint 49:100. vagy mint 1:2,04.

7) Ha ugyanazon inga egy idő alatt különböző helyeken, különböző számmal hintáz: akkor e hintázást okozó erőknek különbözőeknek kell lenni, jelesen, az illető hintázatok négyszögével vizsás arányt képeznek. x_1) Ha p. az egyenlítő alatt bizonyos inga 86400-t, egy más helyen 86600-t hintáz: úgy van az egyenlítő alatti *nehézség* az ezen helyen működő nehézséghez, mint 86400^2 : 86600^2 , azaz: mint 7464960000 : 7499560000, vagy 1:1,0043.

Összetett inga. 62. Az egyszerű inga sebesebben hintáz mint az összetett. Mert ezt úgy kell venni, mint temérdek súlyos pont összehéget, mellyek a fölfüggesztés pontjától különböző távolságra vannak, s e szerint különböző sebességgel igyekeznek hintázni. Azonban ez igyekezet nem valósul: mert a nevezett pontok erősen egybefüggének, ezért egyebet nem tehetnek, mint hogy egymást mozgásaikban korlátozzák. A fölfüggesztés pontjához közelebb állók, a távolabbiakat sebesebben, ezek pedig amazokat lassabban hintázni kényszerítik; ez által bizonyos közép sebesség származik, melly az inga bizonyos pontjának felel meg. Az összetett inga ezen pontját, a meddig — a felfüggesztés pontjától számlálva — egy szintolyan sebesen hintázó egyszerű inga ér, *hintázat központjának* nevezük, s az összetett ingák valódi hosszát is csak eddig számláljuk. Az összetett ingák közt nevezetes a *percinga*, melly minden másodpercben egyet hintáz. y_1)

J. Mint minden testeket, úgy az ingákat is kiterjeszti a meleg, s így lesz, hogy nyáron az ingákkal ellátott órák lassabban járnak. Az így származott

x_1) A 6-dik törvényt illetőleg, az 5 * és s_1 XII. képleteiből, lesz, n : $N = \sqrt{L/H}$: $\sqrt{1/h}$, vagy n^2 : $N^2 = L/H$: $1/h$, s ha $H = h$, n^2 : $N^2 = L$: $1 = 6$ -dik törvény. Ha pedig $L = l$: akkor n^2 : $N^2 = h$: H , s ez a 7-dik törvény.

y_1) Mily hosszú legyen e percinga: így határozzuk meg. Végy akarmi hosszú ingát, s tudd ki a lehető szabatosággal mennyit hintáz az egy másodperc alatt, továbbá mérd meg ez inga hosszát is a lehető pontossággal. Ekkor ez arányt n^2 : $N^2 = L$: l , ezzé változtasd, 1 : $N^2 = L$: l , tehát N^2 . L

$= l = a$ percinga hossza. E képlettel is $t = \pi \sqrt{\frac{l}{h}}$ célt érhetünk, mert h értékét tudjuk, s t $t = 1$ -nek vevén, ekkor l értékét, mind ösmeretes mennyiségekkel így fejezzük ki: $l = \frac{h}{\pi^2} = \frac{31,0301}{3,14^2} = 3,1347 \dots$ láb. Igen szabatos vizsgálatok és számítások által világos lön, hogy a percingának az egyenlítő alatt, vagy is a szélesség 0° -n $439,318''$ (párizsi) hosszúnak kell lenni, a göncölök alatt pedig, vagy is a szélesség 90° -n $441,606''$ -nak. A két hossz közti ezen különbség ($= 2,288''$) segítségével minden szélességi fokra nézve ki lehet a percinga hosszát számítani. A képlet ez: $L_{\varphi} = 439,293'' + 2,288'' \cdot \sin^2 \varphi$ (L_{φ} az ingának φ szélességen tartozott hosszát jelentvén); azaz,

az egyenlítő alatti inga-hosszhoz hozzá kell adni a főlebb mondott különbségnek a kérdésbeni szélesség keblének négyszögéveli sokszorozmányát. Péld. Majnai Frankfurt az é. sz. $50^\circ 8'$ alatt fekszik: mi itt a percinga hossza? $439,293'' + 2,288'' \times 0,7675^2 = 440,64$. Mennyi e szerint Pápán a percinga hossza, miután itt $\varphi = 47^\circ 20'$? ($= 439,293 + 2,288 \times 0,735309^2 = 440,53''$)

hibát kétféleképpen igyekeznek káratlanítani: először az által, hogy az inga tengelyét különbözőféle ércekből rakják egybe, 's úgy, hogy egyik érc le, a' másik csak fölfelé terjedhessen ki; mi által az éretik el, hogy a mennyit száll a meleg által p. a vasban a hintázat központja, épen annyit emelkedik p. a horganyban, azaz a nevezett központ változhatlan marad. A meleg hatása által származott hiba kiegyenlítésének másik módja abban áll, hogy az inga lencse alaku edényébe bizonyos mennyiségű higany tételik. Már a meleg nöttével az inga tengelye hosszabbodik, még pedig lefelé, ugyan ezen oknál fogva az edényben levő higany nagyobb helyet foglal el, és így emelkedik, 's ha szabatos próbák után annyit hosszszul a tengely, mint a mennyit a higany emelkedik: a hintázati központ változhatlan marad.

63. Az ingák sokra használhatók: 1) Irányaik nyugvásukban kimutatják a nehézség irányát. 2) Mivel egyenlő hosszszu ingák egyenlő idő alatt akarmikor is ugyan annyit hintáznak, innen következik, hogy a nehézség hatása állandó. 3) Minthogy egyenlő hosszszu ingák, bármí anyagból készítettessenek, egyenlően hintáznak: innen világos, hogy minden anyag egyenlően nehéz. 4) Tapasztalás bizonyítván, hogy hegyesúcson lassubban hintáznak az ingák, mint hegy tövében, a nehézségnek a föld központjától távolság szerint fogyni kell. *Bouguer* és *Condamine* ugy találták, hogy azon inga, melly tengerparton 24 óra alatt 98770 hintázott, Quitóban (9036 lábbal magasabban) csak 97840-t. 5) Azon törvényt is, melyet *Newton* adott elő legelőször, t. i. hogy a nehézség az egyenlítő felé fogy, a göncölök felé pedig nő, az ingákkal tett próbák eléggé bebizonyították. Midőn ugyanis 1672-ben a párizsi academia *Richert* ingával teendő kémletek végett Cayennába ($4^{\circ} 56'$ -re az egyenlítőtől) küldte; ez ugy találta, hogy a Párizsból magával vitt percinga itt késett, s azért ezt 1,25 vonallal megkellett kurtitnia, viszszejöven pedig Párizsba, itt hogy valódi percinga legyen, 1,25 vonallal megkellett hosszitnia. *Maupertuis* 1736-ban szintilly megbizással Laponniába $66^{\circ} 48'$ szélességre küldetvén, percingáját kénytelen volt meghosszszítani. Általában ugy van az egyenlítő alatti nehézség a göncöl alatti nehézséghez, mint körülbelöl 199 : 200. 6) Használ az inga idő meghatározására is. *Galilái* jött először e gondolatra, majd *Riccioli* és *Grimaldi*, a szabad esés főlebb említett kémleteiben használták azt; végre *Huyghens* az órákat látta el ingákkal 1656-ban. \times_1)

J. Ajánlották az ingát az újabb időben a hanglábak (tactus) szabatos meghatározására is, 's az e végre készített ingát, *metronomnak* nevezték. — A harangnak és ütőjének, a hintó rugóinak, rezgő hurnak, hullámoknak stb. mozgásai mind inga nemű hintázatok.

\times_2) A percinga hosszszából kitalálhatni a szabadon eső test által egy másodperc alatt elvégzett tért, s mivel a szabad esési kísérleteket teljes szabotossággal tenni lehetetlen: az 1 mperci eset-tért csak így lehet szabotosan meghatározni. Ha a főlebbi ezen képletet (y_1), $l = \frac{h}{\pi^2}$ ezzé változtatjuk $2k/\pi^2 = l$ s ebben k -t kifejezzük, lesz: $k = \frac{1}{2} l \cdot \pi^2$. Így Königsbergben, hol a percinga, *Bessel* igen szabatos meghatározása szerint 440,8179 pár.vonal hosszszu, az eset-tér egy mperchen 2175,3482 von. = 15,1066 láb; ellenben az egyenlítőnél csak 15,053 láb, minthogy itt a percinga hosszszu = 439,293 pár.vonal.

c) Vegyes erők hatása.

64. Ha valamely testre több *egynemű* erő hat: tudjuk, hogy ha ezen erők egyenlők, irányzataik pedig ellenkezők, a test nem fog megmotszanni; azt is tudjuk, hogy ha ugyan ezen irányzat mellett az erők egyenlőtlenek, a testnek a nagyobb erő irányában kell mozogni; végre az is ösmeretes, hogy ha ezen erők bizonyos szöglet alatt hatnak egy testre, a test a képzendő egyenköz átlóján fog mozogni, azaz ha (53. kép) $E = ac$, $T = ab$, a pontra hatnak: a test ad -n fog haladni.

Egészen másforma lesz a mozgás, ha az a -ra ható erők E és T különeműek. Igaz, hogy ekkor is d -be fog jutni a test, hanem nem egyenes vonalban. Legyen péld. T egyforma mozgást, E pedig egyformán sebesedő mozgást előhozó erő: akkor a T -nél fogva péld. három percben elvégzendő térek am , mn , nb egyenlők tartoznak lenni, midőn az E -nél fogva elvégzett térek ag , gk , kc olly viszonyban állanak egymáshoz, mint a páratlan számok 1, 3, 5. Következőleg az első mperc után lesz a test r -ben, második után s -ben, harmadik után d -ben, s így egész pályája egy tört vonalt képzend. Már mivel a valóságos mozgásban az ac -ni sebesség folyvást növekedik: világos, hogy a mozgás vonalának görbének kell lenni.

J . Illy mozgást látunk a hajtásban, s az égi testek járásában; amarról most mindjárt, emerről mint végtelenről alább fogunk értekezni. Egy hajtott testre mindig két erő hat, t. i. a hajtó erő (pillanati), s a nehézség (folytonos). Ezek vagy ugyanazon egyenes vonalban esnek, s ekkor származik a függélyes hajtás, vagy szögletet képeznek egymással, s ekkor származik a vizirányos s félszeg hajtás.

65. *Függélyes hajtás.* Ha függőleg lefelé hajtasz egy követ, tehát úgy hogy a lökő erő, s nehézség irányai teljesen egyenlők: erre nem csak a pillanati lökő erő, hanem a nehézség is hat, és így azon tért, melyet a kő 1 m.perc alatt a pillanati erőnél fogva végez el, hozzá kell azon térhez adni, melyet az a nehézség hatására mint eső test halad által. Ha a lökő erő hatása $50'$: ennyit végez a kő csupán a pillanati lökésre; a nehézség által csupán esnék $15'$ -t 1 mp. alatt: tehát öszszesen $50 + 15$ láb tért végez el. A második perc alatt csupán a lökésnél fogva ismét $50'$ -t (mert a test tehetetlen levén, kapott sebességén magától nem változtathat) futna által; hanem a nehézség hatása már itt $45'$ levén, (56.) öszszesen $95'$ -t végez el; így a 3-dik mpben $50 + 75' = 125'$ stb.

Ha megfordítva függőleg fölfelé hajtasz egy követ, tehát úgy, hogy a lökő erő s nehézség irányai teljesen ellenkezők: akkor természetes, hogy e két erő hatását egymásból le kell vonni, s bizonyosan csak addig menend föl a kövecs, míg a lökő erő s nehézség hatásai teljesen egyenlökké levén, a kövecs mozgása 0-vé vált; innen megfordul az, s a nehézség hatására leesik. Ha p. a fölfelé hajtott kövecs a lökő erő által $150'$ sebességet kapott: akkor az első mpben $150 - 15 = 135'$ -t, a 2-dikban $150 - 45 = 105'$, a 3-dikban $150 - 75 = 75'$ -t, a 4-dikben $150 - 105 = 45$

az 5-dikben $150 - 135 = 15'$ -t végez; ekkor tehát a lökő erő és nehézség egyenlőkké levén, innen megfordul a kő, s a 6-dik mp.-ben $15'$, 7-dikben $45'$, 8-dikben $75'$ -t, 9-dikben $105'$, 10-dikben $135'$ -t esik, s már ekkor a földre ért. Ha az emelkedő és szálló kövecs perenkénti útait, s a perceket, melyek alatt az emelkedés és szállás végbe ment, egybehasonlítod: kijön, hogy ez utak s percek egyenlők, következésképp, a kövecs emelkedésére ép annyira idő kellett, mint szállására, es így, ha látod hogy a kövecs ez utat 10 mp. alatt végezte, mondhatod, hogy az 5-dik mp. végén volt legmagasabban; s mivel szinte 5 mp. alatt esett le; 5 mpnyi esésnek pedig $5 \times 5 \times 15' = 375'$ -nyi tér (57. 4.) felel meg: világos, hogy a kövecs legnagyobb magassága $375'$ volt a_2)

66. *Vízirányos hajtás.* Ha a követ vízirányosan lököm el, tehát úgy, hogy a lökő, s nehézség-erő derékszöget képezzenek egymással: erre két különemű erő hat, s ez esetben a kő útja görbe leend (64) b_2).

67. *Félszeg hajtás.* Ha a lökő erő iránya a nehézségével éles szögöt képez, tehát a kő ax irányban $= bac = \alpha$ szög alatt (54 kép) lökötik el: akkor a tapasztalásból tudjuk, hogy, megy ez egy darabig fölfelé, majd megfordulva, de azért a hajtótól mindig tovább menve lefelé száll. Rajzból, eddigi ismereteink nyomán, könnyű lesz az így elhajtott kövecs utát belátnunk. Ha a kövecs ax irányban lökötik el: tegyük föl, hogy ez által az első másod-

a_2) Jegyezze a lökés által nyert sebességet f , az elvégzett tért s , a hajtás idejét t , s a nehézség hatására eredő sebességet (mint kihatót) c : ekkor I) $s = ft \pm \frac{1}{2} g t^2$, (f II, k_1 VI); II) $c = f \pm ht$, (h , II); ha a hajtás lefelé történik $+$, különben $-$ tetetvén. A kövecs addig hág, míg sebessége 0-é lesz, s ha az eddig szükséges időt t' -nak, az addig elvégzett tért pedig s' -nak nevezzük; lesz $f - ht' = 0$, s ebből III) $f = ht'$, ebből ismét IV) $f/h = t'$. Ha most az I ben t helyett t' -t, aztán t' helyett ennek IV-beni értékét teszszük:

$$\text{kijön az } s'. \text{ Lesz tehát } s' = ft' - \frac{1}{2} g t'^2 = \frac{f^2}{h} - \frac{hf^2}{2h^2} = \frac{f^2}{h} - \frac{f^2}{2h} = \frac{2hf^2 - hf^2}{2h^2}$$

$$= \frac{hf^2}{2h^2} = \frac{f^2}{2h} \text{ V). - Péld. Hány percig emelkedik azon álgügömb, melynek sebessége } 1500' \text{? A IV. szerint } t' = \frac{1500}{30} = 50 \text{ mp. Milly magasra megy azon}$$

kő, melynek $60'$ nyi sebességet adtam? IV. szerint $s' = \frac{60^2}{60} = 60'$. Milly

sebességet adott karom azon kőnek, mely $100'$ nyi magasra ment föl? Az V-ből f -t kifejezvé, lesz $f = \sqrt{2hs'} = \sqrt{60 \times 100} = 77,4 \dots$ A pattantyúsok a III. képletet használják a lőpor jóságának meghatározására. Az álgütű függőleg állítván, bizonyos mennyiségű lőporral megtöltik, s jó órán nézik, hány mperc múlva ér vissza a kilőtt gömb. Ha p. $110'$ múlva: akkor ennek felét vehén, lesz $f = 30 \times 55 = 1650'$.

b_2) E görbe, hajtalék. Ugyanis fő tulajdonsága az a hajtaléknak, hogy ennek metszékei úgy vannak egymáshoz, mint a rendszálok négyszögei (Mértan 162 §). Már ha $arsd$ (53. kép) vonalt, megtekintjük: kijön, hogy $am = mn = nb = gr$, s világos, hogy $gr : ks : cd = 1 : 2 : 3$. Ellenben $ag : ak : ac = 1 : 2^2 : 3^2$, következésképp $ag : ak = gr^2 : ks^2$, és így $ag : ac = gr^2 : cd^2$. Illy hajtaléket ír le egy bizonyos célra kilőtt puska-gömb. Ez oka, hogy a puska-csőnek célzója van, mely szerint az valólag a meglovendő tárgy fölé tartatik, s csak ez esetben lesz ez eltalálva. Szabatos csövön e célzó mozgékony.

perc végén b -be, és így péld. a földszintől vagy ennek c pontjától 60 lábnyi magasságra jutna; ebből következik, hogy a második mp. végén 120, a harmadik végén 180, a negyedikén 240 láb magasságra jutna a földtől. De tudjuk, hogy a föld vonzereje által a kövecs e magasodása folyvást lejjebb szállítatik; az első mp. végén nem fog jutni b -be, hanem 15 lábbal alább, azaz csak 45 láb magasra, péld. o -ba. Most a második percben a lökő erőnél fogva ismét 60 lábnyira menne o ponttól, azaz $45 + 60 = 105$ láb magasra. Hanem a nehézség-erő hatása ez alatt 45 láb (56), mit a 105-ből kivonván, marad 60 láb, és így a kövecs enynyire, tehát n -be fog csak érkezhetni. Innen ismét 60 lábnyira fogna menni a lökő erőnél fogva, tehát a földszintől 120 lábnyira; úgy de a föld vonzereje a 3-dik perc alatt 75 lábat tesz, mit a 120-ból levonván, marad 45, és így m -ig menend a kövecs. A 4-dik percben ismét 60 lábnyira menne a test a kar-erő által e ponttól, tehát a földszintől 105 lábnyira; úgy de a föld vonzereje a 4-dik percben $7 \times 15 = 105$ lábat tesz, és így ennek végén le kell a földre p -be érnie. Ime így történik: hogy az elhajtott kő utát $aonmp$ vonal fejezi ki, mi, a mint tudjuk, a tapasztalással körül belül megegyez. c_2)

c_2) E görbe ($aonmp$), szinte hajtalék: mert $cd : ad = or : ad = 1 : 2$, tehát $or^2 : ad^2 = 1 : 4$. Szinte $nr : nd = 1 : 4$, (ha ugyan $15 : 60 = 1 : 4$). És így $nr : nd = ro^2 : da^2$.

E hajtás tartósságát, tárgulatát ap , és legnagyobb magasságát dn így határozzuk meg. A lökő erőnél fogva t időben a test ab útát, $2t$ -ben ah -t, $3t$ -ben ai -t stb. f sebességgel végez el. Ez utakat egyenként két egymásra függő vonalokra ($bc + ac$, $hd + da$, $ie + ea$ stb.) bontván, világos, hogy a nehézség hatása az elhajtott köre az leend, hogy általa a bc , hd , ie , xp térek megrövidülnek. Ha a megrövidülés t időben $bo : abc$ Δ -ben minden oldalt, bc -nek pedig egyes részeit (bo , oc) így fejezzük ki: I) $ab = ft$ (17, f. II.); II) $ac = ft \times \cos \alpha$, III) $be = ft \times \sin \alpha$; IV) $bo = h/2 t^2$ (57, h_1 . VI.); V) $oc = bc - bo = ft \cdot \sin \alpha - h/2 t^2$ (III. IV.) Ha oc -t 0-nek vevén, ez V-ben t -t fejezzük ki: kijön a hajtás tartóssága, mert oc akkor 0, ha a kő a földre ért. Lesz tehát $0 = ft \cdot \sin \alpha - h/2 t^2$. Majd ez egyenletet t -vel elosztván, lesz

$$0 = f \cdot \sin \alpha - h/2t, \text{ és így VI) } t = \frac{2f \cdot \sin \alpha}{h}. \text{ Ha a II-ben, } t \text{ helyett ennek}$$

VI-bani értékét [átcsere]ljük: kijön $ap =$ hajtás tárgulata, tehát VII) $ap = \frac{2f^2 \sin \alpha \cdot \cos \alpha}{h} = \frac{f^2}{h} \cdot \sin 2\alpha$ (Mértan 144 §). Láthatni e képletből, hogy a tárgulat

(a különben egyenlő körülmények-közt) legnagyobb akkor, ha $\alpha = 45^\circ$, mert akkor $\sin 2\alpha = 1$, különben pedig 1-nél kevesebb; továbbá, hogy nem változik, ha $\alpha = 45 + b$, vagy $45 - b$. (Mtan 155 §) Ha a VI-ban t értékének felét vesszük: kijön azon idő, melly alatt a kő fele útát végezzé, tehát azon idő,

mellyben az legnagyobb magasságát eléri. Ha ezt $\left(\frac{f \cdot \sin \alpha}{h}\right)$, az V-ben t helyett

teszszük: kijön $dn =$ legnagyobb magasság, [tehát $dn = \frac{f^2 \sin \alpha^2}{h} -$

$$\frac{hf^2 \cdot \sin \alpha^2}{2h^2} = \frac{f^2}{2h} \cdot \sin \alpha^2. \text{ Úgy de } \sin \alpha^2 = \frac{1 - \cos 2\alpha}{2}, \text{ (Mtan 144 §. XVII) és}$$

így VIII) $dn = \frac{f^2(1 - \cos 2\alpha)}{4h}$. Pél. Meddig tart egy 40° szög alatt elhaj-

Függelék. Mozgás akadályai.

68. Eddigi vizsgálatainkban nem gondoltunk azon akadályokra, melyekre találnak a testek mozgásaikban. Ugyanis, miután mi a természetben semmi ürt nem ösmerünk, minden mozgás bizonyos közegben (p. vízben vagy légtben) történik, s illyenkor a mozgó testnek a közeg azon részeit, melyek utában állnak, helyeikből félre kell tolnia (10); némelly testeknek pedig más testek fölött, (p. kocsi földszínen) kell haladniok, melly alkalommal a testek felszínén tapasztalt darabosságnál fogva (14) egyiknek kiálló hegyei, másiknak besülyedt völgyeibe, és viszont belekapaszkodnak. Tehát a közeg ellentállása, és a zsurlódás olly akadályok, melyek a mozgásról eddig előadott törvényeket módosítandják.

69. *Közeg ellentállása.* 1) Minél tömöttebb a közeg, mellyen keresztül kell egy testnek mozogni: annál nagyobb annak ellentállása; tengervíznek nagyobb mint folyóvíznek, sűrű légtnek mint ritkának, fának mint homoknak; s ez természetes, mert a tömöttebb anyagban, több félretolandó részek vannak, vagy legalább nagyobb a legyőzendő egyberagadás. 2) Minél nagyobb a mozgó test lapja, mellyel az a víz, vagy levegő ellenébe mozog: annál nagyobb ezeknek ellentállása. Ez oka, hogy a hajók elejét ékformára csinálják, mert így a víz s levegő ellentállása kisebb lapra is hat, de meg lejtőre hatván, hatásának egy része elveszik. Ezért kell az olly mozgonyokban, melyeket víz vagy szél hajt, ezek ellenébe minél nagyobb lapot tární. A madarak s halak alkatasá szinte ékforma, mint a hajók orra, mit azért adott a bölcs természet, hogy röpülés és uszás alkalmával, ezeknek ellentállását annál könnyebben legyőzhessék. Innen van, hogy a csekély s e mellett domború felszínű fű- és nádszálak, legfőlebb hajlonganak a levegő erős hatására, t. i. az erős szelek fúvására, midőn a terebély ágú levéldűzs fák, nagy felszíneikkel igen sok levegőt felfogván, kitepertetnek. Innen van, hogy egy csekély pózna vagy hidláb a vízárr erős hullámozását épen kiállja, midőn a kőből épült erős, de nagy felszínű házak a rohanó ár által ledöntetnek. Innen van, hogy kis csónak erős viharokat, s hullám-csatakat kiáll, midőn a nagy hajók s gályák darabokra zúzatnak. 3) Végre függ a közeg ellentállása a mozgás sebességének négyszögétől. Sebesebb test nagyobb útát végezvén ugyanazon időben, több anyagot is kimozdít helyéből. Ha p. két akkora sebessége van egy

tott kövecs mozgása, ha a hajtás sebessége 100', mekkora annak tágulata, s legnagyobb magassága? V. szerint $t = \frac{200 \times 0,6428}{30} = 4,2852' \dots$ Tágulata VII.

szerint $= \frac{100 \times 100 \times 0,9348}{30} = 328,26' \dots$ Legnagyobb magassága VIII. szerint

$= \frac{10000 (1 - 0,17365)}{120} = 68,83' \dots$ Jegyezzük meg, hogy itt a lég ellentállása nincs számítva.

testnek levegőben: természetesen két anynyi légtömeget mozgásba kell hozni, de egyszersmind kétszer, akkora sebességet is kell azzal közölnie, mint ha csak felényi a test sebessége, következőleg az ellentállás négyszer akkora. Innen van, hogy csendes légben lassan sétálva nem veszem észre a lég ellentállását, de igen, ha sebesen futok, vagy a mi mindegy, ha én állok, de szél fú. Jegyezzük meg, hogy ha a test sebessége igen nagy, vagy igen kicsiny: e törvények bizonyos módosulatokat szenvednek. d_2)

Zsurlódás. 70. Ha vízirányos asztalra valami súlyos testet p. egy darab vasat tesztek: ez súlyával nyomul az asztalra, ez pedig ugyanakkora erővel ellentáll; tehát e két hatás egymást lerontván, következtetnem kell, hogy ha ezen vasdarabra akarmi (bár milly kicsiny) vízirányos erő hat, tehát olyan, mely azt az asztal

d_2) Ahoz vágunk ugyan szokva, hogy a levegőt oly vékonynak tekintsük, mint a mozgó testnek legkevésbébb is ellent nem állót: hanem, ha csak egy középszerű széllal kell is szemközt mennünk, már érezzük a lég ellentállását, s ha tapasztaljuk, hogy egy vihar, (mellynek pedig legfőlebb 100 láb sebessége van) a legerősb fákat kiszaggatja: befogjuk látni, hogy egy 2000 láb sebességgel mozgó álgyú gömbnek a lég szembetűnő ellentállását kell legyőznie. Hogy azon ütést, melyet egy 120 láb sebességű vihar gyakorol, felszámíthatassuk: legegyszerűbb azt mondanunk, hogy „120 lábnyi sebességhez 240 láb magas esettér tartozik“ (k_1 XVII); és így ha a szél által érintett lap egy \square lábat tesz, ennek hatása körül belül anynyi, mintha egy 240 kocka láb magas légoszlop ütköznék a nevezett felületre, azaz a szél ellentállása 24 fontot tenne (mivel 11 kocka láb lég, körül belül 1 fontot nyom). Ha pedig a nevezett szél oly körlevélre hatna, melynek átmérője 20 láb, azaz mellynek felülete 300 \square láb: ez több mint 6000 fontnyi nyomást szenvedne. Itt lehet keresni a szélnek egy élőfa levéldűzs ágaira hatását, itt a hajók vitorláit feszítő erőt stb. Az ellentállást, mellyel hat a levegő a benne mozgó testekre, szint így kell meghatározni, egyébiránt hatása csak a sebesség kisebbitésében állhat. Egy 3 fontos vasgömbnek körül belül $2\frac{2}{3}$ hüvelyk átmérője van, s így (Mtan 113 §. 2) legnagyobb átmetszete $5\frac{1}{2}$ \square hüvelyk. Ha ezen átmetszetre 1320 láb magas légoszlop nyomulna, vagy ha a levegő oly sebességgel, mely 1320 láb magas légoszlopnak felel meg, azaz mintegy 280 lábnyi sebességgel ütköznék erre (k_1 XV): az ütés ereje $4\frac{3}{4}$, vagy kerek számmal $4\frac{1}{2}$ fontot tenne, vagy is a gömb boltos alakjánál fogva csak 3 fontot (Mtan 129 §); tehát egy 3 fontos vas gömb, mellynek sebessége 280 láb, ennyi ellentállást szenvedne. Látjuk, hogy e példában az ellentállás akkora, mint a gömb súlya, miből következtetjük, hogy egy szabadon eső 3 fontos vasgömb, egy másodperc alatt legfőlebb 280 lábnyi sebességet kaphat, mert e sebesség életében, a lég ellentállása épen akkora, mint a súly. E sebességet nevezik az ellentállás mértékének. E sebesség elérével a gömb nem egyformán sebesedve, hanem nyert sebességével egyformán mozogva halad a föld felé. Ugyan ekkora nagyságú fagömbön az ellentállás jóval kisebb sebességnél lenne egyenlővé a teherrel. Különböző nagyságú gömböket ugyanazon anyagból csináltatván, a nagyobbak ellentállási mértéke mindig nagyobb. Ebből beláthatni, miért van a levegőbe lőtt gömböknek oly csekély távulatuk, s magasságuk azokhoz képest, mellyeket ellentállás nélkül elérni tartoznának, miért van, hogy lomanygömb a különben egyenlő körülmények közt messzebb ellövetethetik, mint akarmi egyéb; s általában messzse löni akarók, ne annyira az eredeti sebesség nagytására (mint a mellyet a lég ellentállása csak hamar leszállít), hanem leginkább arra ügyeljenek, hogy az ellövendő gömbök lehetőleg súlyosok legyenek, mint ezt a Franciák Cadixnál tették. A közeg ellentállása teszi lehetővé az evezést, úszást, röpülést stb.

lapján megmozdítani törekszik, annak erre megindulnia kell. Vagy, ha a mondott vízirányos asztalt csak egy kevéssé lejtőssé teszem is: miután tudjuk, hogy ez esetben a vas terhe két erőre bomlik föl, melyek közül a kiható a lejtő hosszával közegyenese, a mondott vasnak az asztal fölött azonnal le kell csúsznia. Bár milly természetesnek látszik ez okoskodás: a dolog még sincs úgy a tapasztalatban; a vasdarabot csak jókora erő képes a vízirányos asztal fölött megmozdítani, — a kevéssé lejtőssé tett asztalon pedig a terher meg sem mocszan. Igen, mert a testek felszínei darabosok lévén, a vasdarab hegy völgyei az asztal érintett völgy s hegyei-be kapaszkodnak, s e zsurlódás az, mi a tapasztalásnak az elmélettel imént mondott ellenkezését okozza.

71. Minthogy csak szemünk után ítélve is nem minden test felszíne egyenlően darabos: igen természetes, hogy a különbözőleg egymáshoz érintkező testek zsurlódása különböző. Ennek vizsgálatával sok természettudós foglalkozott már, azért a mit ők tapasztaltak, tanúságul ide jegyezzük: 1. Minél nagyobb az egymást érintő lapok darabossága: annál nagyobb köztök a zsurlódás. Ezért ha azt akarom, hogy a zsurlódás minél kisebb legyen, a lehetőleg ki kell mind két testet, melyek érintetben vannak egymással, simítanom; a simítás kicsinyíti a darabosságot. Azért órákerekek tengelyei, valamint ezeknek agyai is kisimítassanak. 2. Egynemű testek, p. vas vas fölött, sokkal nagyobb zsurlódást mutatnak, mint különeműek, p. vas réz fölött, mi azért természetes, mivel az egynemű testekben egyenlőek a hegy völgy, és így annál több pontokon mennek egyik hegyei a másik völgyeibe. Ezért akarmi gépben, soha se mozogjon két egynemű test egymás fölött. Vas és sárga réz legkevésbé zsurlódnak egymáshoz. 3. Sőt az egynemű testek egymáshozzi zsurlódásában is van különbség, jelesen a fánál. Ha p. fenyőfa fenyőfa fölött úgy mozog, hogy a két-3 szálai egyirányúak vagy közegyenese: akkor nagyobb a zsurlódás, mintha egyik szála derékszögletet képeznek a másikéival. 4. Ha az egymást érintő testek közé olajat vagy zsírt tesztek, mi által ezek völgyei úgy szolván betemettetnek: kisebb a zsurlódás. 5. A forgó mozgásnál a zsurlódás sokkal kisebb, mint csuszónál, és így a kocsí jó úton sokkal könnyebben húzatik, mint a kocsival egyenlő súlyú szán, szinte jó úton. Innen van, hogy ha a kocsí mozgását (p. hegyről leereszkedéskor) kicsinyíteni akarom: a négy forgó kerék közül egyet, valami lánccal vagy gátfával csuszóvá tesztek; tudjuk milly szörnyű a különbség. Innen van, hogy azon nagy terheket, melyeket csusztatva alig tudnak az emberek megmozdítani, forgó hengereken könnyű elszállítani. 6. Mekkora az egymást zsurló lapok: ettől a zsurlódás nagysága nem függ. Ha veszek egy téglát, s ezt széles felére fektetem egy asztalra: ekkor épen anynyi a zsurlódás közöttük, mintha a téglát keskeny lapjával fektetem le; mert az első esetben ugyan több pontok érintkeznek, hanem nem nyomulnak olly erősen egymásba, mint a második esetben. Ezért széles talpú teherszekerek, épen nem zsurlódnak jobban, mint keskeny talpúak. Azonban a keskeny

talpúak a lágyabb útat mélyebben bevágván, s keskeny kátyuknak is jobban ki levén téve, ez okért rozszszabbak a széles talpú ke-rekeknél. 7. Minél súlyosabb a test, melly egy másik fölött mo-zog: annál nagyobb a zsurlódás. 8. Fák zsurlódását a nedvesség, éreket pedig a meleg nagyítja, mi hihetőleg onnan van, hogy e-zen körülmények által a testek egymáshoz tapadása nagyobbodik. 9. Hengeres testek kevésbbé zsurlódnak mint sík testek, kivált ha azoknak átmérői különbözők. Innen van, hogy a vastengelyű ko-scsikban a tengely és agy között nincs akkora zsurlódás, mint a fa-tengelyűekben. Azonban meg kell jegyezni, hogy vastengelyek-nek teher-szekerekre alkalmazása nem célszerű azért, mert ha olly erősekké akarjuk ezeket tenni, hogy azokra rakni szokott nagy terhek alatt él ne törjenek; akkor vastagságuk miatt igen súlyosokká lesznek, mi által a szekér súlya tetemesen nagyobbod-ik. Olly kocsiknál lehet csak a vastengelyt alkalmazni, hol a te-her rendszeren kicsiny, p. hintóknál, séta-kocsiknál stb. E tapasztalatok elég világosan kimondják, mit kell csinálnunk, ha a zsur-lódást minél kisebbé akarjuk tenni. Közönséges szekereinkben, használunk sokat e szabályok közül. Szekerünk forog, nem csú-szik, a zsurlódó lapok (a tengely és agy között) hengerek, a ten-gely vaslévellel be van borítva, hogy így a különeműség elér-hessék, a tengely meg van kenve.

72. A különböző testek közti zsurlódás meghatározása végett Muschenbröck s utána többen, azokból a lehetőleg egyenes lapú táblákat készítették, s a megvizsgálandók közül egyiket egy asz-tal tetején vízirányosan megerősítvén, a másikat rátették, s nézték, hány font szükséges ennek a fölötti elhuzására. E fontok száma egy része volt azon súlynak, mellyel a felső tábla az alsóra nyomult, szóval, a tábla egész terhének; s mivel úgy tapasztalták, hogy e fontok száma a felső tábla súlyával arányban növekszik, ezért a zsurlódást olly töredékkel fejezték ki, mellynek számlálója a sok-szor mondott fontok száma, nevezője pedig a tábla súlya. Például hársfának hársfa fölötti zsurlódását vizsgálván, úgy találták, hogy ha az ebből készült felső tábla egy mázsát nyomott; akkor 40 font kellett ezen táblának az alsó fölötti megmozdítására; tehát a zsur-lódás $\frac{40}{100} = 0,4$. E töredéket nevezik a zsurlódás együtthatójá-nak, mit μ betűvel szokás jelölni e_2). Följegyzem itt *Coulomb* ki-sérleteiből néhány testnek zsurlódási együtthatóját: hárs hárs fölött szárazon = 0,4, megkenve = 0,136; vas vas fölött szárazon = 0,276, megkenve = 0,097; vas réz fölött szárazon = 0,17, megkenve = 0,091. Ez eredmény az egymás fölött csúszó testeket

e_2) A zsurlódást Z -nek, azon tehert, mellyel a felső tábla az alsóra nyomul N -nek nevezvén, lesz $Z = \mu \times N$. Gépeinkben e zsurlódást, mint a moz-dító erőnek ellentállót, a teherhez kell adnunk. Péld. egy hengerkerék zsur-lódását akarván felszámítani, azon arányt, mellyet főlebb (36. 2. J.) föllállító-tunk $E : T = ac : bc$, így igazítandjuk: $E : T + \mu N = ac : bc$. Ha a hen-gerkerék tengelye, s azon lap is, mellyen e tengely forog, vas, azonban a tengely meg van kenve: akkor, mint az imént látók, $\mu = 0,097 \times \frac{1}{16} = 0,006$ Ha a hengerkerék, s a rajta függő teher súlya = 300 font: akkor a T valamint az N

illeti. Ha forog egy test a másik fölött (péld. agyban a tengely): akkor a csúszó mozgásnál tapasztalt zsurlódás együttthatójának, ha szárazak e testek, $\frac{1}{2}$ -t, ha kenettek, $\frac{1}{16}$ -t kell venni.

J. Mint a terhek vonására igen károsan befolyó körülményt, illy esetekben a zsurlódást lehetőleg kicsinyíteni kell. A rómaiak apiusféle útja kismított kövekből volt kirakva, s ez által felette könnyítve volt a teher vonatása. Vasútaink épen e célra készülnek, mert legjobb útainkon is mily nagy zsurlódás van a kerék s egyenlőtlen út között! hát csinátlan útainkon — mellyek igen gyakorta sártenger alakot öltenek. Vasuton egy ló anynyi szolgálatot tesz, mint rendes csinált uton 40. Igen tökéletes órákban a kerekek gyémánt-tokba járnak. Egyébiránt haszna is van a zsurlódásnak, mert e nélkül menni, valamit megfogni stb. nem tudnánk.

73. Csiga köré rendszeren kötél szokott tekertetni. E kötél nem oly hajlékony mint elméletileg gondolná az ember, sőt merevénysége fel fogva azon pontoknál, mellyeken a csigát érinti, ki-görbül, következőleg nem az a távolsága az erőnek a középpont-tól, mint az elmélet számítja. A mint az e tárgyban tett kísérletek tanúsítják, a merevénység e hatása annál nagyobb, minél kisebb a csiga átméreteje. Hengerkeréken, mint tudjuk, hengerre tekeredik a terhet tartó kötél, következőleg, nagyobb ennek a henger középpontjától távolsága, mint elméletileg számító, és így az ezzel súlygyentelt tartó erőnek az elméletileg meghatározottnál nagyobbak kell lenni.

J. Az itt előadott akadályokban találjuk azon jelenet okát, hogy a testek mozgásai a természetben olly szembetűnőleg eltávoznak azon törvényektől, mellyeket főlebb fölállítottunk. Ha valami gépen súlygyentben van az erő s teher egymással: akkor főlebbi törvényeink szerint akármellykéhez adott, akármily kis erőnek is mozgást kellene eszközölni, s hogy ez nem áll, ennek oka az akadályozó erők hatása. Valódiilag csak akkor következik mozgás, ha az erő a teherrel, és még a mozgás akadályával olly viszonyban van, hogy ezeknél csak valami kevéssel is nagyobb. Pillanati erő hatására, azt mondtuk főlebb, hogy egyforma és szakadatlan mozgásnak kell következni; s ez egyik sem áll a tapasztalatban; a pillanati lökést kapott test, sebességének lépcsőnkénti fogytával végre megáll. A súlyos testek szabad esése sem egyformán sebesedő a természetben, hanem egyenlő tömörségű közegben mindig jobban közeledik az egyforma mozgáshoz, növekedő tömörségűben (p. levegőben) esés pedig még lassúdó is lehet, mint ezt toll vagy papír darabok esésén láthatni. Annival inkább távol van egy lejtőni mozgás, az egyenlően lassúdótól, mint a hol a közeg ellentállásához még zsurlódás is járul. Egy inga, melly ellentálló akadály nélkül igazi örök mozgony tartoznék lenni, esésében mindig kisebb kisebb körveket ír le, míg utóljára egészen megáll. A tapasztalás mutatja, hogy a hajtás irányzatának, magasságának és távolságának törvényei is különböznek azoktól, mellyeket főlebb meghatározunk.

is (minthogy itt a felső test az alsóra egész terhével nyomul) = 300 font, s így $T + \mu \cdot N = 300 + 1,8$. Ha végre $a : b : c = 1 : 10$: akkor a főlebbi arány számokban kifejezve lesz $E : 301,8 = 1 : 10$, azaz $E = \frac{301,8}{10} = 30,18$ font.

Ha a felső tábla lejtőn nyugszik; vagy más szóval, az alsó tábla nem vizirányos, hanem lejtős lapot képez: akkor N nem akkora mint T; hanem ez esetben a felső testnek az alsóra nyomulását 38. x. szerint kell fölszámítunk.)

2 Cikk. *Égi mozgás (Égrajz = Astronomia).*

74. Égrajz azon tudomány, mely az égi testek tüneményeit, törvényeit s ezeknek okait kipuhatolva, így az egész világ alkatjáról helyes képzetet ad. Valóban sok évnek kellett addig lefolyni, míg az először durva, s minden tekintetben tudatlan emberek képesek lettek arra, hogy az égi testek *tüneményeit* helyesen megjegyzzék, ezeket ne fogadják el mind azon formákban igazaknak, a mint szemeik előtt mutatkoztak, hanem a tüneményeknek más lehető *módjairól* is gondolkozzanak, végre, hogy e tünemények s törvények egy általános *okára* emelkedjenek. Ez azon út, melylyet az emberi elme e tudományban elvégzett! s épen ezért ez lesz e tudomány előadásának is legcélszerűbb fonala. Először tehát előadjuk az égi testek tüneményeit, a mint ezek előttünk mutatkoznak, továbbá ugyan azokat úgy, a mint valólag végbe mennek, végre a nehezkedés mindenese elve tétetik az égi mozgások lelkévé, s így azoknak valódi magyarázata több természettani kérdések megfejtésével adatik elő. E háromféle foglalkozás, az égrajznak három részét szülte, t. i. A) a *látszó égrajzot* (astronomia sphaerica) B) a *való égrajzot* (astronomia theorica) C) a *természettani égrajzot* (astronomia physica); s ezeket együtt *elméleti égtannak* (astronomia theoretica) nevezhetjük.

A) Látszó égrajz.

75. *Általános észrevételek.* Legelőször ezt veszi észre az égi testekre itt e mi tájunkon figyelmező. Nemcsak a nap, hold, hanem minden egyes csillagok is az ég bizonyos táján (kelet) feljönnek, az ég látszó boltozatán haladva egy ideig fénylenek, majd végre annak egy más táján (nyugot) lemennek. Különösen feltűnő az, hogy minden csillag (már ez akár épen a kelet pontján, akár ettől jobbra vagy balra [éjszak, dél] eltérve keljen föl), láthatár fölötti legmagasb pontját az ég déli tájékán éri el, (ezért mondjuk, hogy a csillag delel = culminat), továbbá, hogy mindegyik a szerint, a mint az égen megjelentében többé vagy kevésbé tér el a keletponttól különböző ideig látszik az égen, közel a déli ponthoz kelő alig jön föl, már lenyugszik, közel az éjszakai ponthoz kelő pedig le sem nyugszik. A csillagok ezen mozgását figyelmesen vizsgálók látni fogják, hogy azoknak útai közegyenese köröket írnak le, egymás iránti helyzetöket legkisebbé sem változtatják, úgy, hogy az ég egy belül üres gömbnek látszik, melynek belső lapjára vannak szegezve a csillagok, s úgy tetszik, mintha e gömb két pontjánál fogva, melyeket *sarkoknak* vagy *göncölöknek* nevezünk, függőszetve, csillagaival együtt napokint a föld körül egyet fordulna.

J. Mind ezen tüneményeket az úgy nevezett *éggömbön*, vagy is olly mesterséggel készült tekén, melynek küllapjára azon viszonyban rajzolják a csillagok, melyben az égen láthatók, kimutathatni. Azon csillagnak, mely 12 óráig látszik, 12-ig pedig nem, földünk fölött, úta egy kört ír le, melyet *egyenlítőnek* nevezünk, mint a mely az éggömböt két egyenlő részre vágja. A

zon körülményből, hogy a csillagok akárhonnan nézesenek e földszínről, egymásiránti helyzetüket még sem változtatják, tehát egymással mindig ugyanazon szögöket képezik, azt kell következtetnünk, hogy földünk, s földünkön távolságok az álló csillagok távolságaihoz képest egészen elenyésznek, s így földünk az ég roppant nagyságu ürében csak egy parányi pont gyanánt tekinthető.

76. Ha valaki fölünk folyvást dél felé útaz: látja szinte, hogy az ég földünk körül naponként egyet fordul, de egyszerűs mind veszi észre, hogy az északi csillag (kis göncöl szekere rúdjának végpontja, melyet könnyen megtalálhat akárki is úgy, ha a nagy göncöl két hátulso kerekét egyenes vonallal összekötvén, ezt képzeletben mintegy öt anyuyira viszi e vonal irányában fölfelé), s a hozzá igen közel levő északi sark mindig lejjebb nyomul földünk vagy láthatárunk felé, s innen némely csillagokat, melyek nálunk soha a láthatárt nem érték el, már lenyugodni, némelyeket, melyek nálunk a láthatár fölött igen csekély körivet futnak át, fölebb emelkedni, következőleg földünk fölött tovább fényleni, végre több eddig teljesen ismeretleneket az égen megjelenni lát. Utazóink dél felé kezdett útját folytatván, egyszer olly helyre talál, mellyről az ég egyenlítőjén levő csillagok, feje fölött (fejponi csillagok), az északi csillag pedig épen a láthatárban látszanak, s e helyről egünk minden csillagzatait megösmérhetni.

J. Egy fölünk észak felé útazó milly tüneményeket lát az égen: könnyű az előadottakból kivenni; itt még csak azt jegyezzük meg, hogy azon körök, melyeken a csillagok mozognak, az egyenlítővel *közegyenese*k, a nálunk látható sarkot, mely a fölebb említett északi csillag szomszedságában esik, *északi*, a nálunk láthatatlant pedig *déli göncölnek*, a két göncölön keresztül húzott köröket *délköröknek* nevezzük, s így az ugyanazon délkör alá eső csillagok egy időben delenek. Azon kör, mely szemünk előtt az ég látható részét annak láthatatlan részétől elválasztja *látkör* nevet visel, s e körnek minden pontja 90° -ra esik azon ponttól, mely *fejpontnak* hivatik azért, mivel az épen egy egyenest álló ember fejteteje fölött van. Ennek ellenkezője a *lábpon*t, mely nem más, mint e fejponttól, a föld központján keresztül az ég láthatlan felére húzott egyenes vonal végpontja. — Egy csillagnak az égeni helyét két egybetartozó görbével határozzuk meg, egyik a *látkör*, másik a *magasságkör*, mi nem más, mint a csillagról a látkörre függőleg ejtett karély. E karély nagysága mutatja ki a csillag *magasságát*, azon pontnak pedig, mellyen e magasságkör a látkört érinti, a déli ponttól távolsága a csillag *dét-messzsét*, s e szerint a csillag *magassága* és *dét-messze* azon két egybe tartozó görbe, mellyekkel a csillag fekte meghatározthatik.

77. Csupán egy tekintetre is a csillagokban nagy különbséget találunk, némelyek olly világosak, s olly nagynak tetszők, hogy nap-lement után mindjárt láthatók, némelyek pedig kisebbek s gyengébb fényűek, s csak az éj teljes bejöttével; végre mások csak jó távcsők segítségével láthatók. Fényök benyomására, és egy tetsző nagyságukra nézve a pusztá szemmel láthatók 6 osztályba vitetnek, a távcsövel észre vehetők pedig 10 osztályba; az elsőbe tartozók *első*, a másodikba tartozók *második*, a harmadikba *harmadik* stb. *nagyságúaknak* nevezetvén. Az első osztályban 14-et, a másodikban 70-et, a harmadikban mintegy 300-at ismerünk, a pusztá szemmel láthatók rendszeren 5000-re tétetnek. E csillagok könnyebb átlátás kedvéért egyes csoportokba, melyek *csillagzatok*-nak nevezetnek, gyűjtettek, melyek elnevezésének okát nem anynyira a hasonlatban, mint nevezetes emberek vagy tárgyak örökítésé-

ben kell keresni. Az éjszaki félgömbön látszó nevezetesebb csillagok e következők: 1. nagy göncöl-szekér (nagy medve), 2. kis göncöl szekér (kismedve), 3. sarkány, 4. ökörpásztor, 5. Berenice hajfürte, 6. éjszaki korona, 7. Hercules, 8. kígyós, 9. lant, 10. hattyú, 11. Delphin, 12. sas, 13. pegazus, 14. csikó, 15. Andromeda, 16. Cassiopea, 17. Perseus, 18. kocsis, 19. háromszög. A déli fél gömbön pedig nekünk e következők mutatkoznak: 1. kaszás (orion), 2. nyúl, 3. galamb, 4. nagy kutya, 5. kis kutya, 6. vízi kígyó, 7. Eridan, 8. cet, 9. Argo, 10. déli hal.

J. Szabatosabb megjegyzés végett mindegyik csillagzatban a kitünőbbeket, saját névvel, vagy legalább a tetsző nagyság szerint, a görög *abc* első betűvel jelölték meg. Így péld. az ökörpásztorban van α = Arktur, az éjszaki koronában α = gemina, a lantban α = Vega, a sashan α = Altair, a hatytyúban α = Deneb, a Persensban α = Algol, a kocsisban α = Capella, a kettősben α = Castor, β = Pollux, a bikában α = Aldebaran, a nagy kutyaiban α = Sirius, a kis kutyaiban α = Procyon, az orosz lányban α = Regulus, β = Denebola, a szűzben α = kalász, az ollósban α = Antares stb. Azon esetre, ha vezető nincs, magányos szorgalom által is megősmérhetni e csillagzatokat ég-gömb segítségével.

Azon fényes, néha ketté oszló szalag- vagy folyam-forma fejréség, mely *tejtű* név alatt közönségesen ismeretes, nem egyéb, mint egymáshoz végetlen közel álló csillagok számtalan serege.

A csillagzatokat ősmervén, ha a kaszás övét (δ -ját) láthatárunk fölötti mozgásában figyelemmel kíséred: lesz képzeted az egyenlítőről, mint a mellyhez a mondott csillag igen közel esik.

Földet illető észrevételek. 78. A müveletlenek földünket egy nagy erősen álló, s boltozatos éggel befödölezett térségnek tartják miért? mert szemek előtt ilyennek látszik az. Hanem gondolkozó emberek a lassankénti észrevételekből, földünk idomára nézve egészen mást hoztak ki, mint a mi a látás által meghatározottat. Észrevették, hogy valami távol volt hogy torony felé utaztokban, először ezeknek csúcsát s nem alját látták meg, miből anynyi legalább világos lett, hogy e föld nem térség. Éjszak felé utaztokban az éjszaki göncölt mind inkább emelkedni, dél felé utaztokban ugyan ezt lesülyedni, új meg új csillagzatokat előtűnni láttak, miből következtették, hogy földünk a délkör irányában meg-görbült. f_2) Hanem meg kell vallanunk, ebből az, hogy földünk

f_2) Hogy e görbület valósággal kör: az későbbben szabatosan meg is határozottatott. Tapasztalásból tudjuk, hogy az úgy nevezett álló csillagok olly messze vannak tőlünk, hogy azokhoz, ha bár földszinünkön 1000 mérföldnyi utat végezzünk is, közelebb nem jutunk, azaz, ezen 1000 mérföld az ő távolságokhoz képest teljesen elenyészik: tehát (55 kép) *ad*, *be*, *cf* a földnek különböző pontjairól ugyanazon csillagra húzott vonalokat közegyeneseznek tarthatni. Ha *abc* a földszinnek egy része: ekkor *ag*, *be*, *ch* a fejpontra húzott vonalok lesznek; *a*, *b*, *c* pontokra vont érintők pedig, ezen pontok lát-körének helyzetét jelölik ki. Tegyük föl, hogy egy vizsgáló *be* irányban lát egy csillagot *b* pontról, és így épen fejpontján; már egy másik vizsgáló, ki azt *c*-ből délhez közelebről nézi, ugyanazt *cf* irányban látandja, és így fejpontjától éjszak felé, egy harmadik pedig *a* ból *ad* irányban, és így fejpontjától dél felé. Már *feh*, *s dag* szögöket csillagászai környegydeddel könnyű meghatározni. Es így, mivel *feh* szög = *ekh* *s dag* = *ekg* (Mtan 84 §.), amaz *bc* emez pedig *ab* görbületét fogja kimutatni, s így lett bebizonyítva, hogy a földnek déltől éjszak felé gömb idoma van.

gömb, még nem következik; előbb még azt is be kell bizonyít-
nunk, hogy földünk színe keletről nyugot felé irányzatában is gömb-
alakú. Ha földünk színén akárhol megállván, körültekintünk: úgy
tetszik, hogy mindenütt e látszó térségnek közepén állunk, s mi-
vel e jelenetet csak gömbön, és semmiféle más testen nem kép-
zelhetjük: földünknek valóban gömbnek kell lenni. Tudjuk továb-
bá, hogy a föld körül hajókázók folyvást keletről nyugot felé evez-
vén, végre oda érkeztek vissza, a honnan kiindultak, mi pedig,
ha a föld síkság, lehetetlen. Így két hajó, melly ugyanazon ki-
kötőből indulva, egyik kelet, másik nyugot felé evez, haladtokban
nem mennek mindig messzebb egymástól, hanem újak közepén
találkoznak, bár ezek azt hitték, hogy mindig ugyan egy irány-
ban s a tenger térségén eveztek, nem is találtak sehol valami sar-
kot vagy mélységet, melly őket feltartóztatta volna. Ide járul az
is, mit alább fejtendünk ki, hogy a hold-fogyatkozás akkor törté-
nik, mikor a hold a föld árnyékába lép, s ekkor a hold sötét s
világos részét mindig kör, vagy körív választja el egymástól,
miből kitetszik, hogy a föld árnyéka kúpídomú. Úgy de kúpídomú
árnyéka csak gömbnek lehet (ha t. i. a fény forrása nagyobb test).
És így ebből is láthatni a föld gömbölyűségét. Igaz, hogy egy
tányéralakú testnek is lehet kúpídomú árnyéka, ha a világító test-
től a megvilágosított kisebb test központjára húzott vonal a tá-
nyér felszínére függőleg áll: hanem ha ezen tányér, mint ezt alább
a földről bebizonyítandjuk, tengelye körül forog; az árnyék ez ido-
ma csak pillanatig tarthat, nem úgy mint ezt a föld árnyékanál
látjuk. Végre azt is meg kell jegyeznünk, hogy miután a távcsók
feltalálásával kiviláglott, hogy minden bolygóinknak gömb-idoma
van; s miután tudjuk, hogy földünk csak egy azon 11 bolygó kö-
zül, mellyek nap-országunkba tartoznak: miért volna földünknek
egészen más formája, mint egyéb társainak? Sőt az általános ne-
hezkedés elméletéből kijön, hogy az említett égi testeknek sem-
miképen nem is lehetett egyéb formája, mint gömb.

J. Földünk gömbölyűsége kitudatván, nagyobb részt erre is átvitettek azon
képzelt vonalok, mellyeket fölebb (76 J.) az égen ismertünk meg. Tehát azon
kört a földszínen, melly || s egyközpontu az ég egyenlítőjével föld egyenlítőjének,
azt, melly || s egyközpontu az ég délkörével föld délkörének, az ég éjszakai göncölétől
déli göncölére, földünkön keresztül húzott egyenes vonalnak azon részét, melly
földünkbe esik, föld-tengelynek, ennek két végpontját éjszakai s déli göncölnek ne-
vezték, s földünket ábrázoló mesterséges gömböt, mellyre (kicsinyben) földünk
felszínén látható szárazzat, ennek hegyeit, városait stb. s vizet rajzolták, készí-
tettek is. Azon kör, mellynek központja a föld közepe, égen úgy mint föld-
dön nagy, egyéb körök kis köröknek nevezettek. Természetes, hogy ha a
mesterséges földgömböt, e nagy természeti földgömbbel || helyzetben akar-
ták fölláttatni: azon nagy karika fölött, melly a látkört képezi, anynyi fok
magasra kellett annak göncölét emelniök, mint a menyinyre van a természeti
göncöl, a természeti látkör fölött. Hogy az egyenlítőből különböző távol-
ságra fekvő helyeken a göncöl különböző magasnak látszik: azt a 76 ból
tudjuk.

79. Miután a tértan kitalálta azon módot, melly szerint egy
kör kerülete, s egy gömb felszíne s tartalma meghatározatják, s
miután földünk gömbidoma bebizonyítatott: úgy látszik, hogy a

legközelebbi földadat, melynek megfejtését az emberi ész maga eleibe tette, földgömbünk nagysága volt. *Eratosthenes* és *Posidonius* által próbált úton meg is fejtette azt, s most már tudjuk, hogy a föld felátméreteje 859,43, egyenlítője kerek számmal 5400 földrajzi mf. felszíne 9281916 □ mf. tartalma pedig 2659813060 köb mf. g_2)

1. *J.* Midőn e mérést egymás után többször ismételték volna: azt tapasztalták, hogy a göncölők felé minden fok nagyobb terjedtséget ad, mint az egyenlítő körül. Már ha (56 kép) *uonub* a délkör felét fejezi ki: akkor azon esetre, ha a föld tökéletesen gömbölyű, *s* *ao* szintűgy, mint *uu* egy fok, ezek egyenlők tartoznak lenni mfödekben is. Ha még is a közvetlen mérésben $uu > ao$: ennek egyéb oka nem lehet, mint hogy *uu* körív helyett *um* méretett meg. Ebből láthatni, hogy azon igazság, melyet *Newton* s *Huyghens* a földnek göb-ölei körüli behorpadásáról, a földtengely körüli forgásából következtetve mondtak, tapasztalatilag is bebizonyított. E szerint a föld tengelyének kisebbnek kell lenni, az egyenlítő átméreténél. *Litrow* szerint az egyenlítő felátméreteje 19630872, a tengely fele pedig 19568053 párizsi lábat tesz; a különbség tehát, mely a behorpadás rovására esik, az egyenlítő felátméretének $\frac{1}{312}$ része.

2. *J.* Egy pár k. láb eső víz 61,8 bécsi fontot nyom; és így egy k. mföld 8474112000000 bécsi mázsát nyomand; tehát egy akkora tömeg víz, a mekkora földünk, mintegy 20 ezer triliom bécsi mázsát nyomna; de mivel, mint a következőkből kiviláglik, a föld tömörsége úgy van az eső tömörségéhez, mint 9 : 2: földgömbünk mintegy 90 ezer triliom bécsi mázsa. Bár iszonyú nagyak tetszik földgömbünk ezen terjedtsége: ez még is a kisebb égi testek közül való, ha ugyan az övönc testéből 975, a menyüreből 1280, a na-

g_2) A tértanból tudjuk e képleteket: $p = 2r\pi$, $a = \pi r^2$, $A = 4\pi r^2$, $s = \frac{4}{3} r^3 \pi$ (p a kör körületét, r felátméretét, a térszínét, A gömb térszínét, s köb-tartalmát, $\pi = 3,1415926$ jelentvén). Eképletekből azt látjuk, hogy ha r -t valahogy kitudjuk, a többit azonnal tudni fogjuk. De hát hogy mérjük meg a föld felátméretét? [ezhez közvetlenül nem férhetünk. Ha p -t kitudnók: így is

kívánt célt érhetnénk, mert ekkor az első képletben r -t ($= \frac{p}{2\pi}$) kifejez-

vén, így a többi is világosságra jőne. Már hogy földünk körületéhez közvetlenül hozzá férhetünk: az igaz; de hogy tudunk a földszínen olly kört, vagy csak ennek egy részét is kijegyezni, melynek központja a föld közepe legyen? Ez így történik: világos, hogy sm (57 kép) a délkörnek egy részét, ha mind s -nek mind m -nek ugyanaz a földrajzi hosszúsága, vagy ha egy csilag mind a két helyen ugyanabban az időben delel. Ekkor állítsuk föl ez arányt: sm (a délkörnek egy karélya, melyet jegyezzünk d^0 -l) úgy van ezen dél körívnek e földön megfelelő, s ölekben vagy mérföldekben meghatározandó vonalhoz $= b$: mint 360° a p -hez, azaz $d^0 : 360^\circ = b : p$. Ezen b -t leg-egyszerűbben ugyan, mérő láncsal határozzuk meg, mint ezt *Mason* tette *Pensylvaniában*, hanem, mivel e módszer nagy karély megmérésében (melyet azért kell venni, mivel kicsinyből nem lehetne biztosan az egészre következtetni) igen alkalmatlan lenne: jobb az sm -nek földön kijelölt két végpontját háromszögek láncolata által egy rövidebb vonallal, mely lenne az egész mérés alapja, összekötöni; s közvetlenül csak ezt mérni meg. Így sm -t mind

fokokban, mind ölekben kitudván fejezni, a föld körületének egy foka $= \frac{b}{d}$,

egész körülete pedig $= \frac{360b}{d}$, s mivel, mint fölebb látók, $r = \frac{p}{2\pi}$, itt lenne

$$r = \frac{180b}{\pi d}$$

péből pedig 1395000 földet, azaz oly nagy testet mint földünk, lehetne megszteni, mint ez alább világos leend.

80. Földünkön egyes pontok fektét két öszszetartozó görbével határozzuk meg. Mert e célra elég, ha a kérdésbeni pontnak az egyenlítőtől, s egy bizonyos délkörtől, mely elsőnek önkényesen fölvetetett távolságát, tudjuk. E pontnak egyenlítőtől távolsága annak szélességének, az első délkörtől távolsága pedig hosszának nevezetik. A hely szélessége akkora, mint a göncöl magassága. Ugyanis az egyenlítőn lakó mind a két göncölt a látkörben látja (76), azaz göncöl magassága = 0, egyszersmind azon egyenlítőn lakónak egyenlítőtől távolsága is = 0. Már ha ő a földkör negyedének $\frac{1}{90}$ részire távozik az egyenlítőtől: szélessége egy fokot teend, mely esetben, a mint láthatni, épen ez lesz a göncölnek a látkör fölötti magassága. E szerint ha a göncölcsillagnak látköröd fölötti magasságát megmérte: körülbelül tudandó azon helynek melyen a mérést tevéd, szélességét. h_2) Mind a szélesség, mind a hossz fokokban számíttatik, még pedig a szélesség a délkörön éjszakfelé is, délfele is 90° -ig, a hossz pedig az egyenlítőn nyugotról keletfelé 360° -ig; vannak azonban kik kétfelé nyugot és keletfelé 0° -tól 180° -ig számítják ezt. Az első délkört melytől számíttatnak a föld egyéb pontjain keresztül menő délkörök, a régiek az előttök ismert világ legnyugotibb pontján *Ferro* szigetén húzták, mások Párizstól, legtöbbsnyire a csillagászok saját csillagásztornyaiaktól számítják azt.

1. *J.* A göncöl magasságát egy csillagász műszerrel, melyet *délkarikának* nevezhetünk, határozzák meg. Ha e karikát úgy állítjuk föl, hogy 0° -a a látkörrel, 90° a a fejponttal tökéletesen egybeesik: csak azt nézzük, mi a legnagyobb s legkisebb magassága egy a göncölhöz közel levő csillagnak; e két magasság öszszegének felét vevén, kijön a göncöl kérdésbeni magassága, s így a vizsgáló helyének szélessége.

2. *J.* Ha azon hely, melynek földrajzi hosszát kell meghatározunk, az egész körülét $\frac{1}{4}$ részére van az első délkörtől: a nap, mivel tudjuk, hogy az ég keletről nyugotfelé minden nap egyet fordul, 6 órával hamarabb fog látszani ezen hely délkörén, mint az első délkörben, azaz, ezen helynek 6 órával lesz hamarabb dele, mint Ferrónak vagy Párizsnak. E föltételen épülnek a földrajzi hossz meghatározásának módjai. 1) Igen szabatos órával *A* helyen följegyzik, mikor delett egy bizonyos csillag. Ugyan ezt teszik szinte azon csillagra nézve *B* helyen is. A két helyen följegyzett idő különbségéből, könnyű a hosszúsági fokok különbségét meghatározni, ha ugyan egy órai különbség 15° -nyi, (mert $24 \times 15^\circ = 360^\circ$), egy első perci $\frac{1}{4}$ foknyi (mert $\frac{15}{60} = \frac{1}{4}$) stb különbséget jegyez. 2) *A* és *B* helyeken szinte szabatos órák segítségével följegyzik a nap vagy hold fogyatkozásának kezdetét vagy végét. Az idő különbségét az egyenlítő fokaiá vá változtatván, kijön a délkörök különbsége, következésképp, ha ezek egyikének az első délkörtől távolsága tudva van, a másikat is könnyű kiszámítani. 3) Két helyen, p. Pozsonyban és Bécsben, egy bizonyos időben löport lobbantanak el; a szerint, a mint a két városban a löpor ellobbanását különböző időben látták, földrajzi hossz-

h_2) Mert ha (58 kép) *HR* látkört, *AQ* egyenlítőt, *MS* ég tengelyét *Z*, a szemlélt fejpontját jelenti, melyeknek ugyanazon nevű határozatok felelnek meg a föld felszínén (*hr*, *aq*, *ms*, *z*): ekkor $qz + zs = 90^\circ$, $qz = 90^\circ - zs$, továbbá $zs + sh = 90^\circ$; tehát $sh = 90^\circ - zs$. Es így $qz = hs$.

szuságai különbségére következést húzhatni. — 4) Jegyezzük meg az az módot, mely szerint a földrajzi hosszúság tengeren határozható meg. Vevén egy szabatos Harissonféle órát, azaz olyat, mellynek járására a változó hőmérsékletnek, s tengeri rázásoknak semmi befolyása nincs, ez a kikötőnek, mellyből a hajó kivezett, közép idejét (miről alább) tökéletesen megtartandja; s így, ha a hajó ideje a tengeren, p. a nap delelésének meghatározása által tudva van: a kikötő s hajó idői különbségét az egyenlítő fokaiá változtatván, kijön a délkörök különbsége, s így a hajó hossza.

3 J. Az egyenlítőn 1° -ra 15 mf, esik: de épen ezért az ezzel || körök-ből 1° -ra kevesebb fog esni, s annál kevesebb, minél távolabb esnek az egyenlítőtől. i_2) 10° -nyi szélességre már 14,77; 40° -nyira 11,49; 50° -nyira 9,64; 60° -nyira 7,5; 70° -nyira 5,13; 89° -nyira 0,26 mf. esik.

4 J. Jó földtekével nem szabatosan ugyan, de még is közelítőleg ki lehet találni oly helynek, mely tekénken megjegyzeve van, földrajzi szélességet s hosszúságát. Vigyük ugyanis a keresett helyet a teke rézdélköre alá; a hány fokot találsz e pont fölött a délkörön, anynyi lesz ennek szélessége; ugyanekkor nézd meg az egyenlítőnek hányadik foka van a rézdélkör alatt; ez megmutatja a hely hosszát.

5 J. Földünk lakosai egymáshoz állásokhoz képest különbözőn nevezettek el. *Ellenlakóknak* (antoci) azokat hívják, kik egyenlő hosszúság s szélesség alatt laknak, hanem e szélességet ellenkező irányban kell venni (tehát az ellenlakók közül egyiknek éjszakai másinak déli szélessége van). Földgömbön könnyű ezt kimutatnunk. Vigyük lakunkat a rézdélkör alá, s nézzük, hány foknyi szélességünk van (tegyük föl, hogy ez éjszakai = 48°); ekkor ugyan enynyi déli szélességet számlálván, megjeljük a rézdélkör alatt ellenlakóinkat. Ezeknek, mint a tekén is láthatni, ugyan akkor van delők; de mivel egyik az egyenlítőtől délre, másik éjszakra lakik, évszakaszaik, s illető naphosszaik egészen ellenkezők. — *Ellenlábúknak* azokat hívják, kik a föld akármí átméretének végpontjain laknak. E szerint ezeknek hosszaik 180° -l különbözőnek; óráik közt fél napi különbség van, egyiké délt mutat akkor, mikor a másiké éjfélt; évszakaszaik félvvel különbözőnek; göncölmagasságaik egyenlők, de ellenkezők. Földtekén megtalálod ellenlábudat, ha lakodat a rézdélkör alá vived, a teke tengelyébe szúrt óramutatót XII-re igazítod, aztán forgatod e teket mind addig, míg e mutató 12 órát át nem haladt; ekkor lakod szélességét az ellenkező fél-tekén fölkeresvén, itt, a rézdélkör alatt lesznek a kívánt ellenlábúak. — *Körüllakóknak* azokat hívják, kiknek ugyanaz a szélességök, hanem hosszúságuk 180° -l különbözők. Ezeknek göncölmagasságuk, s évszakaszaik egyenlők, hanem óráik fél nappal különbözők. Körüllakódat megtalálod a földtekén, ha lakodat a rézdélkör alá vived, s az óramutatót XII-re igazítván, forgatod azt mind addig, míg 12 órát át nem haladt. Rézdélkör alatt ugyanazon szélességen, megtelel a mit kerestél. — Ha tudni kívánod, mi helyeknek van lakodall egyenlő hosszúságok; vidd lakodat a rézdélkör alá; ekkor mind azon pontoknak a földszínen, mellyek e délkör alatt fekszenek, egyik göncöltől a másikig egyenlő hosszuk leend. Hasonlóan ezzel egyenlő szélességre lesz azon pontoknak, mellyek a teke forgattatásakor a délkör ugyanazon pontja alá esnek. — Ha két hely délkülönbségét akarod tudni: vidd az egyiket a rézdélkör alá, egyszersemind igazítsd az óramutatót XII-re; ekkor a teket forgasd mind addig, míg az a rézdélkör alá nem ér, mi meglevén, nézd, hány órán áll a mutató: enynyi lesz a keresett délkülönbség.

81. Ha egy közel levő hegyet vagy fát egy emeletes ház alakából nézek: azoknak csúcsait, az égnek egészen más pontjain

i_2) Ha q földrajzi szélességet jelent: akkor azon 15 mfdet, mely az egyenlítőn 1° -ra esik, $(90 + q)$ kebellet kell sokszoroznunk, s e sokszorozmány kimutatandja a keresett szélességen 1° -ra eső mfölek számát. Péld. hány mfdet tesz egy fok az egyenlítővel || körön, 48° szélességen? $(15 \times [90^\circ + 48^\circ] \sin = 15 [90 - 48] \sin = 15 \times 42^\circ \sin = 15 \times 0,6691306 = 10,036959)$.

látom, mint ha ugyanazokat az emeletes ház aljából nézem, jelesen alulról az ég magasb pontjára viszem a fa csúcsát mint fölülről. Ha igen messze van a nézendő tárgy: az ég azon pontjai, mellyekre viszi szemem alulról s fölülről annak csúcsát, végtelen kis távolságra esnek egymástól, és így észrevehellen, vagy a mi mindegy, semmi különbséret nem adnak; épen úgy mint ha tőlem néhány m-re eső hegyet szobám egyik vagy másik ablakából nézem, mindegyikből az ég ugyanazon pontjain tetszendik az (e pontok péld. felhők által megjegyztetvén). Ha vannak égi testek, mellyeknek távolsága nem oly nagy, hogy erre nézve a föld felátmérejét egy pont gyanánt kelljen tekinteni: akkor bizonyos, hogy én a földszínről néző, azokat az ég más pontjaira viszem, azaz, azokat más csillagok mellett látom, mint látnám a föld központjáról. Az pedig világos, hogy az égi testeknek földközi valódi *helyezetők* nem az, melly a földszín végtelen sok pontjáról, végtelen sok felle irányban látható, hanem az, a hol azok a föld központjáról nézve látszanának; ugyanazért e hibán igazítani, s az égi testeket való helyökre vissza kell vinni. A hold például, ha a látkörben van, 1^o-l látszik lejjebb állni, mint látszanék a föld központjáról nézve. k_2)

k_2) Hs (59 kép) *fo*d földünket, *lcy* a hold föld körüli útának, *xy* a csillagos égnek felét jegyezi: akkor azon távolság *ab*, melly van a hold való és látszó álláspontja között, *égi külle*, azon különbség pedig, melly van *fa* (fejpontról *s* a test látszó helyéről a vizsgálat pontjára húzott vonalok által képzett szög) *s tkb* (fejpontról *s* a test való helyéről a föld központjára húzott vonalok által képzett szög) között, más szóval *bHa* szög, melly = π , *külleszög*, jelesen e π földszinti, *p* pedig *magassági* külleszög nevet visel. Ha a föld felátmérejét *fk-t* *r-1*, a holdpálya felátmérejét (= a holdnak a föld központjától távolságát) *kH-t* vagy *kL-t* pedig *R-1* jelöljük: lesz I.) $\sin \pi = \frac{r}{R}$

Ez egyenletből már első tekintetre látszik, hogy, miután már *r* t ösmerjük, ha π -t valahogy kitaláljuk, *R* is azonnal ki fog jöni, azaz a holdnak földünk-től távolsága, mert *R-t* kifejezvé, lesz II.) $R = \frac{r}{\sin \pi}$. *Lfk* Δ szögben

III.) $\frac{r}{R} = \frac{\sin p}{\sin kL}$. Ugy de *kfL* szög = $90^\circ + h^\circ$. És így $\sin kfL = (90 + h) \sin = h \cos$. (Mtan 155 §). Tehát a III-ból lesz $\frac{r}{R} = \frac{\sin p}{\cos h}$. Ezt,

s az I-t összekötvén, lesz IV.) $\sin \pi = \frac{\sin p}{\cos h}$, következve, $\sin \pi \cdot \cos h$

= $\sin p$, azaz V.) $p = \pi \cdot \cos h$. Minthogy $\cos h$ töredék: $\pi > \pi \cdot \cos h$, és így $p < \pi$, azaz a földszinti külle a magasságánál nagyobb. Ha $h = 90^\circ$, azaz, péld. a hold *c*-ben félponton áll: akkor az V. szerint $p = \pi \cdot \cos 90^\circ = 0$ (Mtan 138 §. III), azaz a fejponti testnek nincs külleje. *L*-nek a fejponttól távolságát α -nek nevezvén, láthatom a képből, hogy VI.) $h = 90 - z$; e α -t megmérhetem, s így $\cos h$ -t számmal kifejezhetem; a *p*-nek számmal kifejezésére is, tehát π kitalálása szükséges. Ezt így határozzuk meg. Legyen *B* és *F* (60 kép) két ugyanazon délkörben eső hely a földszínen, péld. *Berlin* s *Friofok*, amaz éjszakra ez délre az egyenlítő-től. Nézzen e két helyről két vizsgáló *H* holdra. Ekkor, ha *q* és *q'* a két hely szélességé-

J. Levegőknek, mint minden átlátszó testnek, az a tulajdonsága, hogy a rá eső fénysugarakat megtöri, úgy, hogy ezek görbe vonalt képezve jönek szemünkbe. Szemünk törvénye meg az, hogy a fénysugárt a görbe vonal legutolsó pontjára húzott érintő irányában viszik, tehát máshol látszik előttök a fényforrás, mint a hol ez valóságban van, jelesen főlebb. E tárgyról majd alább a fénytamban.

Napot illető észrevételek. 82. Előttünk eddig a csillagos ég boltozat alakú, belül üres gömbnek, a nap, hold s egyéb csillagok serege pedig erre szegezettnek tetszett. Hanem, ha figyelmeztünk azon csillagokra, melyek napnyugot után mindjárt a nyugoti láthatáron látszanak: észreveszszük, hogy folyvást más, meg más csillagok ezek. A csillagok e vizsgálatát tavasszal kezdvén, látjuk, hogy a mint a nap elnyúgodott; csak hamar elnyúgodott utána a *fiastyúk* is. Ha a nap a csillagos ég egy pontjára mozdulatlanul van szegezve: nincs természetesebb, mint az, hogy nap lemente után minden nap, épen a nyugoti láthatárban, lássuk a *fiastyúkot* is. Alig vizsgáljuk ezt néhány nap: azt tapasztaljuk, hogy nap lemente után a *fiastyúk* épen nem látszik, s hiában várjuk egész éjen keresztül, nem fog az a nyugoti tájon mutatkozni; hanem azt veszszük észre, hogy nap felkölte előtt kevéssel tűnik fel az a keleti tájon. Tovább folytatván a nap ezen kísérését, észreveszszük, hogy minél tovább menünk az időben, annál korábban látszik mindig a *fiastyúk* a keleti tájon feltűnni, úgy, hogy egy évnegyed múlva, tehát nyáron már éjfelkor kel, félév múlva pedig akkor, mikor a nap lenyúgszik. Ebből következtetnünk kell, hogy félév alatt az éggömb felére, tehát 180° -ra távozott a nap a *fiastyúktól*, vagy is az ég azon pontjától, mellyen ez előtt fél esztendővel volt. Mondhatnók ugyan azt is, hogy a nap nem mozdul, hanem mozdult a *fiastyúk* előre nyugot felé: de e hibás állítás mindjárt kitetszenék abból, hogy a *fiastyúk* minden egyéb csillagokhoz állását megtartotta, és így csakugyan a napnak kellett *viszszameenni*, azaz *nyugotról kelet*

nek öszszegét, α és α' a holdnak a B-n s F-n levő vizsgálók fejpontjától távolságát p , p' az illető magassági külleket jegyezik, s meggondoljuk, hogy $x = 180 - \alpha$, $y = 180 - \alpha'$, s hogy ICBH négyoldaluban levő szögök öszszesen 360° -t tesznek: lesz

$$360^\circ = \varphi + \varphi' + 180 - z + 180 - z' + p + p'. \text{ Úgy de az V. szerint } p = \pi \cdot \cos h; p' = \pi \cdot \cos h', \text{ tehát}$$

$$= \varphi + \varphi' + 180 - z + 180 - z' + \pi \cdot \cos h + \pi \cos h', \text{ azaz } 360 - 360 - \varphi - \varphi' + z + z' = \pi \cdot \cos h + \pi \cos h', \text{ vagy}$$

$$z + z' - \varphi - \varphi' = \pi \cdot \cos h + \pi \cdot \cos h'. \text{ Mivel a VI. szerint } h = 90 - z,$$

$$\text{Mtan 136 §. A. szerint pedig } \cos 90 - z = \sin z, \text{ lesz}$$

$$= \pi \cdot \sin z + \pi \sin z' = \pi (\sin z + \sin z'), \text{ és így}$$

$$\text{VII.) } \frac{z + z' - \varphi - \varphi'}{\sin z + \sin z'} = \pi. \text{ Így } \pi\text{-t kitudván, az V-ből } p\text{-t, a II-ből pe-}$$

dig R-t kiszámíthadd. Ha $\pi = 1^\circ$, $\sin \pi = 0,0174524$, r pedig 860 mf: R vagy is a holdnak földünkötől távolsága 49276, vagy kerek számmal 50000 mf. Épen úgy történik e mérés, mint mikor a mérnök egy tárgynak, mellyhez tán mocsár vagy folyam miatt nem férhet, mér-asztalától távolságát közvetve meghatározza; és így az égi testeknek e módoni meghatározása legalább oly szabatos, mint akarmi földszíneni mérés.

felé jöni. Előre gyaníthatni, hogy miután félév alatt az éggömb felével hagyta hátra a nap a fiastyúkot, a következő félévben ismét új félgömbnyi távolságra hagyandja el. Ez valósággal úgy is történik. A honnét ebből kétségtelenül következettjük, hogy a napnak saját útja van a csillagok között, még pedig a csillagos égével ellenkező, azaz, nem kelettől nyugot, hanem nyugotról kelet felé.

Ha a napot keringésében folyvást kísérvük, p. ha minden nap felirjuk, mi csillag az, melly nap lementé után legelőször mutatkozik a nyugoti láthatáron, s e megjegyzett csillagokat gondolatunkban egy vonallal összekötjük: lesz képzetünk a nap-pályáról, vagy azon útról, mellyen a nap kerengve, minden évben egyszer a csillagos eget, s ez által a földet megkerülni látszik. E pályát az egyenlítővel összehasonlítván; úgy találjuk, hogy tavasz elejétől kezdve ősz elejéig, a nap-pálya pontjai közelebb vannak az éjszakai göncökhöz, mint az egyenlítő pontjai; ősz elejétől kezdve tavasz elejéig pedig, távolabb vannak ugyan ettől, mint az egyenlítő pontjai, más szóval, tavasszal és nyáron magassabban van a nap látkörünk fölött; ősszel és télen pedig alacsonyabban, mint az egyenlítő, következőleg, a nap-pálya karikája ketté vágja az egyenlítő karikáját, úgy, hogy ennek fele e fölött, fele pedig ez alatt legyen. És így egy szögletet képez a két karika egymással, melly szögletet az égtűdősök mintegy $23\frac{1}{2}^{\circ}$ nyinak mondanak.

1 J. Innen érthetni azon naptárokban olvasható kifejezéseket, hogy a nap a „rák vagy oroszlán stb. jegyébe lép”. Ha láttuk ugyanis p. az oroszlán csillagzatát naplementé után nyugoton lemeni: csak hamar megfogjuk látni, hogy a nap, ezen csillagzatot beérvén, ennek esillagai közt jelen meg, de a mellyek a nap igen erős világa miatt nem láthatók.

2 J. A nappálya az egyenlítőt először, a *hatlak* csillagzatánál vágja ketté, innen kelet felé a *kos* fénylő csillagain, a *bikán* Aldebaránhoz közel a *kettősön* áll, a *rák* homályos csillagsomója alatt, az *oroszlán* α -n (regulus) s a *szűz* csillagzatán keresztül mentében másodszer vágja ketté, innen aztán a *szűz* α -n, *mérleg*en, *skórpión* vagy *ollós*on (közel Antareshez), *nyíluson*, *bak*on, *kantán* vagy *vészöntő*n a *hatlak*hoz visszamenvén. A nap útja ezen leírásában megnevezett 12 csillagzatok *állatjegyek*nek, vagy *állatkör jegye*inek nevezetnek, s e versbe foglalhatók:

∩	♉	♊	♌	♍	♎
Kos,	bika,	kettős,	rák,	az oroszlán,	és arató szűz,
♏	♐	♑	♒	♓	♈
Mérleg után ollós,	nyílás,	a bak,	kanta,	halakkal.	

3 J. Ha a nap útja az egyenlítőn, vagy ezzel közegyenes kör volna: akkor a napnak a földszínen levő akarmi városra, p. Budapestre nézve az egész éven keresztül a látkörnek ugyanazon pontján kellene feljöni, s lemenni, mint ezt az álló csillagoknál látjuk; szinte ezen esetre a napok hosszának is az egész esztendőn keresztül egyenlőnek kellene lenni: s ezek minden tapasztalatainkkal ellenkeznek. Ugyanis, a nap nyáron az éjszakai ponthoz sokkal közelebb jön fel, s megy le, mint télen, s ekkor délebb magasabban is áll, úgy, hogy a látkörnek azon két végpontja, mellyek nálunk a téli s nyári napkelet határait teszik, 73° -nyi szögletet képez, s ez a nagyobb szélességeken lakókra nézve folyvást növekedik. Napjaink hossza is, mint tudjuk, igen egyenlőtlen, télen p. mikor legrövidebb 8 óra, nyáron pedig mikor leghosszabb 16 óra.

83. Fölvevén, hogy a nap mozog, könnyű lesz, sok a különböző évszakokban, s a föld különböző tájain mutatkozó tünetenyeket kimagyarázni. Ha a nap az egyenlítőn van, a mi mintegy tavasz-elő 21, és őszielő 23-kán esik: a földszin minden pontjáról egyenlő ideig látszik lenni a nap a látkör fölött és alatt, azaz, a nap egyenlő az éjjel; s ilyenkor mondjuk, hogy az egész föld lakosaira nézve *napéj-egyen* van. Ezért azon pontok, melyeken a nappálya az egyenlítőt metszi, napéjegy-pontoknak mondhatunk, még pedig az egyik *tavaszi*, a másik *őszi* pontnak; attól éjszak felé, ettől dél felé halad a nap. Éjszak felé haladtában épen mint egyéb csillagok, mindig tovább tovább késik látkörünk fölött, s így hozza elő tavaszunkat s nyarunkat. Nyárelő 22-én eléri a nap legmagasabb pontját, hol néhány napig mozdulatlanak tetszik, innen aztán vissza felé fordul, mire a napok rövidülnek. Őszelő 23-án a nap ismét akkora, mint az éj, majd innen is dél felé tovább haladván, rövidül, míg télelő 21-én legalsó pontját eléri, itt egy kevés ideig megállni látszik, majd elkezd mozogni éjszak felé, a napok hosszát folyvatván. A nap ezen tetsző állásának két pontját *fordulat-pontoknak* nevezhetjük, melyek közül egyik *nyári*, másik *téli*.

1 J. Főlebb (76 J.) egy csillag helyét az égen *magassága*, s *délmezssze* által határoztuk meg: de vannak e meghatározásnak egyéb szokottabb módjai is; egyik az egyenlítőre s tavaszi pontra, másik a nappályára és szinte tavaszi pontra vitetik. Ha a csillag helyéről az egyenlítőre függélyes karélyt húzunk: e karély fokokban kifejezve a csillag *elhajtásának*; e karély által érintett egyenlítői pontnak a tavaszi ponttól távolsága pedig, tehát az egyenlítő egy része *derék emelkedésnek* nevezetik (I_2). Ha pedig a csillagról a nappályára ejtünk függélyes karélyt: e karélyt a csillag *sztélességének*; e karély által érintett nappálya-pontnak a tavaszi ponttól távolságát pedig, tehát a nappálya egy részét a kérdésbeni csillag *hosszaságának* nevezük.

2 J. A tavaszi s őszi pontok nem tartják meg helyzetüket állandóan, hanem évenként mintegy $50''$ -nyi karélylyal *hátrálnak*, azaz, nyugot felé mozognak. E nyugot felé mozgást azért nevezték hátrálásnak, mivel a nap, hold, s egyéb (földünkkel közelebbi viszonyban levő) égi testek, folytonosan *kelet felé mozognak*, (jelesen a nap 24 óra alatt csaknem egy egész fokot, a hold pedig több mint 13° -t), s e kelet felé mozgás, mint szabályszeres *haladásnak* nevezetvén, természetesen az ezel ellenkezőt, tehát azt, melyet a tavaszi, s őszi pontok tesznek, *hátrálásnak* kellett nevezni. E hátrálást úgy képzelhetjük, hogy az egyenlítő magával közegyenesen évenként $50''$ -l megy vissza az erősen álló nappálya fölött, s így annyit megy a tavaszi pont is hátra, s ennyit nő a csillagok hosszúsága. Így lett, hogy azon idő óta, melyben az

I_2) Az *elhajtást* s *derék emelkedést* időben is szokás kifejezni. Míután ugyan tudjuk, hogy a csillagos ég földünket minden 24 órában egyszer megkerülni látszik, más szóval, az egyenlítő egy pontja 24 óra alatt 360° -t végez: természetes, hogy ha az ég e mozgása egyforma, ugyan ez, egy óra alatt

$\frac{360}{24} = 15^\circ$ -t, egy elsőperc alatt $\frac{15}{60} = \frac{1^\circ}{4} = 15$ első perenyi tért, egy mperc

alatt $\frac{1}{4} : 60 = \frac{1^\circ}{240}$ t = 15 másodperenyi tért végezend. A legnagyobb szabatossággal mutatja ezt a tapasztalat; s ez oka, hogy az ég e forgását idő mérésre használják, jelesen annak egyszeri fordulatát *csillagnapnak* nevezik.

állatjegyek elnevezettek, s melyben a tavaszi pont a kosba esett; ezen pont 30° kal maradt viszsza nyugot felé, úgy, hogy ez most a halak jegyébe esik, (mert jegyezzük meg, az állatkör jegyei, mint a nap haladását jelelők, kelet felé számítottak). Ebből következik, hogy az állatkör jegyeinek elnevezése, ez előtt mintegy 2160 évvel történt, mert az évenkénti $50''$ karély 72 év alatt 1° -ra ($50'' \times 72 = 3600'' = 60' = 1^\circ$), s így a mondott évek alatt 30° -ra nőtt. Egyébiránt nem gondolván semmit e különbséggel a csillagászok azoknak égtani jegyeit megtartották, s így lett, hogy éggömbjeinken a bika jelénél a kos; a kos jelénél a halak stb. láthatók. Különbség van tehát az állatkör csillagképei s égtani jegyei között; emezeket jelesül nappálya, amazokat pedig állatkör jegyeinek hívják.

3 J. Azon időt, mely alatt a nap azon pontra, jelesen, a tavaszi napéjgyen pontjára, melyből kiindult, újra visszaér, napévnék nevezük, s tesz = 365 napot, 5 órát, $48'$ és $51''$ -t. Világos, hogy a tavaszi pontnak, vagy az egyenlítőnek imént említettük hátrálásánál fogva, a napévnék a csillagévénél, azaz, azon időnél, mely alatt a nap újra ugyanazon álló csillaghoz ér, melytől elment, rövidebbnek kell lenni. Hogy az esztendő hossza 365 nap: ez az emberiségnek igen régi ösmerete, melyre már a legrégebbs korban részint a csillagokra, részint a napkelet különböző pontjaira, részint a vándor madarak költözéseire, részint a nap magasságára ügyelés által juthattak az emberek. Azonban, mivel, a mint láttuk, az esztendő való hossza 5 órával, s mintegy $49'$ -el, tehát mintegy $\frac{1}{4}$ nappal több 365 napnál: így lett, hogy mintegy 400 év lefolyta alatt az időszámlálás mintegy 100 napot különbözött az esztendő valóságától, mit különösen az évszakaszokon észre lehetett venni, mert a naplárók körülbelül akkorra számlálták péld. től elejét, mikor már ez egészen elmúlt. Ezért Julius Caesar, Sosygenes égtudós által e tárgyban felvilágosztatván, e hibás időszámlálást megigazítandó a Krisztus születése előtt mintegy fél századdal azt rendelte, hogy egy esztendő 365 napnak, s 6 órának számítsák, és mivel e szerint azon fölösleg 6 óra 4 év alatt 24 órára szaporodik, az esztendő minden negyedik évben egy nappal megtoldassék, melyben e szerint egy hónapban, jelesen télutóban ne 28, hanem 29 nap legyen. Az ilyen 366 nappal álló esztendőt mi szökő esztendőnek, magát e télutóban becsúsztatott napot pedig szökő napnak hívjuk. Látni való, hogy ez által Julius Caesar minden 4 esztendőben, mintegy $11'$ -l többet adott az esztendőhöz mint kellett volna, mert a 365-n fölül 5 óra $48'$ $51''$ négy esztendő alatt nem egy napot, hanem csak mintegy $23\frac{1}{2}$ órát tesz. Úgy látszik ugyan, hogy e fél óra 4 esztendő alatt nem nagy különbség, azonban századok alatt még is sokra ment, úgy, hogy már XIII. Gergely római pápa idejében 1582-dik évben 10 napra szaporodott. Azért XIII. Gergely azt rendelte, hogy a már említett 1582-dik esztendőben Octob. 4-e után mindjárt Octob. 15-e írassék, továbbá, hogy ezentúl minden három egymás után következő századik évben egy szökő nap kihagyassék, de a negyedik században már számláltassék; tehát az 1700, 1800, 1900-d évek, bár különben szökő évek volnának, legyenek rendezettek, hanem a 2000-d év szökő évnek hagyassék. Különbön ha ez így hagyanék, a különbség a nap való állása, s a mi számlálásunk közt mintegy 4000 esztendő alatt egy hónapnál több lenne. A magyar protestánsok 1588-d évben (a németek 1700-ban) bevették e megjavított naptárt, csupán a rácok és muszkák azért, mivel ez újítás a római pápától jött, a római pápa pedig az ő vallások szerint nem feje a ker. anyaszentegyháznak, mondom, csupán azok e kárhuzatos vallásgyűlölségből nem fogadták azt el. Ez oka, hogy a rácok és muszkák, általában az úgynevezett nem-egyesültek naptára, 12 nappal későbbben jár, úgy, hogy mi már télhó 13-át írjuk akkor, midőn a nem egyesülteknek új esztendejük van.

4 J. Az égtékek fa-látkörein rendszeren föl van jegyezve a napnak akármilyen időt illető állása. Hat környüri szokott e látkörre rajzoltatni, melyek közül a legszeles az ég tájait, (dél, keletet, éjszakot, nyugotot) mutatja, a második 12 részre osztatva kijelöli az év 12 hónapját, a harmadik ezen hónapoknak megfelelő napokat, a negyedik a nappálya 12 jegyeinek harminc, har-

mine fokát, a hónapok egyes napjainak megfelelőleg, úgy, hogy a nap helyét az év akármí napjára nézve, ez utóbb említett két körről közvetlenül elolvashatni, s azt magára a tekére rajzolt nappályán kikereshetni; az ötödik körgyűrű 12 egyenlő részre osztatva adja a 12 égi jegyet; végre a hatodik adja a látkör fokait, melyeknek számlálása a tavaszi s őszi pontoknak, vagy is a kelet és nyugot pontjainak megfelelőleg kezdődik, s mindegyiktől jobbra és balra, vagy is, éjszak és dél felé 90°-ig folytattatik. Ezt tudja már most, ha péld. a nap elhajlását, s derék emelkedését akarjuk meghatározni: a napnak pályájáni helyét a fokozott rézdélkör alá viszzük; s ekkor a délkör azon része, mely van az egyenlítő és nap helye között, adandja a nap éjszakai vagy déli elhajlását; az egyenlítőnek azon pontja pedig, mely ekkor a rézdélkör alá esik: az oda jegyzett fokokkal közvetlenül adandja a nap derék emelkedését, ha ugyan az egyenlítő fokai a tavaszi ponton kezdődnek számlátatni. Ha pedig valamely csillag elhajlását, s derék emelkedését akarjuk tudni: a csillagot kikeressük a tekén s a rézdélkör alá viszzük; *elhajlását* megmutatja a délkör azon karélya, mely van az egyenlítő s kérdéses csillag között, *derék emelkedése* pedig épen úgy, mint a napé, az egyenlítőnek a rézdélkör alá eső ponjáról olvastatik le.

Ha egy csillag *szélességét* s *hosszaságát* akarjuk égteke segítségével meghatározni: e végre szükséges egy körnegyed, mely réz-lemezből szokott készíteni, épen akkora, mint a rézdélkör negyed része, s szint úgy fokkal el látva. Minthogy a csillag szélessége nem egyéb, mint annak a nappályától távolsága: természetes, hogy ha ilyen szélességi függélyes körök rajzoltatnak a nappályára; ezeknek egy pontban *össze* kell jöniök, s e pont *nappályá gőncöltének* nevezetik. Ha a nappályá 23,5 foknyi szögletet képez az egyenlítővel: akkor természetes, hogy a nappályá gőncöle szinte 23,5 foknyira leend az egyenlítő gőncöltől. A *csillag szélességét* kitandó: vidd a nappályá gőncöltét a rézdélkör alá, s ez alatt a mondott gőncölvöz alkalmazd a mondott körnegyed végét, másik végét pedig úgy illeszd a nappályára, hogy a kérdéses csillagot e körnegyed széle érintse: ekkor e körnegyed fokai közvetlenül adandják a csillag szélességét, valamint a nappályának e körnegyed széle által érintett pontja annak hosszúságát.

84. Van a legközelebb előadottak szerint az egyenlítőnek mind fölötté mind alatta, 23,5 foknyira terjedő, és így összesen 47 fokot tevő földterület vagy szalag *abcd* (60, α kép), mely fölött úgy jár a nap, hogy mindennap délben e 47 foknyi szélesség egyik vagy másik pontján lakó embereknek épen fejük teteje fölött állni látszik. A földszin ezen részét *hő földönek* nevezik. E földövet két az egyenlítővel közegyenés kör *ab* és *cd* zárja be, melyek *fordulatköröknek* nevezetnek, minthogy ezektől fordul vissza a nap az egyenlítő felé. Az ezen övön lakókat *két árnyuáknak* s *árnyatlanoknak* is hívják, mely elnevezést a nap lektéből, s azon ösmeretünkéből, hogy egy test, árnyékát mindig ellenkező irányban veti, mint a mely irányban megvilágosítatt, könnyen kimagyarázhatunk. Mikor ugyan is a nap az egyenlítői lakos feje fölött áll: akkor árnyéka, talpa alá esik, más szóval semmi árnyéka nem látszik (*árnyatlan*). Ha e lakos a szóban levő földönek fordulatkörökön belül levő akarmi pontján áll; s ha fölteszük, hogy péld. most a nap, fejpontjától dél felé áll: árnyéka éjszak felé fog vettetni. Majd lassanként fölebb emelkedvén a nap, utóbb délben épen feje fölött álland: akkor mint az imént mondók, árnyéka nincs. Majd még is tovább emelkedvén a nap, már délben lakosunknak nem feje fölött, hanem ettől éjszak felé, tehát lakosunk árnyéka dél felé állni látszik. Az egyenlítőn lakónak folytonos napéjegyene van; ez e-

gyenlőség a fordulatkörök felé mindinkább változik, azonban 3 órai különbségnél többre nem megy, azaz, a fordulat-körökön a leghosszabb nappal 13,5, a legrövidebb pedig 10,5 óra. Az egyenlítőn lakóknak egy esztendő alatt két nyaruk s két télük van; de már a fordulat-körökön lakóknak szint azon négy évszakok van, mint nekünk, csak hogy természetesen, évszakaik melegebbek. — A hő földvön túl mind az éjszakai, mind a déli félgömbön kezdődik a két mérsékelt földvön *abgkh*, és *cdfie*; mindegyik szélessége 43 fokot tesz (a délkör irányában). Az itt lakóknak soha sincs fejpontjuk fölött a nap, hanem a szerint, a mint az egyenlítőtől távolságuk nagyobbodik, mindig kisebb szögletet képez ez (delelése alkalmával) a látkörrel, egyszersemind a láthatár fölötti pályája (télien) mindig rövidebbé lesz; azonban 24 órán túl nem késik soha. Rendes négy évszakasz van; hanem mikor az éjszakai félgömbön nyár, akkor a délin tél van. A nappalok legnagyobb hosszai 13 és $\frac{1}{2}$ órától 24 óráig változók. Magyarország az éjszakai mérsékelt földvön fekszik. Azon földvövek *gkhE*, és *eifD*, melyek a két göncölt köröskörül 23 és $\frac{1}{2}$ foknyi távolságra övedzik, *hidegeknek* mondatnak, melyeknek a mérsékelt földvövet érintő szélein a nappal legnagyobb hossza 24 óra, innen a göncölök felé mindig nagyobbodik ez, úgy, hogy a göncölök alatt a nappal hossza 6 hónap, ugyan enynyi az éjjel is. Itt tehát sajátképen csak egy nap s egy éj van minden évben, hanem mindegyik félévig tart.

1 J. Minél mélyebben hat valaki a hideg földvöbe: tapasztalni fogja, hogy nyáron a nap, téiben az éj annál hosszabb, úgy, hogy péld. Spicberga déli partján tavaszhoz utolsó napjától kezdve, nyárutó közepéig a nap nem is nyugszik le, hanem mint a csillagos ég, minden nap egyszer megkerüli a földet, miből következik, hogy az itteni lakosok árnyékai, minden nap egy egy kört irnak le, s azért ezek *körárnyéklaknak* neveztetnek. Nyárutó közepén kezdődik a nap felköltének s lenyugtának váltogatása, a napok mindinkább rövidülnek, míg végre esztendő elején a nap egészen a látkör alatt marad, s télutó közepéig nem is mutatkozik, a lakosok még mintegy 25 napig (a meddig t. i. a nap a látkör alatti 18° -ra süllyed) a hajnal világa által tápláltatván. Mind ezen tünetényeket földtekéden könnyen kimutathatni.

2 J. A régebbi földrajzírók a földszint több az egyenlítővel közegyenesevökre, melyeket *éghajlatoknak* neveztek, osztották föl, s ezeket úgy határozták meg, hogy nyáron a leghosszabb nap (és így télen a leghosszabb éj) minden következő öv végén fél órával nagyobb legyen, mint volt annak elején. Ily éghajlat az egyenlítőtől kezdve a göncöl körökig 24 van; tehát az első éghajlatban laktak azok, kiknek leghosszabb nappaluk 12 — $12\frac{1}{2}$ óráig, másodikban azok, kiknek leghosszabb nappaluk $12\frac{1}{2}$ órától 13 óráig tartott, és így tovább a 24-ig. E 24-dik éghajlat, mint az imént mondottakból kitetszik, azon körnél végződött, mellynél kezdődik a hideg földvö. Ezen túl már nem fél órai, hanem egy hónapnyi különbségeket vetek föl, s így 25-dik éghajlatnak neveztek a föld azon térszínét, mellyen a leghosszabb nappal 24 órától egy hónapig tartott, és így tovább.

3 J. A hő földvö felülete 3,7, a mérsékeltké 4,8, a hidegeké pedig 0,8 millióm négyszög mérföldet tesz; tehát az első mennyiség az egész földszínek 0,4, a második 0,5, a harmadik 0,1-ét foglalja el. (79.)

85. Az éggömböt a földön levő bizonyos helyre s az év bizonyos napjára úgy állítjuk föl, hogy annak göncöle a kérdésben levő hely földrajzi szélességével egyenlő legyen, a nappála azon pontját, mellyen a nap a keresett időben áll, a rézdélkör alá, vég-

rre e helyzetben az óramutatót 0-ra vagy 12-re viszszük. Ha a helynek 0° szélessége van; akkor az egyenlítő egy pontja foglalja el a látkör fölötti legnagyobb magasságot. A teke illy helyzetét *derék gömbnek* nevezik, mivel mind az egyenlítő, mind az ezzel közegyenes kis körök (mellyeken t. i. a csillagok naponként mozogni látszanak), a látkörrel derék szögletet képeznek. Ha pedig a kérdésbeni hely szélessége 90° : akkor a göncöl legyen a legmagasbban a látkör fölött. A teke ezen fekvését *közegyenes gömbnek* hívjuk, minthogy ebben mind az egyenlítő, mind az előbb mondott kis körök a látkörrel közegyenesek. A hely akármilyen egyéb szélességén az egyenlítő s az ezzel közegyenes kis körök dült szög alatt vágják a látkört, s ezért a tekének e szélességekeni helyzete *dült gömbnek* nevezetik.

1 J. *Égtekédnek derékgömb helyzetet adván, látni fogod:* 1) hogy az egyenlítő s az ezzel közegyenes körök a láthatárral derék szögöt képeznek, és így minden égi test függő irányban emelkedik fel a látkör fölé; 2) hogy a látkör által a tekére rajzolt minden kör két egyenlő részre vágatik, mellyeknek egyike a látkör fölött, másik alatta fekszik; s ebből következhetni, hogy innen a nap s csillagok, mindig 12 óráig látszanak a láthatár fölött, s ugyan addig alatta. *Ha égtekédnek közegyenes gömb-fekrést adsz:* kívülálik, hogy a göncöl alatti lakos (ha van) a csillagokat mindig ugyanazon magasságon maga körül keringeni, továbbá szakadatlanul ugyanazon csillagokat, a nélkül, hogy fel vagy letűnnének, látandja. *Tekédnek dült helyzetet adván, látni fogod,* hogy az egyenlítőnek ugyan fele a láthatár fölött, más fele pedig alatta van, hanem az ezzel közegyenes kis körök közül, némelyek egészen a láthatár fölött (egyik göncöl körül), némelyek egészen alatta (másik göncöl körül) fekszenek, az egyenlítő szomszédságában egyik göncöl felé eső köröknek nagyobb részök van a láthatár fölött, a másik göncöl felé esőknek pedig nagyobb részök van a láthatár alatt. Ebből következethet, hogy azoknak, kiknek az ég illy helyzetben tűnik fel, csak az egyenlítőn levő csillagok látszanak minden nap 12 óráig a láthatár fölött, — az egyik göncöl szomszédságában levők napi pályáikat egészen a látkör fölött, a másik göncöl szomszédságában levők pedig, egészen a látkör alatt vérezik, — az egyenlítőhöz közelebb álló csillagok annak egyik felén 12 óránál tovább, másik felén pedig 12 óránál keveseb ideig fénylenek a láthatár fölött, — a nappal csak akkor egyenlő az éjjel, ha a nap az egyenlítőn van, egyébkor pedig annál hosszabb vagy rövidebb.

2 J. *Néhány föladat.* I) *A látkör mi pontján kel s nyugszik a nap tavasz hó 1-én, a midőn az már a bika jegy tizedik fokát elérte?* — A nap nevezett helyét a látkörbe viszszük a keleti pont szomszédságába; aztán átvisszük azt a nyugoti pont szomszédságában levő látkörbe; aztán a látkörön megszámlálva a fokokat, mellyek a keleti s nyugoti pont és a nap közt fekszenek, ezzel a kérdést megfejtettük. II) *A nevezett napon meddig késik a nap a látkör fölött?* A nap helyét a rézdélkör alá viszszük, az óramutatót a 12-re igazítjuk; innen a nap helyét a nyugoti látkörbe viszszük: akkor a mutató által elfoglalt órák számát kétszerezvén, a nap keresett hosszúságát kitaláljuk. III) *Ugyan tavasz hó 1-ső napján mekkora a nap magassága délelőtti 9 órakor?* A nap már sokszor említett pontját a délkör alá, az óramutatót 12-re viszszük, s ekkor mindaddig mozgatjuk a gömböt, míg a mutató délelőtti 9 órára nem ér. Ekkor a gömböt mozdulatlaná tévén, s a gömb rézkörnegyedét a gömb legmagasb pontjára alkalmazván, ezt a nap helyén keresztlül a látkörre viszszük; mi megtevén, a látkörtől a nap helyéig számlált fokok, a keresett magasságot kimutatják. IV) *Mekkora a nap délmezssze tavasz hó 1-ső napján délelőtti 9 órakor?* Mivel egy csillag délmezssze nem egyéb, mint annak a délponttól távolsága, vagy a látkörnek azon karélya, melly a csillag függélyes köre, s a délkör között van: azon ponttól, mellyen a réz körnegyed (mellyet az ímént mondott

mód szerint kell a gömbre alkalmazni) a látkört érinti, e látkörnek a délpon-
túg terjedő fokait megszámlálják, ez a nap délmeszszét kimutatandja. V) *Ta-
vazshó 1-én hány óraker kel s nyugszik Sirius?* A nap álláspontját a rézdélkör
alá vivén, az óramutatót 12-re alkalmazom, aztán a gömböt mindaddig moz-
gatom, míg csak Sirius a keleti látkört el nem éri. A mutatót által elvégzett
órák kimutatják Sirius keltének idejét. VI) *Mutasd ki a csillagos ég látható ré-
szét nyárutó 1-én esti 10 óraker.* Emeld az illető göncölt a hely szélességéhez
képest, továbbá olvasd el a látkörön a nap állását nyárutó 1-én, s ezt a nap-
pályán kikeresvén, a nappála ezen pontját vidd a rézdélkör alá; ekkor az óra-
mutatót 12-re igazítván, forgasd a tekét mind addig, míg az óramutató esteli
10-et nem mutat. Ez lesz a csillagos ég állása a kívánt időben. Ha még del-
ejtű segítségével úgy állítod tekédet, hogy ennek tengelye (nálunk) 15 és $\frac{1}{2}$
foknyira álljon a delejtű irányától kelet felé; más szóval, ha tekéd éjszakai
göncölét az ég éjszakai göncölére irányozod; ekkor tekéd minden csillagai tel-
jesen megfelelnek az ég csillagainak, tekéden delelő csillag épen delel az égen
is, tekéden a látkörben levő csillagok épen kelnek az égen is, és így tovább.
A teke illy fölállítását tehát a csillagos ég megismerésére nagy sikerrel hasz-
nálhatni. VII) *47° 20' földrajzi szélességen tavaszutó 1-ső napján mikor kel föl,
delel és nyugszik Arktur?* Fölállítván a tekét szabályszerűleg s Arkturt te-
kéden fölkeresvén, vidd ezt a látkör keleti pontja alá. Ekkor az óramuta-
tó a kelet idejét mutatandja. Most innen Arkturt délkör alá vivén, az óra-
mutató a delelés idejét, majd ugyanazt a nyugoti láthatárba vivén, az óramutató
a nyugot idejét mutatandja.— Jegyezzük meg, hogy sok tekén óramutató nincs.
E hiányon könnyen segíthetsz, ha az alatt, míg p. tekéd egy pontját a réz-
délkör alul a keleti vagy nyugoti látkörbe stb. viszed, vigyázzs, hány délkör
megy által rézdélköröd alatt. Illyen délkör ugyanis 24 levén a gömbre raj-
zolva, tehát anynyi a hány óra van egy napban, e délkörök megjegyzett szá-
ma a keresett órákat közvetlenül adandja.

Holdat illető észrevételek. 86. A mit főlebb a napról mond-
tunk, t. i. hogy az mindennapi mozgásával ellenkezően is, azaz,
nyugottól kelet felé mozog; az igaz a holdról is. Ha őt tegnap a
szűz csillagánál láttuk; ma már ezt kelet felé elhagyta. Így megy
ez mindennap, úgy, hogy körülbelül 4 hét alatt jön vissza oda,
a honnan kiindult = 27,32 nap = 27 nap, 7 óra 43' 11" alatt, s a
hold ezen kerengését *csillagkerengésnek* nevezzük, azaz, enynyi
idő alatt megy az vissza a csillaghoz, mellytől elindult. A *hold-
pálya* sikkja $5^{\circ}144$ szöglet alatt dül a nappályaéra. Azon egyenes
vonalt, mellyben e két sikk egymást vágja, csomók vonalának, je-
lesül azon pontot, mellyről a hold a nappályától éjszak felé emel-
kedik, *hágó csomónak* = Ω , azon pontot pedig, mellyről a nap-
pályától dél felé süllyed, *szálló csomónak* = Υ nevezzük. Nem
állandók e csomók, hanem keletről nyugot felé haladók, úgy, hogy
e haladás minden kerengés alatt körülbelül 1° -t tesz, s e szerint
egy napra esik $0^{\circ}0569$.

De forog is hold (t. i. tengelye körül), mit onnan tudunk,
hogy egész kerengése alatt, felénk mindig ugyanazon felszínét for-
ditja, mit bizonyos foltjairól vehetünk észre. Ugyan is (61 kép)
egy szembetűnő foltját megjegyezvén, ez A-nál a-ban, B-nél a'-ban,
C-nél a''-ban, D-nél a'''-ban mutatkozik, tehát mindig annak köz-
pontja táján. Ebből következik, hogy forgása ideje, egyenlő ke-
rengése idejével.

87. Minthogy a hold a föld körül, ez pedig a holddal együtt
a nap körül kereng: kell oly időnek lenni, mellyben a hold, a

föld és nap között foglaljon helyt, majd máskor földünk álljon a nap és hold között; az előbbi helyzetet *összszelvénynek*, ez utóbbit *szemközltétnek* nevezzük, amabban a nap sugarai a holdnak tőlünk elfordult részét világosítják meg, s ezért ezt nem láthatni, emebben pedig felénk fordult része van megvilágítva, azért látható is. E szerint a szemközltétben, midőn a hold naplementkor kel, fénytányér gyanánt látszik az égen, s ez időt nevezük *holdtöltének*. A mint naponként mind inkább halad kelet felé: mindennap körülbelül egy órával kel későbbben, de egyszersmind nyugoti vagy jobb oldalán, folyvást több több fényt veszít, míg egy hét mulva az úgy nevezett *utolsó negyedben*, éjjel tájban kelvén, nekünk a nap által megvilágosított tányérának csak felét mutatja. A mint naponként ismét későbbben kel, s az éjnek utolsó óráin tündöklök: fénye mindig kisebb kisebb térbe szorulni látszik, míg $14\frac{1}{2}$ nap mulva, az úgy nevezett *új holdban* egészen elenyészik, a nappal egy időben kelvén. 3-4 napi homálya után nyugoti párkányán a nap keleti oldala mellett ismét egy kis fényt kezd mutatni, melly a szerint, a mint a napnál időnkint későbbben kel, s nyugszik, naponként növekedik, míg az első negyedben feltányéra ismét világossá lesz, délben kel s éjjelkor nyugszik. Ekkor a hold fényét egyenes vonal zárja be (m_2) melly későbbben domboru vonallá válik, míg végre az új holdtól számlálendő $14\frac{1}{2}$ nap elteltével újra egész fénytányérát mutatja. A hold ezen fényváltozatának tünetényeit könnyű a 61 képből kimagyarázni. S a napot T a földet A, B, C, D a holdat jegyezi négy állomásain. Már, minthogy egy homályos gömbnek egyszerre csak fele világosíthatik meg: látni való, hogy B -ben *hold újságnak*, D -ben *hold töltének*, C -ben s A -ban *első s utolsó negyednek* kell lenni. A hold ezen fényváltozataiból egyenesen lehet a hold gömbidomára következtést húzni; mert ha hold tányéralaku volna: ezen változatoknak egészen másként kellene mutatkozni (n_2).

m_2) Azon pillanatnak, mellyen a hold első vagy utolsó negyedét eléri, szabatos megjegyzése, egyszerű módot nyújt a nap földtől távolságának meghatározására. A nevezett negyedik bejöttének ezen pillanatát arról ösmerjük meg, hogy akkor a hold homályos felét világos felétől egyenes vonal választja el. Ekkor (62 kép) a nap N , föld F , s hold H egy derékszögű \triangle -et képeznek, még pedig úgy, hogy a hold áll a derékszögleten. Már ha e pillanatban megmérjük azon szögletet, mellyet a földről a napra s holdra húzott vonalok képeznek, s e szögletet $89^\circ 51'$ találjuk: a napnak földtől távolsága D -nek, a holdnak a földtől távolsága d -nek neveztetvén, lesz $D : d = 1 : \cos 89^\circ 51'$, vagy $\frac{D}{d} = \frac{1}{\cos 89^\circ 51'} = \frac{1}{0,002618} = 382$ (szinte), azaz, a nap tőlünk 382-szer van távolabb mint a hold. Minthogy (k_2 szerint), a hold tőlünk 50000 mérföldre van: ebből következik, hogy a nap földünkől körülbelül $19\frac{1}{2}$ millió földrajzi mföldre van távol.

n_2) A hold fényváltozatai minden következő esztendőben 11 nappal hamarabb esnek, mert $\frac{365}{29\frac{1}{2}} = 12$, s még fenmarad 10,87 nap. Már minthogy 19 napév akkora, mint a holdnak 235 csillag-kerengése (86): innen következik, hogy 19 év mulva a holdtöltök s újságok a hónap ugyanazon napjaira esnek. A

1 J. A hold lakosai színt ilyen fényváltozatot vesznek észre földünkön. B-ben a hold újsága alkalmával nekik *föld-töltök* van; D-ben hold tölte alkalmával *föld újságuk* stb. Már mivel földünk, mint alább következni fog, a holdnál sokkal nagyobb: föld töltekor földünk tányéra 13-szor látszik nagyobb-nak a hold lakosai előtt, mint előttünk a hold, telte alkalmával. A föld ezen fénye oly erős, hogy viszszaelvetlett sugarait hold újságakor, ennek sötét tányerán észrevehetni. Mivel a hold forgása s kerengése egy idő alatt végződik: következik, hogy a hold egyik félgömbének lakosai, földünket soha sem látják.

2 J. Nevezetes a hold azon tűneménye, melyet a köz nép is ösmer, t. i. hogy a tele hold télen, kivált tél kezdetén sokkal hosszabb ideig világít a láthatár fölött, mint nyáron, kivált nyár elején. Ugyanis tél elején a tele hold mintegy 4 órákor estve nap lement után mindjárt feljön, s reggel 8 óra tájban megy le, és így 16—17 óráig van fön a láthatár fölött; ellenben nyár elején fölkel a tele hold mintegy 8 órákor, s már reggeli 4 órára, mikor a nap fölkel, lement, következőleg csak 7—8 órát késik a láthatár fölött. Általában leghosszabb a tele hold világitása, ha az épen tél kezdetére, ellenben legrövidebb, ha ugyanaz a nyár kezdetére esik; a szerint, a mint az a tél s nyár kezdet pontjaitól távolabb esik, téli világitásának ideje kisebbedik, nyári világitásának ideje pedig nő. E tűneményt e következő, s már ösmeretes adatokból kimagyarázhatjuk. Holdtöltekor, a mint a legközelebbi képből láthatjuk, a hold szemközt áll a nappal, tehát 180° -nyi távolságra egymástól; s ha fölveszszük, hogy a hold a nappályán kereng, (mit azon kis szög-nél fogva, melyet a nap s holdpálya egymással képeznek, tehetünk): akkor bizonyos, hogy télen, mikor a nap a téli fordulat-ponton (bak jegyében) van; a hold ettől 180° -nyi távolságra, azaz az éjszaki fordulat-ponton (rák jegyében) tartozik lenni, s így természetesen, hogy azon utat irandja le a láthatár fölött, melyet leír a nap nyár elején. Világos ebből, hogy nyáron a dolognak megfordítva kell állni, mert ha ekkor hold tölte van, a hold a déli fordulatkörön mozog. Könynyű ez egész tűneményt egy ég vagy földtekén kimutatni, úgy t. i. hogy a déli fordulat-pontot a rézdélkör alá vivén, az óramutatót 12-re igazítod; aztán e fordulatpontot egész a látkörig vivén, az óramutatót nézed; a mutatott órák kétszerezett száma fogja azon időt kijelölni, melyben a teli hold nyáron a láthatár fölött fénylik. Ellenben, ha az éjszaki fordulatpontot viszed, mint előbb, a rézdélkör alá, s innen (miután az óramutatót szinte 12-re igazítottad) a látkörig: a mutatott órák kétszerezett száma adandja azon időt, a meddig télben a teli hold a látkör fölött fénylik. Még szabatosabb lesz az eredmény, ha nem a déli s éjszaki fordulatpontokat, hanem e pontoktól dél s éjszak felé a rézdélkörrel kitalálható, 5° -nyi távolságra eső pontokat viszed, a rézdélkör alul a látkör alá; mit azért kell tenni, minthogy a hold és nappálya mintegy 5° -nyi szögöt képeznek egymással.

3 J. Nevezetes különbség vétetett észre az őszi és tavaszi tele hold között is. T. i. az őszi tele hold több napokig egymásután, mindig csaknem ugyanazon időben kel föl, midőn egyébkor minden következő napon rendszeresen 50 első perccel, a tavaszi hold pedig minden nap körülbelül 1 óra s 15 el-

hold fényváltozatainak ezen körszakát *holdkörnek*, azon számot pedig, mely azt mutatja, egy holdkörnek hányadik éve járja az adott vagy keresett esztendőben, *arany számnak* nevezetik. Keresztyén idő számlálásunk szerinti első év e holdkörben második volt: ezért ha tudni akarjuk, mi például 1842-dik évek aranszáma, e számhoz 1-t kell adnunk, s ez összeget 19-el elosztanunk; a hányados (97) mutatja hány holdkör folyt le már Krisztus születése óta; s ha 19-el elosztás után semmi sem marad fen: akkor a keresett esztendő aranszáma 19. Ha pedig marad fen valami: akkor e maradék lesz az adott esztendő keresett aranszáma. Péld. mennyi az aranszáma 1800-

nak? lesz $1801 : 19 = 94 \frac{15}{19}$. A keresett aranszám tehát 15.

55 perccel kel föl későbbben, s ez így megy körülbelül 4 nap. E tűnemény felfogása végeztél állítsuk föl égtékénket valami helyhez például Pápához képest (85). -- Ha ezt mondom: *őszi tele hold*: már akkor tudom, hogy a nap az őszi, a hold pedig a tavaszi ponton szemközt állnak. Mind a nap, mind a hold kelet felé mozognak pályáikon: hanem mivel a nap egy év, a hold pedig egy hónap alatt végzi pályáját; természetes, hogy a hold a napot jóval maga után hagyja, nevezetesen (o_2) 12,2° a napnak a holdtól naponkénti elmaradása. Most képzeljük a holdat a nappályán mozogni (mit azon szögletnek, melyet a nap és holdpálya egymással képeznek, kicsinysége miatt tehetünk); továbbá a nappályán a tavaszi ponttól kezdve, iracsccsal jegyezzük meg a 12,2°-t, aztán a 24,4°-t, végre a 36,6°-t, mint azon pontokat, melyeken a hold 1-ső, 2-dik s 3-dik nap áll, s vigyük a 36,6; 24,4; 12,2; végre a 0°-t a keleti láthatár alá, egyszerismind az óramutatón nézzük, hány óra telt el az alatt, míg a teke a 36°-tól 24°-ig, innen ismét 12°-ig stb. kelet felé forgattott: ebből meglátjuk a hold keltének naponkénti különbségeit, nevezetesen meglátjuk, hogy az körülbelül egy óra negyedet teszen. Tavaszi holdtöltekor a nap az őszi ponton, vagy ehez közel áll; itt is tegyük úgy, mint előbb a tavaszi pontnál, azaz iracsccsal jegyezzük meg az őszi ponttól kezdve a 12°, 24°, 36°-kat, s egymásután a 36, 24, 12, 0°-kat a keleti láthatárba vivén, vigyázzunk az óramutatóra: meglátjuk, hogy ezen egyes pontok közt eltelt óra, mintegy öt óranegyedet teszen. E tűnemény okát mindjárt belátjuk, mihelyt azon szögletet, melyet képez a nappályának tavaszi pontját környező része a keleti láthatárral, azon szöglettel egybehasonlítjuk, melyet a nappályának őszi pontját környező része, szinte a keleti láthatárral képez; amaz igen sokkal kisebb mint ez, következőleg a nappálya egyenlő nagyságu karélya, hamarabb a láthatár alá ér az első, mint az utolsó esetben...Már, mivel a hold minden hónapban van egyszer az őszi és tavaszi pontokon: ebből következik, hogy e tűneménynek minden hónapban elő kell jöni, *csak hogy nem holdtöltekor*; s ép e körülmény oka annak, hogy a negyedekben vagy újságkor e valóssággal megesett tűnemény nem tűnven föl, olly közönségesen nem is véte-tett észre.

88. Azon időt, mely alatt a hold föld körüli pályáját egyszer bevégzi *hónapnak* nevezzük, s ez a szerint a mint mozdulatlan vagy mozgó, még pedig különbözően mozgó égi testekhez vagy pontokhoz méretik, különböző hosszúságu. A *csillagirányi* hónapot, az az, azon időt, mely alatt a hold ugyanazon álló csillaghoz, melytől elindult volt, vissza ér, már főlebb (86) említettük. Ez álló csillagon kívül a többi pontok, melyekhez a hold állása méretik, mind változók. Ilyenek p. a napéjegyen pontja, holdpálya csomója, s a nap. Ezeknek változását a főlebbiekből (83. J. 80, 86) tudjuk. *Napéjegyeni hónap* azon idő, mely alatt a hold a tavaszi napéjegyen pontjára visszaér, s tesz 27 nap 7 óra 43' 4,6". *Csomóhónap* azon idő, mely alatt a hold péld. hágó csomójára visszajut, s tesz 27 nap 5 óra 5' 49". Végre *napirányi hónap* azon idő, mely alatt a hold ismét visszaér a naphoz, úgy, hogy föld, hold, nap egyenes vonalba essenek, s ez 29 nap 12 óra 44' 2,8", vagy kerek számmal 29½ nap alatt történik. Innen van, hogy holdtöltétől hold-újságig mintegy 12¾ nap foly le (o_2).

o_2) E tűnemény okát a 63 képből könnyen beláthatni. A föld F-ben, hold H-ban, nap N-ben van. 27,32 nap alatt visszajön a hold oda, honnan kiindult, t. i. H-ba. Hanem e 27 nap a körülbelül 27° t haladt, és így a holdnak még előbb HL utat végeznie kell, hogy nap, hold, föld egyenes

89. Tudjuk, hogy néha olyankor is elmúlik, vagy kisebb lesz a hold világa, mikor különben holdtölte van; e tüneményt *holdfogyatkozásnak* nevezzük. Miután láttuk (87), hogy a hold fényét egyenesen a nap sugarai okozzák: e holdfogyatkozásnak egyéb okát nem gondolhatjuk, mint azt, hogy valami átlátszatlan sötét test nem bocsátja a nap minden sugarait a hold félgömbére. A nap és hold között csak a föld van, és így bizonyosan a föld az, mely nem ereszti a nap sugarait a holdra, azaz, a föld árnyéka a hold megvilágított tányérát vagy egészben, vagy csak részben meghomályosítja p_2). Ez valóssággal úgy is van. E szerint a 64 képből világos lesz e tünemény. N napot, F földet, H holdat jelöl, s a hold, mint látjuk, szemköztlében a naptól 180° -nyi hosszúságra van. Természetes, hogy e holdfogyatkozás csak akkor lehet, ha a nap, föld és hold egyenes vonalban vannak. Ha éppen központjaik egyenes vonalba esnek: akkor a holdból semmi sem látszik, azaz a fogyatkozás teljes. De ha nem éppen központjaik esnek egyenes vonalba, hanem a nap és föld központján keresztül húzott egyenes vonal péld. a holdgömbnek jobb vagy bal felére esik: akkor egy része látszani fog a hold tányérának, (ha ugyan a föld árnyéka nem fedhette azt el egészen), s ekkor a holdfogyatkozás részlegesnek mondatik q_2)

vonalba esenek. A hold egy nap alatt $\left(\frac{360}{27,32} = \right) 13^\circ,18$ karélyt fut által, a nap ugyan egy nap alatt $\left(\frac{360}{365,24} = \right) 0,98$ foknyi karélyt, következésképp a hold valóságos haladása, vagy is azon út, melyre ez a napot elhagyja = $13,18^\circ - 0,98^\circ = 12,20^\circ$. E szerint $\frac{360}{12,20} = 29,5$ n (mintegy) s ez a hold napirányi hónapja.

p_2) Ez esetben a föld árnyékának nagyobbnak kell lenni, mint a hold távolságának a földtől. Mindenek előtt tehát a föld árnyéka hosszát kell meghatározunk. Legyen N (64 kép) nap, F föld, FC = x a földárny hossza; NU a nap, AF a föld félátmérete, mely, a mint alább meglátandjuk, amannál 110-szer kisebb. Már itt minthogy $CNU \triangle \sim CFA \triangle$: áll ez arány: NU : AF = NC : FC, vagy $110 : 1 = NF + x : x$, következésképp $110 x = NF + x$, $109 x = NF$, s innen $x = \frac{NF}{109} = \frac{20000000}{109} = 183486$ mérföld. Lehet tehát holdfogyatkozás, mivel tölünk a hold mintegy 50000 mérföldnyire van. Innen kiszámíthatni azt is, hogy a föld kupárnyékának szélessége, ott hol ezt a holdpálya keresztül vágja, körülbelül = $2\frac{2}{3}$ holdátmérő, vagyis 1240 mérföld.

q_2) Hogy a földárny szélessége, s a hold félátmérete fontos részt vesznek a fogyatkozásban: az világos, hanem még egyebekre is kell figyelmeztetnünk. A fogyatkozást nem a föld központjáról, hanem felszínéről nézzük: ezért a fogyatkozás függ a nap s hold küllejétől is. A 65 képen π a nap, p pedig a hold földszintű küllejét, x a fogyatkozás határát, α a nap látszó félátméretét jegyezi. Most a holdfogyatkozás határát kifejezendők vegyük föl AFH \triangle -t, ennek AF oldalát megnyújtván, ebben $\alpha + x$ külső szögletek = $p + x$ belső szögletekkel, (Mértan 88 §) következésképp, $x = p + \alpha - \epsilon$. Hanem mivel ezen egyenlet a fogyatkozást a hold központjára számította, az pedig világos, hogy annak, míg csak egy kis része árnyékban van is, tar-

1 *J.* Ha a holdpálya a nappályával közegyes volna: akkor minden hold-tölte alkalmával, s így minden hónapban egyszer kellene holdfogyatkozásnak lenni. De mivel ezen két pálya egymásra 5° szöglet alatt dül (86): a hold többnyire e kupárny fölött vagy alatt megy el, a nélkül, hogy azt érintené. Tehát, fogyatkozás csak akkor lehet, ha töltekor a hold egyszersmind közel áll csomójához, vagy éppen csomójában van, (mert csak ekkor lehet a mondott három test egyenes vonalban) s ez közép számmal 18 év alatt 29-szer történik.

2 *J.* A holdfogyatkozást a földnek mind azon lakosi, kik a holdat látják, ugyanazon időben veszik észre; mert a holdfogyatkozás onnan származik, hogy arra a közbe jövő föld miatt a nap sugárai nem mehetnek; s innen következik, hogy a hold meg nem világosított részét senki sem láthatja. Másként van ez a napfogyatkozásnál, melynek oka nem az, hogy tán a nap elfogy, hanem az, hogy a fénylő napot nem láthatjuk földszínünk azon helyéről, melyre a hold árnyéka ér.

3 *J.* Ha a napirányi hónapot a csomó hónappal egybe hasonlítjuk: kijön, hogy 223 amabból, 242 ebből 6855 napot tesz, vagyis 18 juliusi évet, s 11 napot. Innen következik, hogy 18 év s 11 nap múlva, a nap, hold s ennek csomói, éppen azon helyzetben lesznek egymás iránt, melyben ezen korszak elején voltak. Minthogy pedig a fogyatkozások éppen e helyzetűtől függenek: e korszakkal (*Chaldaeanak* nevezték) már a régiek egyszerűen megtudták a fogyatkozásokat előre határozni. Mert ha a fogyatkozás följegyzett idejéhez 18 évet s 11 napot adtak: akkor ugyanezen fogyatkozásnak be kellett teljesedni.

90. Az is megtörténik, hogy a nap fényét, bár kis időre, nappal sem látjuk. Ha a nap saját világosságát bocsátja minden felé, és szakadatlanul: akkor annak oka, hogy bizonyos időkben a nap különben fényes tányéra előttünk egyes helyeken sötétnek látszik, egyéb nem lehet, mint az, hogy valami sötét test éppen úgy állt a föld és nap közé, mint előbb állott a föld a nap és hold közé. És ez valósággal úgy is van, mert a hold az, mely bizonyos időkben úgy állván a nap és földünk között, hogy a három test egyenes vonalt képezzen, ez által akadályozva leszünk a nap egész tányéra láthatásában, mely tünetényt *napfogyatkozásnak* neveznek. Könnyű ezt a 66 képből képzelni, hol *N* napot, *AB* holdpályát, *H* holdat, *F* földet jegyezi. Kupárnyát *mel*, a hold a földre veti: hanem mivel a hold földünknel sokkal kisebb; kupárnya sem oly hosszú, sem oly széles nem lehet, mint a föld árnyéka. Mivel továbbá az említett kupárny körülbelül a föld felszínét éri: világos, hogy ez soha az egész föld előtt a napot el nem takarhatja.

Mondhatjuk tehát, hogy napfogyatkozás akkor van, ha a hold csomóiban, vagy csomói körül összejeövetben áll. Minthogy a holdpálya oly köröny, melynek tűzpontján a föld van: az ezen mozgó hold látszó átmérője, a szerint, a mint az most tőlünk távolabb, vagy hozzánk közelebb van, változik, úgy, hogy ennek határait 1006'' és 882'' teszik, midőn a nap tetsző átmérője csak nem mindig 963'' tesz (haugyan a nappálya köröny-alakja, nagyon keveset tér el a körtől). Már ha ujságakor megý át a hold a nap tányérán; azon esetre, ha ennek félátmérője, amannak félátmérő-

tani kell: az egyenlet utóbbi tagjához a hold látszó félátmérőjét is hozzá kell adni, tehát e következő képlet fogja a fogyatkozás határát kifejezni: $x = p + \pi - a + h$.

jénél kisebb, és ha a mondott 3 test központjai egyenes vonalt képeznek: azoknak, kik épen ez egyenes vonal irányában állunk, teljes napfogyatkozásunk lesz; ha pedig a hold félátmérete kisebb a nap félátméreténél, nem fogja az ezt tökéletesen elfedni, a napot gyűrű alakban tüntetvén elő. Végre, ha, a mi leggyakoribb, a hold nem a nap közepén, hanem csak oldalán megy által: a napfogyatkozás részleges lesz r_2).

1 J. Csaknem minden esztendőn több napfogyatkozás van, mint holdfogyatkozás. Oka az, mert L_6 körív = 33° ; Hd körív pedig = 24° , tehát annak határa ezénél nagyobb; továbbá a nap mozgása lassabb, következőleg míg a nap ezen köríven halad (mintegy 34 nap), az alatt a hold kétszer képezhet öszszejevetet, s így két holdújság eshetik. De holdtöltekor 24 nap múlva, a földárny kívül van a nevezett 24° köríven, következőleg már fogyatkozás nem lehet. Ebből, ha még azt is meggondoljuk, hogy a nap egy év alatt csak kétszer lehet a csomókban, láthatni, hogy egy év alatt legfeljebb 4 nap, s 2 holdfogyatkozás lehet.

2 J. Keletindiában maig is azt hiszik, hogy fogyatkozáskor valami rossz lélek terjeszti ki fekete szárnyait a nap vagy hold elé, hogy ezeket az égről lehúzhassa. Ezért India lakosai fogyatkozások alkalmával a folyamokba futnak, s ezekbe egész nyakig búvnak, így gondolván magokat a rossz lélek támadásaitól megőrizhetni. Afrika nyugoti partjain lakók pedig azt hiszik, hogy a fogyatkozás alkalmával egy nagy fekete macska teszi lábait a napra vagy holdra. Egyébiránt illy forma babonás hit Európában is hallható, kivált a köznép szájában, sőt alig egy századja, hogy művelt emberek sem voltak mentek efféle képtelenségektől. 1706 tavaszutó 12-én egy nagy napfogyatkozás volt Európában látható, úgy hogy azon helyeken, mellyeken ez teljesnek mutatkozott 5'-ig tökéletes sötétség volt, olvasni, vagy egymás mellett levőknek egymást megösmerni nem lehetett, a bolygókat, s nagyobb álló csillagokat világosan lehetett látni stb. stb. Ekkor művelt társaságokban, sőt egyetemekben is közbeszéd s okoskodás tárgya volt azon helyes kód, mely akkor, s általában minden fogyatkozáskor a földre hull; ezért a kútakat gondosan betakarni, a barmokat az istállóba behajtani stb. kellett. 1836-ki napfogyatkozás alkalmával hazánkban is több városokban betakartattak a kútakat, behajtottak a csordák, s az illy rendeletek mivel állnak főleg az elébb említett ázsiai képtelenségeknél?

Bolygók körüli észrevételek. 91. Láttuk főleg, hogy az egész ég minden csillagaival naponként keletről nyugot felé fordulni látszik. Hanem ha e csillagokat egyenként közelebről megvizsgáljuk: úgy látszik, hogy néhány az égnek e közös nyugalmából kivételve van. Midőn a nagyobb rész állandóan megtartja azon helyzetet, egymás iránti viszonyt s távolságot, melyet rajtok egyszer vagy másszor megjegyztünk (egyenes vonalt vagy három-

r_2) Azon helyek a földön, mellyek a holdárny *no* átmetszetének irányába esnek, teljes fogyatkozást, *n* és *o* pontokhoz közel levők részlegest, végre a távolabb levők semmi fogyatkozást nem látandnak. Újságakor minél távolabb van a hold a földtől: annak árnya ennek felszínén annál kisebb tért fog elfoglalni. Ha pedig olly nagy a hold távolsága, hogy a holdárny csücske a földszint nem is éri: azon helyekre nézve, mellyek a holdárny megnyújtott tengelyének irányában fekszenek, központi, egyszersmind gyűrű alaku fogyatkozásnak kell mutatkoznia. A napfogyatkozások határát épen úgy határozzuk meg, mint elébb a holdét. Ugyanis a 65 képen LFN szöglet = $AFN + AFL = \alpha + AFL$. Úgy de $AFL = FLH - LAF$ (Mian 88) = $p - \pi$. Tehát hozzá adván még a nap tetsző félátméretjét = n , a napfogyatkozás határát (= $LFN = y$) e képlet fejezi ki: $y = \alpha + p - \pi + n$.

szöveget, vagy négyszöveget képező csillagok e formát soha sem változtatják): vannak olyanok is, melyek helyüket változtatják, s különböző sebességgel, különböző irányban egyik csillagtól a másik felé vándorolni látszanak. Ezért e csillagokat *bolygóknak* (planeta) nevezték. Kisebb nagyobb körrel alakban mutatkoznak, mint-hogy sokkal közelebb vannak, mint azon álló csillagok, melyek épen szörnyű távolságuknál fogva igen kis pontoknak tetszenek. Pusztaszemmel 5 ill. bolgót tudunk megkülönböztetni, t. i. 1) a *hajnalcsillagot* vagy *hölgyet* (Venus), 2) *hírnököt* (Merkur), 3) *hóst* vagy *hadúrt* (Mars), 4) *menyür*t (Jupiter), 5) *öväncöt* (Saturnus). Ezekről renddel.

92. Legfényesebb bolygó a *hölgy*. Ez soha a naptól messze nem távozik. Ha ma nyugot táján a lenyugvó naphoz közel mutatkozott: megelőzi ugyan a kelet felé haladó napot, s így a következő napokon tovább fénylik látkörünkön a nap lenyugta után, hanem ez a naptól távozása véget érven, újra ehez közeledik, szomszédságában láthatatlanná leszen, majd a nap nyugoti oldalán mutatkozván, napkelet előtt fénylő keleti csillaggá válik, végre ez irányból is, bizonyos távolságra érte után, újra visszafordul. Váltakozva így közeledvén s távozván a naptól, az álló csillagokra nézve más-más helyzetet vesz föl.

A hölgyéhez hasonló mozgása van a *hírnöknek*. Ez is mindig a nap körül bolyong; a naphoz mind inkább közeledik, majd a nap másik oldalán jelen meg, majd ismét visszafordul, tányéra előtt át megy, és így tovább. Szintúgy lehetne ezt is reggeli s estéli hajnalcsillagnak nevezni (lucifer, hesperus): hanem mivel ez soha annyira a naptól nem távozik, mint a hajnalcsillag; nincs is akkora fénye, mint emennek: ezért ritkán, s mindig csak hajnalban látható, midőn a hajnalcsillag, gyakran a hajnal multa után is elég ideig mutatkozik.

E két bolygót, mint a melyek mindig a nap s föld között bolyongnak, *alsóknak* nevezik; a következők *felsőknak* hivatnak. Amazok soha szemköztlétben nincsenek, hanem két (felső és alsó) összejövetlen.

93. A *felső bolygók* különös törvényt látszanak mozgásaikban követni. Ha a *hős* éjféli tájban délkörünkben mutatkozik: valamit csaknem minden éjjel nyugot felé hátrálni látszik; majd mozgása lassúdván, megfordul, a naptól beéretvén egy darabig elenyészik, későbbben a reggeli hajnalban nap felkölte előtt mutatkozik, végre ezen kelet felé irányzott mozgása lassúdván, ismét nyugot felé fordul. Nyugoti irányú mozgása *hátrálónak*, a keleti irányú pedig *haladónak* mondatik, s amabban legerősb fényünek látszik.

Lényegére nézve az előadotthoz hasonló mozgást mutat a *menyür*. Azonban van négy (puszta szemmel láthatlan) kísérője, melyeket a menyür holdjainak neveznek, s melyek közül egyik vagy másik a menyür árnyéka által néha fogyatkozást szenved, épen, mint holdunk a föld árnya által. Egyik vagy másik e kísérők közül a menyür tányéra előtt megy el, melly alkalommal jó távcső segítségével láthatni annak a menyürre vetett árnyékát, s így következtethetni, hogy ezen kísérőknek sines saját világosságuk,

Szintolly mozgást mutat az *övänc*, mint a hős s menynyúr; ezen kívül egy saját (puszta szemmel láthatlan) fénygyűrűje van, melynek központján mintegy szabadon úszni látszik. Láthatni e fénygyűrűn az *övänc* árnyékát, melyből ennek sötét természetére következtetést húzhatni.

1 J. 1781-ben fedezte föl *Herschel* a csillagok közt igen lassan mozgó *végört* (Uranus). Ennek 6 kísérője van, melyek közül 4-et, minthogy igen kicsinyek, s távol vannak, csak igen jó távcsővel láthatni.

2 J. *Csillányok* neve alatt azon 4 bolygót értjük, melyek az állatkörön kívül, a többi csillagok közt bujdosni látszanak, s e század elején fedeztetek föl, jelesen: *Ceres* 1801-ben *Piazzi* által, *Pallas* 1802-ben *Olbers* által, *Juno* 1804-ben *Harding* által, *Vesta* 1807-ben *Olbers* által. E négy bolygó kicsinysége mellett oly távol van földünk-től, hogy csak igen jó távcsővel láthatók, s mivel a naptól egyenlő távolságra állnak, innen gyanítja *Olbers*, hogy azok egy nagyobb szétpattant bolygó darabjai (bolygó-szilakok).

94. Az üstökösök egyébkép a bolygókhoz hasonló égi testek, csupán hogy többnyire egy farkformára kinyúló, de néha gömbalaku fényköddel vannak ellátva. A tudatlanság sok ideig veszedelmes történetek hírnökeinek tartotta ez égi testeket: hanem *Halley* a nagy csillagász, közelebről megösmertette ezeket is az emberiséggel, egyszersmind többeknek útát szabatosan meghatározta. Egy üstökösnek újra megjelentét 70 évvel előbb megmondta, s nem csalatkozott; az üstökös 1759-ben tűnt fel, s mivel körpályája végezése 50—70 évet kíván, 1835-ben újra visszaszájött. Van az üstökösöknek bizonyos sötét magvok vagy belők, mint ezt az 1807, s 1811-ki üstökösökön világosan lehet látni. Légköreik a menynyúr holdjai légköreihez igen hasonlók, azért bátran állíthatni, hogy az üstökösök természete ugyanaz, a mi a bolygóké. Azon fényköd, mely őket környezi, több ezer mérföldkre terjed. Az 1769-ki üstökös fényfarka 40 millió mérföldnyi volt. Az 1799-ki üstökös fénygömbje pedig 43 biliom kocka mérföldet foglalt el. A fényfarkok rendszeren az üstökösnek naptól elfordult oldalán mutatkozik, néha rövidebb; az 1811-dikinek minden eddig látottak között legnagyobb volt.

A mi az üstökösöket pályáikra nézve illeti: nem úgy mozognak azok nyugottól kelet felé, mint a bolygók, hanem most ez, majd amaz égi tájról jönnek elő; majd igen közel, majd nagyon messze a naptól. Az 1769-ki üstökös napközelében $2\frac{1}{2}$ millió mérföldre, naptávéban pedig, több mint 15000 millió mérföldre volt. Pályája bevégzésére 7334 év kell, midőn az 1811-dikinek 3000 év.

J. Van 3 nevezetes üstökös, melyek azon csillagászoktól, kik azoknak pályáit biztosan legelőször számíták ki, neveztetek el: 1) *Encke üstököse* 1818-ki öszutó 16. fedeztetett föl, pályája köröny, melyet 3 év, s 115 nap alatt végez el. Naptáva $84\frac{1}{2}$, napközele szinte 7 millió mérföld. 2) *Bielta üstököse* 1826-ki télutó 27-én fedeztetett föl. Ez azért nevezetes, mivel pályája a földet valószággal keresztül metszi. Napközele 18000000, naptáva pedig 128000000 mérföld. 3) *Halley üstököse* 1735-ben 6-szor tűnt föl, 1456-ban vétetett észre legelőször, s ekkor a földhöz legközelebb volt, (mintegy 80000 mérföldre) s fényfarkával az ég harmadát befogta. Pályáját 75—76 év alatt végzi, naptáva 740 millió, napközele pedig 12 millió mérföld.

Csillagokat illető észrevételek. 95. Milly tova vannak földünk-

tól az álló csillagok: ezt az égtan, mind eddig meghatározni nem tudja, hanem azt a legnagyobb szabotossággal állítja, hogy a hozzánk legközelebb álló sem lehet közelebb 4 billiom mérföldnél (s_2).

96. Az álló csillagok nagyságát sem tudjuk; erről is nemlegesen szólhatunk, t. i. menyinél nem lehetnek azok kisebbek. Már e tekintetben szabatosan mondhatjuk, hogy hozzánk legközelebbi álló csillag (mellynek távolságát előbb 4 billiom mérföldre vettük) félátméreje, ha ez a földről ráirányzott szögmérőinken csak $\frac{1}{10}'$ -t mutat is, 21-szer nagyobb mint a napé (t_2).

97. Sok csillag, ha pusztá szemmel nézetik, csak egynek látszik, hanem távcsökön keresztül az egy csillag kettőre s többre bomlik. Az illy csillagokat *kettős csillagoknak* nevezzük, s hogy ezek valósággal kettősök, onnan tudjuk, hogy a világterben együtt mozognak. Némely kettős csillagban egyik a másik körül mozog, úgy, hogy már soknak kerengési ideje is meg van határozva. A csillagászok eddig 10000 kettős csillagot vettek észre.

s_2) A kérdésbeni távolságot tehát csak nemlegesen határozhatjuk meg, azaz, hogy mily közel nem lehetnek azok. Ugyanis az álló csillagoknak külleszöge nincs, sőt még a nappálya átmérője is (40 milliom mérföld), azok túllüki távolságához képest elenyészik. Már a naphoz képest, melynek távolsága a földről kerek számmal 20 milliom mérföldet tesz, olly csekélynek tetszik a föld 860 mérföldnyi félátméreje, hogy a nap földszinti külleszöge, csak mintegy $8''$ -t tesz. A hasonlatlanul távolabbi álló csillagokra nézve ezen külleszög, vagyis azon szöglet, mely alatt a föld félátméreje egy állócsillagból nézetik, végtelen kicsiny; azért azt próbálták meg, valjon legalább a nappálya félátméreje az állócsillagból nézve észrevehető szöglet alatt látszik-e? E szögletet a csillagok *évi küllejének* nevezik, valamint a főlebb (81) leírtat *napinak* nevezhetnök. Az e tárgyban tett észrevételek következése az lett, hogy az állócsillagok évi külleszöge is sokkal kisebb, mint sem azt csillagászai eszközeink megmérhetnék. Ha fölveszszük, hogy a csillagok évi kül-

leje $1''$ -t tesz: akkor a már főlebb (k_2 I.) fölállított egyenlet $\pi \sin. = \frac{r}{R}$, ezzé

válván $R = \frac{r}{1'' \sin}$ (hol R az állócsillag távolságát, r a nappálya félátmérejét

teszi), kijönne, hogy $R = 2006$ nappályai félátmérő, vagyis, hogy a legkölebb álló csillag távolsága 4 billiom mérföldnél többet tesz, mert az bizonyos, hogy $1''$ szöglet, a csillagászai eszközök szabotosságát ki nem kerülhetette volna. Sirius külleszöge $\frac{1}{2}''$ -nek vetetvén, távolsága 8 billiom mérföldet meghaladja, mely nagyságot onnan képzelhetni, hogy e távolságot a minden mpercben 40000 mérföldet haladó fény 6 év $4\frac{1}{2}$ hónap alatt tudja által futni.

t_2) Ha (62 kép) HF egy csillag félátmérejét, NH annak földünkötől távolságát jegyezi; s csillagászai szögmérőnkkel próbáljuk ez FH félátmérőt meghatározni, s e látszó félátmérőt $\frac{1}{10}'$ -nek veszszük: akkor áll ez egyenlet:

$\text{tang. N} = \frac{FH}{NH}$, (Mtan 135. 5), vagy $\text{tang. } \frac{1}{10}' = \frac{FH}{4 \text{ bil. mf.}}$, azaz $\text{tang. } \frac{1}{10}''$

$\times 4 \text{ bil. mf.} = FH$. Így a csillag félátméreje mérföldekben lesz kifejezve, s teend 2016000 mérföldet, azaz, 21-szer többet a nap félátmérőjénél. Mond-

tam, hogy a csillag látszó félátmérejét szögmérőnkön $\frac{1}{10}'$ -nek veszszük; mert valólag a szögmérő nem mutat semmi szögletet, minthogy az egész csillag a legjobb távcsön nézve is egy eloszthatlan fénypontnak tetszik.

Tiszta estéken pusztá szemmel is láthatni sok halványan világló fényfelhőket a kék égen, még többet távcsőkön keresztül. A fényfelhőknek két nemét szokás megkülönböztetni; az egyik *csillagködnek* neveztetik, s azon sajátossággal bír, hogy távcsőn nézve egy sereg gyenge világú csillagnak látszik. Másik nemét, mely a legjobb távcsőn keresztül nézve sem mutat magában egyes csillagokat, *fényködnek* nevezzük. Illy fényködöt látunk a kaszás és Andromeda csillagzatában.

Vannak olly csillagok is, melyek nem mindig ugyanazon fényvel világolnak, egyszer váratlan megjelennek, egyes körszakokban fénylenek, majd eltűnnek, s némellyek örökre. E csillagokat *csoda-csillagoknak* nevezhetjük. Illyen *Algol*, mely két nap 20 óra 48' 58" alatt második nagyságú alakjából, negyedik nagyságúvá válik. Másoknak nincs rendes fényváltozásuk. *Altair* ez előtt 1700 évvel harmadik nagyságú csillagnak látszott, most első nagyságú. Közül ehez van egy másik, mely most szembetűnőleg kisebb, mint régen. Sok régen ősmert csillagok most többé nincsenek. Hova lettek? egészen elvesztek-e, vagy csak más alakot vettek föl, vagy tán tőlünk igen messze távoztak? senki sem tudja. Némellykor egyes, eddig soha nem látott csillagok tűnnek föl, egy darab ideig látszanak, majd örökre elenyésznek. Cassiopeában 1572 év őszutó 11-én egy illy csillag jelent meg rendkívüli fényvel, úgy, hogy nappal is látható volt; mindig sápadtabb lett, majd narancs színű, végre szürkés fehér, s 16 hónap múlva újra egészen elenyészett. Így mult el 1604-ben egy másik a kigyóban. Ezeknek lényegéről teljes bizonyossággal semmit nem tudunk.

J. Sok álló csillag bizonyos pályán mozogni látszik: hanem olly lassan, hogy ezt csak több éveken keresztül tett vizsgálatok által lehet észrevenni. 3000 csillag közül, melyeket e célból csillagászaink folytonos figyelemben tartottak 425-ön eltagadhatlan saját mozgást vettek észre. Azonban nagyon lehet, hogy minden illy álló csillagnak van mozgása, de a mit még szabatosan meghatározni nem tudtak.

Függelék. 98. Láttuk főlebb (k_2), hogy egyes égi testek küllesző-génekkitudása biztos módot nyujt azok földünkötli távolságának meghatározására. Az álló csillagok roppant távolságához képest földünk felátméreteje, sőt mint főlebb (s_2) látók, még a nappálya átméreteje is elenyészvén, világos, hogy azoknak külleszőgük nem lehet. Ellenben a bolygónak igen is van; ez oka, hogy ezeknek a földtől távolsága meghatározható. Tudjuk továbbá, hogy az álló csillagok legjobb távcső segítségével is csak egy egy fénypont gyanánt tűnnek fel; ellenben a bolygók kisebb nagyobb körlevelek gyanánt: ezért csillagászi szögmérővel ezen bolygók tetsző átmérői fokokban, vagy fok részeiben kifejezhetők. Már azon égi testek nagyságát, melyeknek távolságát s tetsző átmérőjét tudjuk, kiszámíthatni (lásd t_2). Im itt egy tábla, mely a nap s bolygók földtől távolságát, tetsző átméretejét s térfogati nagyságát kimutatja, megjegyezvén, hogy \odot napot, ♀ hírnököt, ♀ hölgyet, ♁ földet, ♂ hadúr, ♃ mennyúr, ♄ övöncöt jelent.

Égi test	Távolsága a földtől mföldek milliomaiban		Tetsző átmérő a földről nézelve		Átmérő földrajzi mföldekben	Átmérő föld felát- méreiben	Tér- fogati nagyság
	legnagyobb	l.kisebb	legnagyobb	l.kisebb			
☉	21	19	32'34",6	31',30"	192000	111,7	1394000
☽	30	10	11",6	4"	650	0,38	0,055
♃	35	5	15",6	9",6	1650	0,96	0,885
♄	—	—	—	—	4718,8	1	1
♅	54	7	27",5	3",7	900	0,52	0,141
♆	130	79	49",2	29",9	18600	10,86	1281
♁	223	161	21",5	15",5	17200	9,98	990

B) Való égrajz.

a) Föld forgása (napi mozgása).

99. Láttuk fölebb (75), hogy az egész ég minden nap egyszer földünket keletől nyugot felé megkerülni látszik. De hogy nem mindig való az, a mit szeméink illyennek tartanak: azt egyéb tapasztalatokon kívül onnan is eléggé tudjuk, hogy szemünk e földet köralakú síkságnak látja, s ez még is, mint meghatározók, gömbalakú. Annyi bizonyos s világos, hogy azon tüneményeket mellyek az égnek említett mozgásával egybeköttetvék, úgy is tökéletesen kimagyarázhatni, ha az vétetik föl, hogy az ég minden csillagaival együtt mozdulatlan áll, a föld pedig minden nap nyugottól kelet felé megfordul egyszer tengelye körül. Ennek közelebbi belátása végett végy egy földtekét, s tégy mellé a keleti táj irányában egy világosan égő lámpát, melly olly magasan égjen az asztal fölött, mint a milly magasan van a teke központja ugyan a fölött: látni fogod, hogy a földteke fele meg lesz világosítva, másik fele pedig árnyékban leend. Ha ekkor földtekédnek olly fekvést adsz, hogy ennek a keleti hosszúság 50°-án levő pontjai legyenek a rézdélkör alatt, tehát péld. *Ladoga* vár, *Kherzon* Oroszországban, *Sues*, *Denka* Áfrikában: ekkor látni fogod, hogy a tekének a mondott erős fényű lámpa általi megvilágíttatása épen a rézdélkörnél végződik, és így ha a lámpa helyett napot, s a rézdélkör alatti pontokon köröskörül embereket képzelsz: ezek a napot mindnyájan a látkörben látandják; ellenben azoknak, kik e rézdélkör alatti pontoktól a lámpa felé 90°-ra, és így a keleti hossz 140°-a alatt laknak, a lámpa (vagy a nap) látkörük fölött bizonyos magasságon látszik, jelesen *Tidon* lakosainak (Celebes szigetén, az egyenlítőn) épen fejük fölött, *Soljanszk* lakosainak (Jakuckhoz közel Sibiériában) mintegy 28° magasan, (mert ennyire laknak ők az éjszaki göncöltől). Ha különösen azon szélességi kis kört nézzük, melly az egyenlítő felé az éjszaki göncöltől

szomszédságában esik, s mellyen fekszik Ladoga is: mondhatjuk, hogy ezen kör felén lakók a napot látják, még pedig *Montagne* szigeten (Orosz-Amerikában) és *Ladogán* levők, épen a látkörben, a megvilágosított félkör egyéb pontjain lakók pedig kisebb nagyobb magasságon. Ha most földtekénket tengelye körül kelet felé forogni képzeljük, s e tekét a mondott irányban valólag forgatjuk is: látjuk, hogy *Ladoga* szélességi körén jobb kéz felé eső pontok egymás után belejönnek a megvilágosított határába, azaz, meg fogják látni a napot, majd e határtól mindig távolabb mennek, oda, hol előbb *Soljanszk* volt, ellenben az előbb megvilágosított pontok egymás után elhagyják a világosság határát, más szóval, némely pontoknak *kelni*, más pontoknak *nyugodni* látszik a *nap*. Ha Ladoga oda ért hol előbb *Soljanszk* állt, azaz, előbbi helyzetétől 90°-nyira: akkor *Ladogának* dele van, ellenben *Soljanszknak* nap lenyugta, és így tovább. Ha vigyázz az órákra is, mellyek az éjszakai göncöl köré vannak rajzolva; s tekédet azon előbbi helyzetbe állítod, mellyben *Ladogának* épen napkelte van: a rézdélkör egyik párkányát, *mutató* gyanánt használván, látod, hogy ez jelenleg 1½ órát mutat; tekédet kelet felé fordítván majd *Upsala* jön a rézdélkör alá: tehát ez fogja látni az épen kelő napot, valamint az ezzel egy délkörben fekvő *Breslau*, *Pozsony*, s *Afrikában St. Salvador* is. A mondott óra ekkor ½ órát mutat, mi azt teszi, hogy *Upsalában* (*Breslauban*, *Pozsonyban*) egy órával kel későbbben a nap, mint *Ladogában*. Ismét tovább fordítván a tekét majd *Christiana* jön a rézdélkör alá (= a megvilágosított határába) vele egyszersmind *Cöln*, *Strasburg*, *Turin* stb. a mikor az óra 11 és ½-t mutat, mi megint azt teszi, hogy *Christiánában* 1 órával kel későbbben a nap mint *Upsalában* (*Cölnben* *Strasburgban* szinte 1 órával későbbben, mint *Breslauban* s *Pozsonyban*). Mind ezekből láthatni, hogy a nappal és éjjel változása, vagy a csillagos égnek földünk körüli forgása úgy is tökéletesen kimagyarázható, ha a nap s csillagos ég egy helyen mozdulatlan áll, hanem a föld minden 24 órában egyszer megfordul tengelye körül. Addig tehát, míg vagy az ég vagy a föld mozgását eldöntő bizonyok nem határozandnak, csupa önkényemtől függ, az ég forgását tartsam-e valónak, vagy a földét. Hogy a föld forgása sokkal hihetőbb mint az égé: mutatják e következő okok:

1) Sokkal hihetőbb az, hogy kicsiny test forog nagyobb körül, mint megfordítva. Földünk az egész éhez képest egy elenyésző pontnak tetszik, csak magából a naphól csak nem 1½ millióm akkora gömb telnek ki mint földünk. De milly végetlen sok csillag van az égen, melly még ennél is nagyobb: hogy lehetne hát az, hogy e roppant nagy ég e parányi kis föld körül kerengjen, csak azért, hogy egy tünemény előálltassék, melly, ha a föld forog, szintolly tökéletesen végbe megy? Valóban az ég ezen forgása a természet takarékosági törvényével ellenkeznék.

2) Még hihetlenebbé lesz az ég ezen forgása, ha azon sebességeket, mellyekkel egyik vagy másik fölvétel esetére az

az égi testeknek bírni kell, egybehasonlítjuk. Ha tengelye körül földünk minden 24 órában egyet fordul: akkor földünk színének akármí pontja az egyenlítőn $1''$ alatt egy földrajzi mérföld $\frac{1}{16}$ -t végezi el, mi a hang sebességénél ugyan nagyobb, de az álgyu gömbénél (17. 1 J.) kisebb. Ha pedig az ég forgása vétetik föl: akkor a fölünk mintegy 20 milliion mérföldre levő napnak minden mperc alatt 1818 mérföldet, a triliion mérföldre levő égi testeknek pedig ugyan $1''$ alatt 11 billiion mérföldet kellene átfutni, mi a fény sebességénél 300 milliionszor nagyobb. S miért ez iszonyú, e képzelhetlen sebesség? Csak azért, hogy mi föld lakosi szilárd vagy tespedő nyugalmunkban ne háborítottassunk.

3) Az ég ezen látszó mozgását még hihetlenebbé teszi azon körülmény, hogy minden égi testnek, a közel levő holdnak úgy, mint a legtávolabbi csillagoknak vagy fénykődöknek, legkisebb különbség nélkül, teljesen egyenlő időben, t. i. 24 óra alatt kell földünket megkerülniök, még pedig úgy, hogy a távolabb levők mindig nagyobb nagyobb sebességgel bírni tartoznának, a mi pedig, minthogy ezen esetre a mozgató erőnek a föld központjában kell lenni, egyenesen a moztan azon törvénye ellen van, melyet főlebb (30. J.) megérintettünk, t. i. „a vonzó erő a távolság növekedése szerint fogy“ (lásd alább).

4) De ám engedjük meg ezt (a mi pedig teljesen lehetetlen), hogy földünkben illy szörnyű s illy különös erő létezik: az égi testek forgásának fölvétele még sem sikerül. Ugyanis, mint a főlebbiekből tudjuk, a csillagok közül csak kevés kereng földünk központja körül; ha F (67 kép) földünket, a körül levő kör pedig a csillagos eget, ED az égtengelyt képviseli: látjuk, hogy csak *ab* körön = egyenlítőn levő csillagok napi utának központja van F-ben, a nagyobb rész az egyenlítővel közegyenes körökben *axd*, *eyf*, *gzh* mozog, mellyeknek központjai, az égtengely különböző pontjaira *x*, *y*, *z*, esnek, s mivel az égtengely csak képzelt vonal: miként lehessen ebben mozgató erőt képzelni? „*a semmiben semmi sincs.*“

100. De vannak egyenes bizonyaink is, mellyekkel a föld forgását kétségtelen valóságra emelhetjük:

1) Tapasztalásból tudjuk, hogy ha egy testet körben sebesen forgatunk, annak minden részei a kör központjától távozni igyeksenek. Ezen törekvés, mely a forgó testek *röperéjének* vagy *központtóló erőnek* neveztetik, az, mely a körül forgatott parittyá zsinégét feszíti, s a követ belőle kiesni nem engedi. Ha egy henger alakú edénybe vizet tevén, azt tengelye körül forgatjuk: a növekedő sebesség szerint az edény oldalánál mind inkább emelkedik a víz, s végre egészen kihajtatik. Mind ezen példák azt mutatják, hogy a test forgásának alkalmával, annak részecskéi egy erőt nyilvánítanak, mellyel a forgás központjától távozni törekszenek, s mely a sebesség növekedése szerint nagyobbodik (lásd alább). Hogy földünk először híg tömeg volt, s csak lassanként vette föl jelen formáját: azt a sok tengeri állatok tetemeinek legmagasb hegyeink gyomrában találtatásáról, s a föld-

rétegek egymás fölé helyezkedése rendéből esalhatatlanul következtethetjük. Ezekből önkényt foly, hogy ha földgömbünknek eleitől fogva tengely körüli forgása volt, ennek részei (mint eleinte hígak) a röperő hatása szerint tartoztak rendelkezni, azaz, mivel az egyenlítő alatti, s ehez közel levő részek sokkal sebesebb mozgással bírnak, mint az attól távolabb esők (mint a melylyek ugyanazon időben nagyobb kört végeznek el), azoknak a röperőnél fogva távolabb kellett menni a földgömb központjától, vagy más szóval, földgömbünknek az egyenlítő körül kidomborodottá, a göncölök körül pedig behorpadttá kellett képződni. A göncölökkel ezen behorpadás, valóságos tény (79. I J.), következőleg ennek feltételének vagy okának is, t. i. a föld forgásának valónak kell lenni.

2) Ha a röperő a forgó test részeit a forgás központjától távolítani, a nehézség pedig ugyanazokat a központra húzni törekszik: világos, hogy e két erő egymás ellen dolgozik, s így a röperő a nehézség hatását kicsinyíti. Ha tehát földünkön a röperő nem mindenütt egyenlő: akkor a nehézségnek is különbözőnek kell lenni, jelesen nagyobbak ott, hol a röperő kisebb. Vagy megfordítva, ha a nehézség nem mindenütt egyenlő földünkön: akkor ennek egyéb oka nem lehet, mint a röperő, jelesen ennek különbözősége. Ingákkal tett kísérletek kimutatták, hogy a nehézség az egyenlítőn legkisebb, a göncölök felé folyvást nő (u_2). És így a röperőnek az egyenlítőn legnagyobb, a göncölök felé folyvást kisebbedőnek kell lenni. Úgy de illy röperereje a földnek csak úgy lehet, ha tengelye körül forog (v_2). És így forog is az valósággal.

3) A föld forgása ellen sok ideig nevezetes erősség volt e következő. Ha a föld nyugotról kelet felé forog: akkor egy torony tetejéről lebozsátott kő nem fog a torony aljára, vagy is a földszin

u_2) Richer Párizsból 1672-ben Cayennába menvén, itt azon percigáját, melly Párizsban teljes szabatossággal járt, 1,25 vonallal meg kellett kurtitnia, hogy Cayennában is másodpercenként egyet hintázzék. A moztanból (s_1) ösmeretes e képlet $t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$. A π változatlan, az l a meleg nagysága szerint

változó ugyan, hanem e pontban Richer az igazítást szabatos számítás szerint megtette, következőleg, ha a nevezett percinga t -je nagyobb volt Cayennában, mint Párizsban, ennek egyéb oka nem lehet, mint hogy a h Cayennában kisebb mint Párizsban.

v_2) Ha (67 kép) EgaDb, földtekénket képezi, ab a föld egyenlítőjét, cd , ef az ezzel \parallel köröket, ED a föld tengelyét, s képzeljük, hogy e földteke ED körül forog: akkor világos, hogy ab nagy kör, cd , ef kis körök; és így az egyenlítő egy pontja péld. a ugyanazon idő alatt nagyobb kört végez el, mint föltte vagy alatta akarmi pont péld. c vagy e , ha ugyan $aF > cx$, s $ez > ey$, más szóval a sebessége legnagyobb, c , e pontoké kisebb, E, D pontokon pedig, mint a tengely végpontjain a sebesség = 0. Úgy de a 100. I-ből tudjuk, hogy a röperő a növekedő sebesség szerint nagyobbodik, és így a röperőnek az egyenlítőn legnagyobbak, a göncölök felé folyvást kisebbnek, a göncölökön pedig 0-nak kell lenni.

azon pontjára, melyre az esni indult kőtől függély húzatni képzeltek, eshetni, hanem attól távolabb nyugot felé, ha ugyan az esés ideje alatt a földszin nevezett pontjának jó darabot kellett haladni kelet felé. Az e tárgyban tett kísérlet egészen ellenkező eredményt hozván, maga *Tycho* s *Riccioli* is e körülmény csalhatatlan következetének tartották azt, hogy a föld nem forog. *Newton* később belátta, hogy igen is, ha a föld forog, a kő nem eshetik az említett függély végpontjára, hanem eltér ettől, vagy is úgy szólván elhagyja ezt kelet felé, (tehát nem nyugot felé, mint előbb gondolták). Ugyanis tudni kell, hogy a föld forgásának esetére, nem csak a földnek, hanem mind annak, a mi a földhöz tartozik, tehát toronyak, légnek, légben tartott kőnek, kell kelet felé mozgásának lenni. Innen következik, hogy a torony csúcsáról lebocsátandó kő, már az esés előtt bírt kelet felé irányzattal, még pedig, a mint belátni könnyű, nagyobb sebességűvel, mint a melly a torony aljának megfelel, ha ugyan a torony csúcsa a föld központjától távolabb esvén, ugyanazon időben nagyobb tért fut át, mint a földszin akármi pontja. Már a lebocsátott kő, a torony csúcsának megfelelő keleti sebességgel kezdvén esését, a tudva levő függély alpontját szükségképen meg tartozott előzni. *Hooke* majd *Guilielmi* próbát tettek e tárgyban, hanem határozott siker nélkül. Végre *Benzenberg* 1802-ben Hamburgban Mihál toronyán e próbát nagyobb vigyázattal s szabatosággal ismételvén, úgy találta, hogy a 235 láb magasról lebocsátott kő a függélyről kelet felé 4 vonalra tért el. Hasonló eredményt mutatnak *Reich*-nak Freibergben 1832-ben e tárgyban tett kísérletei, s ez eredmény az elméleti számítással alkalmasan özszejön. A föld forgása tehát ebből is elég világosan következik.

1 J. Képelethen a föld egy félátmérejét hosszítsd meg egész a csillagos égig: azon csillag, melyet e megnyújtott félátmérő az égen érint, fejponti csillaga leend a földszin azon pontjának, melly a mondott félátmérő irányában esik. Ha a föld forgását tudva, képzeljük e megnyújtott félátmérőt: bizonyos, hogy a mondott földszini pontnak folyvást más meg más fejponti csillaga leend, míg csak egyszeri forgását el nem végezi. A föld színén lakó ember, ki a föld ezen mozgásában részt vevén, ezt ép olly kevéssé veszi észre, mint a csendes vizen úszó hajóban ülő a hajó mozgását, így mozogni látván a csillagokat feje fölött, azt véli, hogy azok mozognak, s nem ő. Minthogy a föld forgása egyetlen egyforma mozgás a természetben: természetes, hogy a csillagoknak ez által előhozott tetsző mozgása is teljesen egyforma leend, azért egyenlő idő alatt mindig egyenlő tért futnak át. Ez oka, hogy az álló csillagokat, mint már fölebb megjegyeztük, a csillagászok idő-mérésre használják, azon időt, melly alatt egy álló csillag a déli vonalban fölállított távcsőnek keresztfonalában újra látszik, más szóval, a csillag egyik delelésétől a másikig lefolyt időt *csillag-napnak* nevezvén, s ezt órákra, percekre úgy osztván föl, mint rendes napunkat felosztani szoktuk. Különbözik e csillagnaptól a mi szokott napunk, minek okáról alább. Még azt jegyezzük itt meg, hogy ha az imént említett, s képeleletünkben megnyújtott félátmérő az egyenlítő egy pontján megy keresztül: a földszinnek ezen egyenlítői pontja egy nap alatt 5400 mérföldet, tehát egy mperc alatt 1500 lábat végez; ellenben a földszin egyéb pontjai (mellyeken t. i. a sokszor említett félátmérő az égig húzatni képzeltek), a szerint kisebb sebességgel mozognak, a mint távolabb esnek az egyenlítőtől, maguk a göncölök sebessége 0 levén. Ebből önkénytelen foly, hogy a csillagok itt nagyobb sebességgel látszanak mozogni az ég egyen-

lítőjén, mert hisz ezek e nagy körüket ép' anynyi idő alatt végezik, mint az egyenlítőn kívül levők kis köreiket.

2 J. A föld forgása ellen tenni szokott néhány ellenvetést legyen elég röviden megérintnem: 1) „Hogyan van, hogy mi a föld forgását nem érezzük?” De hát mit érezzünk ezen mozgásban? talán csak nem rázatásokat, melyek a föld forgásában épen nincsenek? Hisz a sima víz színén haladó hajó mozgását sem érezzük, minthogy magunk is részt veszünk e mozgásban. 2) „Ha földünk forog: úgy 12 óra múlva fejünk lefelé fog csüggenni, ha most egyenest állunk, s ezt sem vesszük észre?” De hát mit tesz az, hogy *föl* vagy *le*? Bizonyosan *föl* = a földtől távolabb, *le* = a földhöz közelebb. Ez 12 óra múlva is így lesz, lábunk közelebb a földszínhöz, fejünk attól távolabb, minthogy e föld nagy tömege az, mi testünket magához vonza.

β) Föld kerengése (= évi mozgása).

101. Láttuk fölebb, hogy a csillagos égnek azon mozgása, melly szerint az földünk körül minden 24 órában egyet fordulni látszik, ellene mondhatlan okoknál fogva azzá változott, hogy az ég mozdulatlan áll, földünk pedig forog, s így ennek egy helyben tetsző nyugvása valósággal csalódás. Vajjon a napnak azon saját haladó mozgása is, mellyet fölebb (82) előadtunk, nem illy csalódás-e? Hát ha nem a nap megy a nappályán földünk körül, mint első tekintettel látszik, hanem földünk a nap körül? Anynyi bizonyos, hogy míg egyéb okok nem határozandnak, egyik szintűgy lehető mint a másik, az eredményre egészen mindegy levén, a nap kereng-e, vagy a föld a nappályán? Földünket egy boltozatos ég látszik befedezni; az égen csillagokat, s ezek előtt a napot mozogni látjuk, fényével mindig más meg más csillagokat eltakarót. Hanem épen e tüneményt látnok úgy is, ha a nap közepén állni gondoltatván, földünk haladna körüle. Ha egy kerek terem közepén álló asztalra égő gyertyát teszek, s ezt lassan megkerülöm: e világot épen úgy látom a terem falán köröskörül menni, mintha a terem közepén állván, a gyertya a teremben körülem hordoztatnék. Ha a föld (69 kép) F-ben, s az ezt legközelebb környező kör a nappályát, az ezen túl következő kör pedig a csillagos eget képviseli, mellynek *h* pontján a *halak*, *k* pontján a *kos*, *s-n szűz*, *n-n a nyilas* csillagzata áll: akkor ezen képen látható azon tünemény, mellyet fölebb a nappályáról mondottunk, t. i. hogy a nap tavasszal *n*-ben levén, a földről nézetve *h*-nál a halak csillagzatának irányában látszik, 3 hónap múlva ér *M*-be, s ekkor a kettős csillagában *k*-ban látszik, majd ismét 3 hónap múlva *P*-be jutván, a nyilas csillagában lenni látszik. Illy kört végez el a nap a föld körül, mint ezt a 82-ben előadtuk. Ugyanezen tüneményt így is könnyű kimagyarázni. A nap *N* (70 kép) közepén áll, körüle azon pályán, mellyen a nap csak látszik mozogni, mozog a föld; s ha péld. tavasszal *F*-ben van a föld, kérdem mi csillagnál látandjuk a napot az égen? nemde a halak csillagánál a *k*-ban? Egy évnegyed múlva *I*-be jutván a föld, most a napot nemde szinte a kettős csillagánál? Ez volt nyár elején, majd egy évnegyed múlva *II*-be jut a föld, s így a nap a szűz csillagában mutatkozik, ez volt őszi elején. Végre a *III*-ba jutván

a föld, a nap a nyilas csillagában látszik, s ekkor kezdődik a tél. Hasonlítsuk össze e tüneményeket azokkal, melyek az előbbi képből láthatók voltak, meglátjuk, hogy ezek szórul szóra egyeznek amazokkal. A következő erősségek igen hihetővé teszik azt, hogy nem a nap, hanem a föld kereng a nappályán, nem a föld áll e nappálya közepén, hanem a nap, és így nappálya, valólag földpálya.

1) Sokkal hihetőbb, hogy kisebb test kereng a nagyobb körül mint megfordítva. A nap földünknel szinte másfél milliószor nagyobb: mily végetlen nagy erőnek kellene tehát kis földünkben létezni, ha ezt 20 millió mérőföldnyi távolságra is hajtani képes volna. Nagyobb erő enged a kisebbnek az egész természeti világban: miért volna hát az egy napnál kivétel? Égúr, övönc, végör mind nagyobb testek a földnél: hogyan kerengtesse tehát ez azokat maga körül?

2) Anynival hajlandóbbak lehetünk pedig ennek hivésére, mivel, a mint tudjuk, a nap a fény forrása, azon fénynek, mely életet elevenít mindent a természeti világban; s e szempontból ismét csak úgy hathat legalkalmasban a napvilág minden felé, ha egy bolygóhoz igen közel, másikkhoz pedig igen messze nincsen; mert ekkor tán egyik felesleg nagy, a másik pedig felesleg kicsiny világosságot kapna. S még anynival inkább lehető ez, mivel a világosságon kívül a nap egyszersmind a melegség forrása is. Azért ezen, az élettől elválhatlan tulajdonság, őt a szóban levő bolygók pályáinak közepére kívánják.

3) Fölvevén, hogy a föld forog, mit úgy hiszszük, elég világosan bebizonyítottunk, csupán egyetlen egy központon kívüli taszítás elég arra, hogy földünknek forgó, s keringő mozgását előhozza. Az pedig csak ugyan sokkal hihetőbb, hogy a végetlenül sok lehető központon kívüli taszítások közül esett meg egy inkább, mint az egyetlen egy központi. Hogy egy illy taszítás kétfele mozgást hoz elő: azt a moztanból (54) tudjuk.

102. *Bradley* nevezetes égtudós észrevette, hogy az álló csillagok egymás iránti helyzetöket, bár kevésbé, de még is változtatják. T. i. minden álló csillag különbség nélkül egy bizonyos pályát végez az égen, s pedig épen anynyi idő alatt, a meddig tart a mi esztendőnk. E pálya egy kis köröny, melynek átméreteje (nagy tengelye) a földről nézve $20''$. Már, mivel ez évenként ismételt mozgás minden álló csillagokkal közös, s mivel minden álló csillag e pályája a nappályával közegyenest: természetes volt azt gondolni, hogy az álló csillagok ezen mozgása tán csak tetsző, s a földnek a nappályán mozgása az, mely által a csillagok a mondott pályákat, a föld évi kerengésének mint meganynyi kis képeit leírni látszanak. És valóban, ha fölveszszük, hogy a föld mozog a nappályán, s ezt azon tapasztalattal, hogy a napfénynek a térben haladására bizonyos idő kívántatik (mit alább kimutatandunk), egybekötjük: a csillagok mondott pályái a legkisebb részletességig ki lesznek magyarázva. És így e magyarázat

föltételének, u. m. a földkerengésének is valónak kell lenni; s ez egyik egyenes erősség arra, hogy nem a nap, hanem a föld kereng a nappályán x_2).

x_2) Legyen A, B, C, D a földnek négy állomása pályáján (76 kép); S egyezze a napot, F pedig egy csillagot a nappályán: ekkor az F hosszszát A -n $\sphericalangle A F$, B -n $\sphericalangle B F$, C -n $\sphericalangle C F$, D -n pedig $\sphericalangle D F$ határozzák meg. Már mivel $\alpha = \alpha'$: az összszejöveten épen akkora a csillag hosszszá, mint a szemköztléten; s mivel $\sphericalangle D F <$, $\sphericalangle B F > \alpha$: innen következik, hogy a csillag hosszszá az első negyedben legnagyobb, az utolsóban pedig legkisebb tartozik lenni. Ha pedig $E F$ (77 kép) a csillag szélességét jelenti: legnagyobb az szemköztlétkor, legkisebb összszejövetkor, a két negyednél pedig közép értékű, mint ez a nevezett kép megnézéséből egyszerre kiviláglik. Ily különbözőséget mutat az elmélet a csillagok hosszszára s szélességére nézve a felvett 4 állomáson, különbözőséget mutat a tapasztalat is, s ez már bizonyítaná a föld kerengését (minthogy e látszó s évszakainknak megfelelő mozgás különbözőség nélkül illet minden csillagot), ha az elmélet s tapasztalat megegyeznének. De nem egyeznek meg, mert a tapasztalat egy negyeddal mindig későbbben mutatja a csillag legnagyobb hosszszát s szélességét, mint a számítás. Ha ez ellenkezésnek okát kitaláljuk: akkor a föld kerengése kétségtelenné válik. A fény, mint a fénytán kimutatja, $1''$ alatt 40000 mérföldet halad. Legyen AB (71 kép) a nappályának azon része, (mintegy 4 mérföld), mellyet a föld $1''$ alatt fut által, SA pedig a fény útá $1''$ alatt. Ekkor természetes, hogy az A -n levő vizsgáló, ha S csillagot látni akarja, távcsőjét nem SA irányában, hanem B felé fogja fordítani. Ugyanis ha BA -t egynehány, péld. 4 egyenlő részre osztjuk: a szerint, a mint a föld egyik pontról a másikká ér, a fény is utának 4-ed, 3 ad stb. részét végzendő, úgy, hogy midőn a vizsgáló α -ban van, a fény α' -ban lesz, tehát az oda irányzott távcsőbe esik; ha a vizsgáló β -ban van, a fény β' -ban lesz, és így tovább. E szerint a B -n levő vizsgáló a csillagot nem S' felé, hanem S'' felé látandja, következőleg azon szöglet, melly a B -re nézve a csillag látszó s való helye által képezetik, t. i. az $S'BS''$ szöglet a csillag tévedését (mintegy $20''$) fogja kifejezni.

Hogy a *tévedésről* magunknak helyes képzetet szerezhessünk: képzeljük, hogy mn (72 kép) egy hajó, s a ezen hajóra irányzott álgú. Ha a hajó áll: akkor az a -ból jövő gömb, a hajót b s c -nél kilikasztja, s e likakon keresztül az álgú látható lesz. Ugyanez történik akkor, ha a hajó a nyilak irányában vagy egészen ellenkezőleg mozog. De ha a hajó mn irányában mozog, s dc útát anynyi idő alatt végezi, a menynyi alatt az álgúgömb a hajó szélességén keresztül hat: ekkor a második lik nem c -ben, hanem d -ben származik, és így db vonal nem esik össze az álgúgömb irányával. Itt a dbc szöglet épen olyan, mint a fénytévedés szöglete.

Már ezen fénytévedés, oka azon különbözőségnek, melly a csillagok hosszszára s szélességére nézve a számítás s tapasztalat közt mutatkozik. Ugyan is, a mi először a csillag hosszszát illeti: világos, hogy ennek változni kell, mihelyt a távcsőt jobbra vagy balra irányozzuk, ha ugyan a tavaszi pontról, s a csillagról a földre húzott szöglet, épen ezen oknál fogva lesz kisebb vagy nagyobb. Ha a föld az összszejövet pontján d -ben (74 kép) áll: akkor a távcsőt jobbra a közegyenesen jövő fénysugárra kell irányozni, mi által a számítás szerint közép hosszszúság legkisebbé válik. Ha a föld az első negyedben c -ben van: a távcsőt le kell nyomni, s így a számítás szerint legnagyobb, közép hosszszúsággá válik. Szemköztlétkor b -ben a távcsőt bal felé kell fordítani, s így a számítás szerint közép hosszszúság legnagyobb lesz. Végre az utolsó negyedben a távcsőt fölebb kell emelni, mi által a legkisebb közép hosszszá válik. A mi pedig a szélességet illeti: világos, hogy ez a távcsőnek a nappályához képest fölemelésétől vagy lenyomásától függ. Már a mint láttuk, az összszejövet s szemköztlélt alkalmával a távcső

103. Földünk évi mozgása nem egyforma, azaz, egyenlő időben nem végez mindig egyenlő utat. Mikor legsebesebben mozog (májusi napfordulatkor történik): $1,0104^0$ -nyi karélyt végez egy nap alatt; ellenben mikor leglassúbban halad (májusi napfordulatkor történik), egy nap csak $0,9534^0$ -nyi karélyt futt át, és így közép sebességének $0,9856^0$ felel meg. Könynyű ez egyformátlan mozgást csak abból is észrevenni, hogy bár a föld pályának fele van az egyenlítő egyik oldalán, még is a föld, az őszi ponttól tavaszi pontig levő utát mintegy 8 nappal hamarabb végezi, mint a tavaszi ponttól őszi pontig vivő utát, más szóval a tavasz és nyár mintegy 8 nappal tart tovább, mint az őszi és tél. A csillagászok ez egyformátlan mozgást időmérésre nem használhatván, földünket egyformán s közép sebességgel mozognak képzelik a nappályán, miből következik, hogy e képzelt föld a valódit majd elhagyja, majd ettől elmarad, s csak négy ízben, n. m. mintegy télutó 11, tavaszutó 16, nyárhó 26, és ősziutó 1 én jönnek össze. — Ha azon régi, így megszokott szólás módon: „nap fölkel, nap lemegy,” változtatni nem akarunk; s azon képzelt módot is, hogy a nap kereng földünk körül, megtartjuk: akkor közép sebességgel haladó napot képzeljünk, mely a valódi majd megelőzi, majd vele összehúzó, majd tőle elmarad. Természetes, hogy így a képzelt s való napnak egymástól távolsága különbséget hoz elő az időmérésben; mert egy év alatt csak négyszer delel mind a kettő egy időben, egyébkor pedig mindig különböző időben. A közép és való napidő különbségét *időegyenletnek* nevezik, mely ha legtöbb, mintegy fél órát teszen. Óráink közép napidő szerint járnak, ezért az árnyórákkal, melyek a való nap szerint mutatnak, egy év alatt csak négyszer jönnek össze.

1 J. Észrevevén a régiek a nap különböző sebességét, ezt ők csak látszónak állíták, azaz, azt hitték, hogy a napnak pályájának mozgása valóságilag egyforma, csupán előtők látszik egyformátlanoknak. Mert, úgy mondák, a föld a nappálya körének nem központján, hanem ezen kívül levén, a nap most távolabb, majd közelebb állott a földhöz, s így ugyan-akkora karély közelebről nagyobb szög alatt tűnt föl, mint távolabbról. A 78 képből *AB* karély egyenlő ugyan *ab*-vel, hanem *aFb* szög nagyobb mint *AFB*, tehát *ab* *F*-ből (a földről) nagyobbabbnak látszik, mint *AB*. Ezt mutatja a körülmény is, hogy mikor a napnak legnagyobb sebessége van, akkor tetsző átmérete is legnagyobb; ellenben legkisebb sebessége alkalmával tetsző átmérete is legkisebb. Hanem ha nem való a nap (vagy inkább föld) ezen kü-

a nappályára nézve mozdulatlan marad, tehát a szöglet nagysága nem változik. Hanem az első s utolsó negyedben föl kell emelnünk, vagy lenyomnunk a távesőt, honnét következik, hogy az első negyedben a szélesség kisebb, az utolsóban pedig nagyobb annál, a mit a számítás mutat.

Már ha akarunk csillagnak kiszámított helyét a tévesztés ezen szöglete szerint megvizsgálni, s a távesőt az ég így meghatározott pontjára irányozzuk: kimaradhatlanul ott találjuk a keresett csillagot, úgy, hogy e magyarázat valóságáról semmi kétség nem lehet. Minthogy pedig ezen magyarázat alapja, a föld fölveti kerengése: ezen fölvetelnek is igaznak kell lenni. Azon kis körönyt, melyet központja körül minden csillag leírni látszik, földünk kerengési pályájának legtökéletesebb képét mutatja, s így a csillagos ég apró képekben ugyan, de végtelen sokszor tükrözi vissza földünk kerengését.

lönböző sebessége: úgy a nap látszó átméreteinek éppen azon viszonyban kel-
lene nőni, a mint a nap sebessége növekedik. Úgyde, a nap e sebessége
kétszer akkora viszonyban nagyobbodik: következőleg nem csupa látszó,
hanem valósággal most nagyobb, majd kisebb e sebesség.

2 J. Minthogy a föld kerengése, forgásával egészen ellenkező irányú: in-
nen következik, hogy azon idő, mely alatt a nap a földet egyszer megke-
rülni látszik, nagyobb annál, mely alatt egy álló csillag látszik a földet meg-
kerülni. Egy csillagnap 23 óra, 56', 4,1"-t tesz (közép napidő szerint); lásd
100. 1 J.

104. Nagy fontosságú itt e kérdés: a nappályán kerengő s
forgó föld tengelye mi szögletet képez magával a nappályával.
Csak három eset lehet erre nézve, t. i. 1) a föld tengelye a nappá-
lya felátméretejével egy irányú; 2) a földtengely a nappálya síkjával
derék szögöt, 3) ugyanaz ugyanezzel dült szögöt képez. Vizsgáljuk
ez eseteket egyenként. Mindenek előtt azonban jegyezzük meg,
hogy a föld tengelyének iránya azon röperő miatt, mellyről alább
szólandunk, változatlanul ugyanaz, azaz, a tengelyek fekete az út
minden pontján közegyenes. A mondott *első esetben* volna két oly
állomása a földnek, mellyen az egyenlítő a láthatárba, s az egyik,
majd másik göncöl az e fölött függőleg álló nap alá esnek. Illy
esetet nem mutat a tapasztalat, és így az első eset a tengely
fektére nézve nem áll. *Második esetben* a nap a föld egyes pont-
jairól nézve, délben az egész éven keresztül egyenlő magason
tartoznék látszani, és így minden nap, örökké, egyenlően melegít-
etnék meg minden pontja a földnek. Illy esetet sem mutat a ta-
pasztalat, és így a második eset sem áll a tengely fektére nézve.
Tehát a *3-dik eset* a való, s ez abban áll, hogy a földtengely a
nappályára $66\frac{1}{2}^{\circ}$ szög alatt dől. N (68 kép) napot, a körötte raj-
zolt kör nappályát, I. II. III. IV. a földet négy állomásán, jelesen
ennek tengelyét *ed*, az egyenlítőjét *ac* jegyeztvén, látjuk az I-ben,
hogy a nap sugári éppen az egyenlítőre esnek függőleg, és így a
göncölkön lakók a napot délben is a látkörben látják, mert *N/e*
derék szög. Látjuk egyszersmind, hogy az egyenlítőnek s ezzel
közegyenes köröknek, éppen felök van megvilágítva, másik felök
pedig árnyékban van, mi azt teszi, hogy e helyzetben a föld minden
pontján, a nap s éj egyenlők. Ekkor hát *tavas* van. A II-dik állomá-
son az éjszakai félgömbből nagyobb rész van egyszerre a nap által meg-
világítva, mint a déliből; *efN* szög éles szög, tehát az éjszakai gön-
cöl bizonyos magasságra látja a napot délben, sőt ez annak le-
sem nyugszik, hanem naponkiut mindig kisebb magasságon lát-
szik, míg a föld a III-ra nem jut. Látjuk e II-dik állomáson azt
is, hogy az egyenlítőn igen is a nap s éj hosszai egyenlők (mert
cf = fa), de már az éjszakai göncöl felé távolabb eső pontokon
a nappal az éjnél hosszabb. A II-dik állomáson tehát az éjszakai
félgömbön *nyár* van. A III-dik állomáson *ősz* van, s a tünemé-
nyek ép azok, mellyeket az I-en láttunk. Innen haladván a föld,
az éjszakai göncöl mindinkább árnyékba merül, ellenben a déli az,
melly mind inkább bele jön a világosságba, s így itt a déli gön-
cöllal s környezetével történik az, mi a II-n az éjszakival történt.
Ekkor van *tél* az éjszakai félgömbön. Ha meggondoljuk, hogy a

nap nyáron s télen az egyenlítőtől 23,5^o-ra eső körre bocsátja függőleg sugárait: még szabatosabban kitűnik a világosítás határa; egyszerűsödnek azok, melyeket a földövekről (84) mondtunk, teljesen érthetők lesznek ez esetben is, mely szerint a nappályán a földet kerengeni bebizonyítottuk.

1 J. Jegyezzük meg, hogy a földtengely nem teljesen mozdulatlan; van egy pályaköre a nappálya göncöle körül, mellyen minden 72 év alatt 1^o-t halad, tehát az egész pályát 26000 esztendő (Plató nagy éve) alatt végezi. Itt az oka a tűneménynek, melyet főlebb (83. 2 J.) *őszí s tavaszi pontok hátrálásának* neveztünk. Azonban a föld tengelyének ezen nagy évi pályája nem egyszerű kört képez, hanem sok apró körönyből van alkotva, melyeknek központjai öszszeköttelve képezik azon kört, melyet a föld tengelye (vagy göncöle) 26000 év alatt végez el. Minden egy illy körönyt 18 év alatt végez be a földtengely göncöle, s így van kimagyarázva azon tűnemény, melyet *bicegésnek* nevezhetünk, mely szerint a nappálya körszakonként most nagyobb, majd kisebb szögöt képez az egyenlítővel.

2 J. Jegyezzük meg azt is, hogy a napközel s naptáv sem esnek mindig a földpálya ugyanazon pontjaira, hanem évenként 11,8''-nyi karélytal több mennek.

γ) Bolygók mozgása.

105. Ha a hold pályáját azon úttal egybehasonlítjuk, melyeket a bolygók a csillagos égen leírnak: nem találjuk ezeken azon egyszerűséget; mit amazon látunk. A hold folyvást keleti irányban mozog, s úta egyszerű körnek látszik; ellenben a bolygók most keleti majd nyugoti irányban haladnak a csillagok közt, most lassúbban, majd sebesebben, s útaik nem egyszerű kört képeznek, hanem körkört. T. i. a bolygók ezen most haladó, majd hátráló mozgásának kimagyarázására föl kellett venniök a régi csillagászoknak, hogy a bolygók körpályáikon nem mozognak közvetlenül, hanem csak közvetve, azaz, mindegyik bolygó körpályáján képzeltek ők egy kis kört *abcd* (78 kép), mellynek központja magának a körpályának egy pontja volt; e kört a kimért pályán folyvást ugyanazon irányban mozogni mondván. Már ha a bolygó e kis körön *abcd* irányban mozog: természetes, hogy míg *abc* karélyon van, addig a bolygó mozgása a kis kör mozgásával egy irányú levén, sebesen látszik előre menni; ellenben míg *cd* karélyon mozog, addig a kis kör és bolygó úta egészen ellenkező irányuak levén, a bolygónak lassan, s ha a bolygó sebessége nagyobb mint a kis köré, akkor épen nyugoti irányban kell mozogni. E körkörben a többek közt az a nagy hiány volt, hogy az alsó bolygók mozgásának kimagyarázására nem volt elég alkalmas; azért e körkörre új körkört kellett gondolni. Azonban milly csoda erő az, melly a körkör csupa képzelt központjain lakik, s minden testi lét nélkül a bolygókat maga körül hajtani képes? milly különös agyon zavart vonal az, mellyet a bolygó egyes, kettős vagy hármas körkörön haladtában az ég üreben leír? csodálkozhatni-e, ha a régiek a bolygók ezen öszszebonyoltott útától visszarettenve azon gondolatra jöttek, hogy a bolygókat egy felsőbb szellemi lény vezeti, hogy valóságos töm-

keleg-útaikon el ne tévedjenek? Nem! lehetetlen, hogy a természet illy zavart s illy mesterkélt legyen! hihetőleg olly egyszerű görbe vonalon mozognak a bolygók, mint a föld a nap körül, vagy mint a hold a föld körül, s csak azon körülmény okozhatja e látszólag igen bonyolodott útakat, hogy a bolygók nem a kellő helyről nézetnek. Ha azon égi testről, mely körül kerengenek a bolygók, néznők ezeket útaikon, péld. a napról; akkor tán ép ollyan egyszerű görbéken látszanának mozogni, mint a milly egyszerű a hold pályája, ha azt földünkről, mely körül kereng, tehát kellő helyéről szemléljük.

106. E nézetből kiindulva ha vizsgáljuk először egy alsó bolygó útát, tehát azon pontokat, melyeket különböző időkben a csillagos égen elfoglalni látszik, s N (73 kép) a napot, a körötte levő kör a hirnök pályáját (mellyet az, mint alább meglátandjuk, mintegy 88 nap alatt végez), fy a földpálya egy részét, cy a csillagos eget képviseli; továbbá a hirnök pályáját 8, a földpálya azon körívét is, mellyet a föld mintegy 88 nap alatt végez el, 8 egyenlő részre osztván, fölveszszük, hogy a föld $1'$ -ben, mikor a hirnök 1-ben van, továbbá amaz $2'$ -ban mikor ez 2-ben, és így tovább: így ezen megfelelő számokon keresztül a csillagos égre húzott vonalok világosan ki fogják a bolygók futását mutatni.

A felső bolygók mozgását előadja a 75 kép. A nap középen áll, az ezt környező kör a földpályát, az ezen túl levő körív pedig egy felső bolygó, például menyinyúr pályáját mutatja. Míg pályáját a föld egyszer elvégzi, addig pályájából a menyinyúr (mint alább meglátjuk), 30° -t végez; s ha e körív anynyi egyenlő részekre osztatik mint a földpálya, s a megfelelő pontokon keresztül egyenes vonalok húzatnak: könnyű lesz belátni a bolygónak most haladó, majd hátráló mozgását. E magyarázat helyességét mutatja a tapasztalat, így a bolygók valólag, szabatosan azon helyeken levén mindig, mellyeken az elmélet szerint lenni tartoznak. Ha nem volna a föld kerengésének megmutatására egyéb bizonyunk: csupán a bolygók ezen útának illy egyszerűsítése elegendő ok volna azon kerengés kétségtelen elfogadására.

J. Az alsó bolygókon a holdéhoz hasonló fényváltozatot tapasztalunk, mi azonban a felsőkön a nagy távolság miatt észrevehetetlen.

107. Az alsó bolygók mozgását illető tünemények közül fontosok a következők: 1) a *hirnök* és *hölgy* soha a földdel szemköztlétbe nem jön. 2) A *hirnök* és *hölgy* soha sincsenek messze a naptól; vagy a reggeli hajnalban tűnven föl a keleti tájon, vagy esthajnalban a nyugotin; azért e két bolygó (különösen a fényesebb *hölgy*), *hajnalcsillag* nevet is visel. 3) A *hirnök* még kevésbé távozik a naptól mint a *hölgy*; ez oka, hogy fénye a nap erős világa miatt felette gyenge, s pusztá szemmel alig látható. 4) A *hölgy* tányéra a földről nézelve néha a közbe jövő hirnök által elfedetik.

Alapúl vevén azt, hogy a bolygók bizonyos görbe pályákon a nap körül mozognak, e legközelebb mondott tüneményekből következik 1) hogy a *hirnök* és *hölgy* olly pályákon mozognak,

mellyek a naphoz a földpályánál közelebb vannak, 2) hogy a *hírnökpálya* a *hölgypályánál* még közelebb van a naphoz. Ezt tudva könnyű lesz ez alsó bolygók fényváltoztatát a 74-dik képből belátnunk. N napot jelentvén, ha a föld a -ban, a hölgy (vagy hírnök) n -ben van: ekkor *hölgyujságnak* kell lenni, mert a hölgy sötét fele van felénk fordulva. Ellenben ha a hölgy m -ben van: ekkor *hölgytölte* van, a hölgynek a nap által megvilágosított fele levén felénk tárva; r -ben s s -ben *hölgynegyedek* vannak.

J . Nevezetes azon tünemény, mellyben a föld lakosai a hölgyet a nap tányérán keresztül menni látják, minek, mint a 74-dik képből láthatni, bizonyos időszakokban meg kell történni, bár, mivel a hölgy pályája a földével mintegy 3° nyi szögöt képez, nem minden kerület alkalmával. A legközelebbi mult keresztülmenetek 1761-ben s 1769-ben történtek, a legközelebbi következők 1874-ben télelő 9-kén, s 1882-dikben télelő 6-dikán lesznek láthatók. Fontosok e keresztülmenetek azért, mert a nap távolsága meghatározásának legszabatosb módszerei y_2).

108. A felső bolygókat illető tünemények közül fontosok e következők: 1) soha nincsenek ezek a nap és föld között, hanem *összsejövetkor* a nap háta megett állnak, vagy is a nap van ezen bolygók s a föld között. 2) Már ezek szemköztlébe is jönnek a nappal, azaz a föld van a nap s a szoban levő bolygók között. 3) Ha a felső bolygók tetsző átméretjét vizsgáljuk: úgy találjuk, hogy ezek *összsejövetben* s *szemköztlében* különböző nagyságuak, jelesen e tetsző nagyság változása *hadúron* nagyobb mint a *csillányokon*, ezeken nagyobb mint *égúron*, ezen ismét nagyobb mint *övéncön*, végre *végörön* legkisebb. Az 1. 2. alatti tüneményekből következtetjük: hogy a felső bolygók pályái távolabb vannak a naptól, mint a földpálya; a 3 alattiból pedig azt hozzuk ki, hogy az a viszony, melly van a földnek s hadúrának naptóli távolságai közt, nagyobb azon viszonynál, melly van a földnek s csillányoknak naptóli távolságai közt, ez utóbbi ismét nagyobb

y_2) A nap külleje az, mellynek kitudása nyújt módot a távolság meghatározására. A hölgynek a nap tányérán keresztülmentekor, a nap külleje határozatlik meg, mit így kell képzelni. Ha FD (79 kép) a föld, H a hölgy, N a nap: lehet a földet évi mozgására nézve nyugvónak képzelni, s a hölgyet annyival mozogtatni, a menyinit tesz a föld s hölgy mozgásainak különbsége. Legyen tehát IHy azon út, mellyet a hölgy a nap tányéra előtt keresztülmentekor leir. Legyenek továbbá F' és D két vizsgáló a föld színén, s ezek álljanak azon földátmérő végpontjain, melly a nappálya síkjára függőleg áll. Ekkor egy bizonyos időben a hölgy központját F' , a nap tányérán, N -ben, D pedig p -ben látandja. Már ha így p nek s N -nek a nap központjától vagy párkányától távolságát meghatározották: tudni fogják Np t is. Tegyük föl, hogy Np $40''$ -re határozottatott, más szóval pDN szög $= 40''$. Ha a földnek naptól távolsága 1 -nek vetetik: akkor a körönyön mozgás elméletéből kitudhatni, hogy keresztülmentekor NH (= napnak hölgytől távolsága) $0,68$; HD pedig (= hölgynek földtől távolsága) $0,27$, és így NHD \triangle -ben $NH : HD = 68 : 27 = 5 : 2$ (szinte), következöleg az ezen oldaloknak szemközt álló szögek' (NH -nak pDN , HD -nek FND) ugyanazon arányban állanak egymáshoz azaz, $pDN : FND = 5 : 2$; tehát $FND = \frac{2}{5} pDN$. Úgy de FND szög a nap kétszeresett külleje, pDN pedig, mint fölebb meghatározók $= 40''$, tehát a nap küllejét π -nek nevezvén, lesz $2 \pi = \frac{2}{5} \cdot 40'' = 16''$, azaz $\pi = 8''$.

azon viszonynál, mely van a föld s égürnak naptóli távolságai között, mi más szóval azt teszi, hogy hadúr pályája közelebb van a naphoz, mint a csillányoké, a csillányoké ismét közelebb mint egüré, ezé közelebb mint övöncé stb. E szerint a bolygók követező rendben állnak a naptól: *hírnök, hölgy, föld, hadúr, csillányok, égür, övönc, végör*. A nap köré így helyezett bolygók alkotják *Copernik* égrendszerét vagy naporszáját, minthogy ezt az égtudósok között legelőször *Copernik* állította.

J. Copernik rendszerében földünk bolygó, s úgy kereng saját pályáján a nap körül, mint a többi bolygó, mindegyik a magáén. A régebbi égtudósok más véleményben voltak. *Ptolemaeus* szerint a föld középen áll, s e körül kerengenek az égi testek e követező rendben: hold, nap, hírnök, hölgy, égür, övönc. *Tychó* szerint a föld középen áll, e körül kereng az egész ég. A földet a hold, s meszszebb a nap, ezt pedig a többi bolygók környezik, még pedig úgy, hogy a föld ezeknek pályáin belül esik.

109. A bolygóknak a naptól távolságaik rendét e szerint tudjuk: de még nem ösmerjük azon útakat, melyeken, s azon törvényeket, melyek szerint mozognak azok. Rendes görbe van többféle is, illyenek péld. kör, hajtalék, köröny stb. Már azon görbe, mellyen a bolygók a nap körül kerengenek, szintűgy lehet kör mint köröny vagy hajtalék stb. A régi csillagászok, mint főlebb láttuk, a kört tartván legtökéletesebb görbének, lehetetlennek tarták, hogy a bolygók más görbén mozogjanak mint körön, valamint azt is erősen hitték, (mi egyébiránt a körön mozgástól elválhatlan is volt), hogy a bolygók mindig egyforma sebességgel haladnak pályáikon. *Kepler* e régi hitet ledöntötte, szabatos vizsgálataival kimutatván, hogy a *bolygók pályái nem körök, de körönyök, mellyeknek tüzpontján áll a nap*. E tétel nevezetik *Kepler első törvényének*. Azonban e fölfedezésnél nem áll meg *Kepler*, hanem most meg azt vizsgálja, van-e valami viszony a bolygók mozgásaiban, péld. vajjon az egyenlő időben elvégzett utak nem egyenlő szögletek alatt lesznek-e? vagy mi viszony van köztök? Sok számítás s próbálgatás után végre ki jött, hogy azon háromszögű területek, mellyeket a köröny sugar által ugyanazon időben leírt térek képeznek, azaz cNB (80 kép) s ONM területek egymással egyenlők, mit *Kepler* így fejezett ki: *a köröny-sugar, az idővel arányban álló területeket söpör*. (*Kepler második törvénye*). Végre a különböző bolygók pályái közt valami egybefüggést vagy öszhangzást keresvén, vizsgálata alá veszi a köröny tengelyeit, bolygók kerület-idejét, s mintán sok hatványokat egybe hasonlított volna, az igaz arányt utoljára csak ugyan szerencsésen kitalálta. Így jött elő *Kepler* harmadik törvénye: „*a kerület-idők négyszögei arányban állnak a távolságok kockáival*“ \approx_2).

\approx_2) Fölvevén *Kepler* a hadúrt, ennek útát azon világos igazsághól kiindulva határozta meg, hogy a szemközlét pillanatában annak a földtőlí hossza $MF\sqrt{}$ (81 kép), és naptólí hossza $MN\sqrt{}$, vagy földközpointi és napközpointi hossza, vagy is azon szög, mellyet a *kosról* s bolygóról a napra húzott vonalak képeznek, azon szöggel, mellyet a *kosról* s bolygóról a földre húzott vonalak képeznek, tökéletesen egyenlő. Így jegyezte ő az útuk több pont

J. Hogy részint e törvényekről, részint a már főlebb említett tüneményekről magunknak lehetőleg világos fogalmat szerezhessünk: im itt egy tábla, melyben a bolygóknak *naptól távolságai, kerületidői, közép sebességei, körönyei, központ hagyásai*, ugyanezeknek *földpályához hajlásai* följegyeztetvék. E-lőbb azonban nem lesz tán fölösleges megjegyeznünk, hogy ha az égtudós az egyes bolygóknak s napnak földtől távolságait tudja, tudja továbbá a bolygók napközponti helyeit: könnyen kiszámítandja a bolygóknak naptól távolságait is. A bolygók csillagirányi kerületein értjük azon idő lefolytát, mely alatt a bolygó ugyanazon álló csillaghoz viszszacér, mit közvetlen szemlélés által kell meghatározni. A bolygók napközponti helyei meghatározatván, ki-világlott, mi viszonyban van azok pályáinak két tengelye egymáshoz = meny-nyire van a nap e pályák központján kívül, kiviláglott, mi szögöt képeznek a bolygók egyes pályáinak síkjai a földpálya síkjára.

Bolygók	Közép távolság a naptól		Csillagirányi kerület idő, napokban.	Közép sebes-ség.	Két tengely egy-máshoz viszonyza	Földpályára hajlás.
	földrajzi mérföldekben	földpálya félátmérei-ben.				
☉	8 082 144	0,38710	87,9693	6,53	2 : 3	7° 0' 0''
♃	15 102 268	0,72333	224,7008	4,85	75 : 76	3° 23' 28''
♄	20 878 745	1.	365,2564	4,12	29 : 30	0° 0' 0''
♅	31 812 792	1,52369	686,9796	3,29	4 : 5	1° 51' 5''
♆	49 319 050	2,3632	1327,7	2,73	5 : 6	7° 7' 52''
♁	55 754 000	2,6704	1593,8	2,56	4 : 7	13° 4' 27''
♂	57 776 600	2,7672	1681,4	2,52	6 : 7	34° 37' 28''
♁	57 797 830	2,7683	1682,5	2,52	11 : 18	10° 37' 30''
♁	108 593 731	5,2011	4332,5963	1,78	10 : 11	1° 18' 51''
♁	199 137 600	9,53781	10758,9698	1,32	19 : 21	2° 29' 38''
♁	400 520 630	19,18318	30688,7127	0,93	10 : 11	0° 46' 26''

Ezeket tudva, ha Kepler harmadik törvénye szerint péld. a hölgyet földünkkel egybehasonlítjuk, áll ez arány: $365,2564^2 : 224,7008^2 = 1^3 : 0,72333^3$, vagy péld. égűrt hadúrral egybehasonlítván, lesz $4332,5963^2 : 686,9796^2 = 5,2011^3$:

jait több szemköztlétekben. De még itt egész pálya nincsen. Megvárta tehát, míg a bolygó egész útát elvégzi, péld. míg az *M*-nél levő szemköztléte-be visszaszajón, ekkor a napok számával, melyben a bolygó pályáját végezte, 360° *t* elosztván, kijött, mennyi annak naponkénti közép mozgása. Úgy is tehetett volna ugyan, hogy fölszámítván az időt, melyben a bolygó *MN* karélyt elvégezte, a karélyt is megmérvén, *s* ezt azzal elosztván, így a bolygó egy napi mozgását kitudhatta volna: de minthogy e munkatétel a bolygónak egyforma mozgását tette volna föl, ebben pedig éppen nem volt bizonyos, tehát inkább az első hosszszabban tartó módot választotta. Minthogy pedig minden test valóságos helye meghatározására szüntelen két őszszetartozó vonal kell, t. i. hosszszaság és szélesség (80): a bolygónak napközponti *s* földköz-ponti szélességét is meg kellett vala határozni. Ezt a 82 képben láthatni, hol *b* a bolygó földközponti, *b'* pedig annak napközponti szélességét jegyezi. A feladat ez: *PSp* szögletet, vagy a napközponti szélességet meghatározni. Fölveszünk a földre nézve két helyet *T* és *T'*-t. *Első hely T*: az *m* szöglet vagy $\sqrt{Tp} + b + PTS$ mutatják a nap földközponti hosszszát (mit könnyű úgy meghatározni, hogy az *STV* közvetlenül szemlélt szöglet 360° -ból levonatván, a maradék *m*-t fogja adni), az *n* vagy \sqrt{Tp} szöglet, a bolygó földköz-

4,52369³. Figyelmet érdemlenek a bolygók közép sebességei, melyek a távolsággal folyvást kisebbednek, tehát nem nagyobbodnak, mint ezt a föld állásának esetére föl kellene vennünk (lásd 99. 2).

C) Természettani égrajz.

a) Általányos nehézkedés.

110. Kepler három törvényéből az égi testek való mozgása kiviláglott. De ha most azt kérdezzük, hol vannak, s mellyek azon erők, mellyek az égi testek mozgásának törvényszerű elveit teszik: e kérdést csupa szemlélet által meg nem fejthetjük. Két egymás ellen dolgozó erő az, melly pályáikon az égi testeket mozgatja, egyik folyvást vonza azokat egy bizonyos pont felé (*központi erő*), másik pedig ettől folyvást eltávoztatni törekszik, (*központi erő*). E két erő irányzatai szögletet képezvén, az erők egyenközének tana szerint a testnek az átállón kell mozogni. Ha a központi erő (vagy röperő) a testet egy percben ac -n (83 kép), a központi erő pedig C felé ab -n mozogni kényszerítné: ez nem engedne egyiknek is, hanem ad -n a perc végén d -be jutna. Innen a tehetetlenség törvénye szerint a második percben df -t végezné el, hanem egyszersmind C felé húzatván, még pedig de erővel dg -n g -be fogna jutni, és így tovább. Mint-hogy szakadatlanul hat mind a két erő: a test útát nem illy töredezett egyenes vonalok, hanem világos görbe vonal képezdi, s e szempontból a központi erő *érintőnek* is neveztetik, mint a melly a testet folyvást a görbe vonal egyes pontjaira húzótt érintők irányában igyekszik elhajtani a_3).

ponti hosszát, ezt amabból = az n -t az m -ből kivévén, marad az e szöglet = meszsz (elongatio) szöge = azon szöglettávolság, mellyre látszik állni a bolygó a naptól földünkről. Második hely T' : h szög a nap földközponti, k a bolygó földközponti hossza, e' = meszsz szöge. Az e -t s e' -t tudván, a b' -t így találom ki: az STp \triangle -ben az ST s Sp oldalak a közbevett szöglettel ösmeretesekek, és így fölszámítván az egész \triangle -t, ösmeretes lesz TSp szög is. Szinte így tudom meg a $T'Sp$ szögletet is a $T'Sp$ \triangle -ből, és így már tudni fogom az egész TST' szögletet, ebből a TSp s $T'SP$ szögleteket, (miket, ha TSp s $T'SP$ \triangle -ek fölszámíttatnak, könnyű kitudni) kivévén, marad a PSp , vagy a bolygó napközponti szélessége = b' . Így a hadúr napközponti szélességét meghatározván, s hosszúságával egybevetvén, kijött, hogy annak uta nem kör, hanem köröny, a nap is nem a központon, hanem a köröny tüzpontján van.

a_3) Ha ad , dg , gi egy bolygó-pályának egyenlő idő péld. egy egy perc alatt elvégzett részeit jelenti: tudjuk, hogy ez egyes pályarészek (mint-hogy e pálya köröny, mellynek tüzpontján van a központi erő) nem egyenlők. Azt is tudjuk az imént mondottakból, hogy a d pontra ért bolygó ha itt a központi erő ráhatni megszűnnék, azon sebességgel, mellyel bír, a következő percben d pont érintőjén df -n fogna haladni, még pedig úgy, hogy $df = ad$. Ebből következik, hogy adC , dCf \triangle -ek térszineikre nézve egymással egyenlők, mert talpaik $ad = df$, s magasságuk dC közös (Mtan 99 §). De ugyan ez oknál fogva dfC \triangle = dgC \triangle (e \triangle -ek talpául dC , amannak magasságául df , emennek magasságául eg vetetvén). Így bizonyítjuk be Kepler második törvényét, t. i. hogy a köröny sugára által ugyanazon időben leirt térek egyenlők.

J. Világos példa a központi mozgásra egy fonalra kötött, ennélfogva körüllobázott kövecs. Ha a fonal elszakad: megszűnik hatni a központhozói erő, s a test a leírt kör azon pontjának érintőjén fog elhajtani, melyen a szakadás történt.

Központhozói erő. 111. Három kérdés lesz itt megfejtendő: 1) hol azon erő, mely az egész mindenséget, (egész naprendszerünket) pályáján megtartja? 2) Mi azon erő hatása? 3) Egyenként van-e az minden testben, péld. földünkben, s ebben miként hat?

1) Azon erő, mely pályáikon naprendszerünk minden testét megtartja, a napban van; s így a nap a központhozói erő kútfeje (b_3).

2) A vonzás elváihatatlan sajátja az anyagnak; tehát minél nagyobb egy test tömege: annál nagyobb vonzereje is. És így a bolygók tűzpontján levő test központhozói hatása annál nagyobb, minél nagyobb annak tömege. Ellenben, minél nagyobb a mozgandó testnek a központhozói erőtől távolsága: annál kisebb ennek hatása, jelesen ha egy testtől péld. a naptól a bolygó két anynyira van mint b : akkor a csak negyedrésznyi erővel vonzatik mint b a nap által; ha három anynyira van a mint b : akkor a nap központhozói erejének a -ra hatása 9-szer kisebb, mint b -re hatása. Ezt így fejezzük ki: *a központhozói erő hatása a távolság négyszögének növekedése szerint fogy, más szóval: a központhozói erő hatása a távolság négyszögével viszás arányt képez c_3*). Ha

b_3) Ha megfordítjuk azt, a mit előbb Kepler második törvényének behiányozásánál mondtunk: kijön, hogy akarmi bolygót pályájának akármely pontján veszünk föl, a központhozói erő iránya mindig a napba tart, más szóval azon vonalok, melyek egy bolygópálya több pontjain a központhozói erő irányát fejezik ki, a nap testében jönek össze. Ugyanis ha d -n a bolygó, a központtől erő hatásától megfosztatva magára hagyatnék: nyert sebességgel a következő percben df útát végezné el. Azonban a központtől erő soha nem szűnven meg hatni, azt okozza, hogy a bolygó ne f -be, hanem g -be menjen. Most df és fg -ből egyenként alkotván, dg átható kimutatja a bolygó egy perc alatti útát; egyszersmind kiviláglik, hogy $fg \parallel dc$ -vel, vagy is hogy a központhozói erő hatása de a dc -be esik. Epen ez történik a bolygóval gi úton haladtában, hol a központhozói erő gk . És így látjuk, hogy a központhozói erő hatásai a pályák egyes pontjain ab , de , gk , mind a napba = C -be irányzódnak.

c_3) A napban levő központhozói erőt olly formán kell képzelniünk, mint világosságát, tehát a nap testéből felszínének minden pontjáról függélyes irányban milliórd erő-sugarokat képzelünk az ég üregébe kilövetni. Ezt így képzelvén, ha gondolunk két belül üres, egyközpontú gömböt, s e központon a napot; s ha egyik gömb félátméreje két akkora mint a másiké: akkor valamint belátjuk, hogy a távolabb levő üres gömb belső térszine, mint nagyobb, kevésbé világosított meg, mint a közelebbi kisebb gömb térszine; úgy természetesnek kell annak is lenni, hogy a távolabbi s nagyobb felszínű gömbre hatása sokkal kisebb, mint a közelebbire, még pedig e térszinek nagyságának aránya szerint. Úgy de a különböző gömbök felszínei a félátméreik négyszögének nagysága szerint növekednek (Mtan 115 §). Következöleg a mondott példában a távolabbi vagy is kétszer nagyobb félátméreű gömb térszine, a közelebbi gömb térszinenél négyszer nagyobb levén, erre a nap központhozói erejének négyszer nagyobbnak kell lenni, mint amarra, azaz, a központhozói erő hatása a távolság négyszögének növekedése szerint fogy. Ez általános törvényt máskép is bebizonyíthatjuk. Legyen B (80 kép) a bolygópálya egy pontja, $Bc = x = a$ bolygó által $1''$ alatt elvégzett karely; $cd = ab = k$ a

pedig veszünk két bolygót, melyek ugyanazon pályán, de különböző sebességgel kerengnek a nap körül: a központi erők egyenes arányban állnak az illető sebességek négyzetével d_3); ha pedig e sebességek a bolygóknak a pálya különböző pontjainak megfelelő távolságokkal tételnek arányban: akkor e sebességek az illető távolságokkal vizsás arányt képeznek, azaz, minél na-

központi erő hatása, $MB = 2r$. Ekkor áll ez arány: $Ma : ac = ac : aB$, I.) továbbá a bolygó egész kerületidejét t -nek nevezvén $t : 360^\circ = 1'' : x$, vagy is $x = \frac{360^\circ}{t}$, II.) Végre $\sin x = \frac{ac}{r}$, tehát $ac = r \cdot x \sin$. Minthogy pedig x szöglet igen kicsiny: keble helyett karélyát is vehetni, tehát $ac = rx$, III.) Azonban aB , parányisága miatt aM hez képest elenyészvén, aM helyett MB -t $= 2r$ -t tehetünk, s így (az I-s II-ből) lesz: $2r : xr = xr : k$ azaz $2 : x = xr : k$, tehát $2k = x^2 r$, következöleg $k = x^2 \cdot r/2 = \frac{r}{2} \cdot \left(\frac{360^\circ}{t}\right)^2$, (ha t. i. x értéke a II-ből itt helyettesítettik). Egy más bolygóra nézve ugyanazon értékü, de nagy betüket vevén föl, lesz $K = \frac{R}{2} \left(\frac{360^\circ}{T}\right)^2$. Tehát $k : K = \frac{r}{2} \left(\frac{360^\circ}{t}\right)^2 : \frac{R}{2} \left(\frac{360^\circ}{T}\right)^2 = \frac{r}{t^2} : \frac{R}{T^2}$, IV.) Úgyde Kepler harmadik törvénye szerint $t^2 : T^2 = r^3 : R^3$. Tehát a IV. alatti arányban e helyett $t^2 : T^2$, ezt tehetvén: $r^3 : R^3$, lesz, ez értékeket elcserélvén, $k : K = \frac{r}{r^3} : \frac{R}{R^3} = \frac{1}{r^2} : \frac{1}{R^2} = R^2 : r^2$. Ha pedig a tömegek hatását, mellyekkel a központi erő egyenes arányban áll, fontolóra vesszük: e fő törvényt így fejezzük ki: $k : K = \frac{M}{R^2} : \frac{m}{r^2}$ V.) mi azt teszi, hogy a központi erők a tömegekkel egyenes, a távolságok négyzetgeivel pedig vizsás arányban állnak. (Mtan 56 §). d_3) Ha Bc a pályának egy kis részét teszi; fölvehetjük, hogy a központi erőnek egyenlő hatása van a testre, míg csak ez a Bc-u mozog. Ekkor a k X. szerint, $k = \frac{2s}{t^2}$ (I.), s itt s azon tért jelenti, mellyet a mozgó test a csupa központi erő hatásánál fogva t időcskében végez el $= aB$ -t. Bc, mint igen kis karély, ac -l fölcserélhető levén, áll ez arány: $aB : Bc = Bc : 2r$, azaz $aB = s = \frac{Bc^2}{2r}$. Tehát az (I) ből $k = \frac{2 \cdot Bc^2}{2rt^2} = \frac{Bc^2}{rt^2}$ II. Úgyde $Bc = ct$ (f. III. megjegyzvén, hogy e kis karélyoni mozgás egyformának tekinthető) ha c a mozgó test sebességét jelenti: és így a (II)-ből, $k = \frac{c^2}{r}$ III. — Ha egy más test ugyanazon körben mozog, de más sebességgel: akkor K, C, R , e más testet illetvén, lesz $K = \frac{C^2}{R}$ IV. s így a III és IV-ből $k : K = \frac{c^2}{r} : \frac{C^2}{R}$, s mivel a föltétel szerint $R = r$, lesz $k : K = c^2 : C^2$, V. azaz a központi erők az ugyanazon körben levő testek különböző sebességeinek négyzetgeivel egyenes arányt képeznek. Már ha azon időt, melly alatt a test pályáját egyszer végzi t -nek, a kör viszonyát π -nek nevezük: akkor mivel $c = \frac{s}{t}$ (f. I.), lesz $c = \frac{2r\pi}{t}$, tehát a (III)-ből $k =$

gyobb egy pályapont távolsága a központhoz érőtől, annál kisebb az e ponton levő bolygó sebessége e_3). Ebből egyszersmind világos, hogy ha egy bolygó pályája kör, s ennek központján volna a nap: a bolygó mozgása egyforma lenne (mert egy körben a félátmérők egyenlők levén a bolygó távolsága a naptól mindig ugyanaz maradna); ellenben, ha egy bolygó pályája körönyt, s a központhoz érő ennek tűzpontján van: a pálya különböző pontjain különböző levén a bolygó távolsága, különbözőnek kell lenni sebességének is.

3) *Newton* volt az első, ki a földi majd az általános nehézség gondolatára jött, még pedig, a mint beszélük, erre azon csupa történetesség által ébresztetvén, hogy egyszer kertjében egy almát fájáról lepotytyanni látott. „Miért esik le az alma? így kérdezé magától, s általában minden test, ha feltámasztva nincs? Minthogy mindig függőleg esik a test a föld színére: úgy látszik, hogy a földben van valami, a mi azt magához vonza. Ezen valami, ezen erő mi törvény szerint hat az eső testre, meddig terjed a földön kívül? Ha egészen a holdig terjed: mi annak erre hatása? Talán ennek földkörüli mozgása épen következte azon erőnek? s ha ez úgy volna: nem lehetne-e ezt minden égi testre kiterjeszteni, mellyek épen úgy kerengnek a nap körül, mint

$\frac{4r\pi^2}{t^2}$, s ha még a tömeg m hatását is fontolóra vesszük, lesz $k = \frac{4r\pi^2 \cdot m}{t^2}$. Ha K , R , T , M , egy más körre nézve ugyanazt jelentik a mit k , r , t ,

m : akkor áll ez arány $K : k = \frac{4R\pi^2 M}{T^2} : \frac{4r\pi^2 m}{t^2} = \frac{RM}{T^2} : \frac{rm}{t^2}$. VI.) Ez arányból, s még a központhoz érő hatását kifejező e_3 V. alatti arányból Kepler harmadik törvényét kihozhatni. Ugyanis $K : k = \frac{M}{R^2} : \frac{m}{r^2}$. Úgyde $K : k = \frac{RM}{T^2} : \frac{rm}{t^2}$ (I. VI.), tehát $\frac{M}{R^2} : \frac{m}{r^2} = \frac{RM}{T^2} : \frac{rm}{t^2}$, azaz, $\frac{Mm}{R^2 t^2} = \frac{MmR}{r^2 T^2}$

vagy $\frac{r}{R^2 t^2} = \frac{R}{r^2 T^2}$, azaz $r^3 T^2 = R^3 t^2$, azaz $T^2 : t^2 = R^3 : r^3 = a$ kerületidők négyszögei úgy vannak mint a távolságok kockái. E körülmény, hogy előbb Kepler 3-dik törvényének használatával a központhoz érő hatását kifejező általános törvényre (e_3 V.), itt pedig ez általános törvény használatával Kepler 3-dik törvényére jutottunk, csak azt mutatja, hogy e két törvény alapján egy, s nem másnak, mint ugyanazon törvény kétféle kifejezetének tekinthető.

e_3 DC, MO (84 kép) a bolygó által egy mperc alatt elvégzett útát, tehát a bolygó sebességeit jegyezvén, Kepler második törvénye szerint $OMN \triangle = BNc \triangle$; s mivel Bc , MO igen kis karélyok: ezek egyenes vonal gyanánt vétethetők, s épen e karélyok parányisága miatt a háromszög akarmely-lyik szára, annak magassága gyanánt vétethetik. És így $MON \triangle = \frac{MO}{2}$.

$MN, BNc \triangle = \frac{Bc}{2}$. BN , következésképp $\frac{MO}{2}$. $MN = \frac{Bc}{2}$. BN , vagy MO . $MN = Bc$. BN , tehát $MO : Bc = BN : MN$.

hold a föld körül.“ Most Newton e tárgy vizsgálatába bocsát-
kozott. Huyghens s Kepler elődolgozataiból fölvehette ez erőről,
hogy ez a távolság négyszögének növekedése szerint fogy. Földszí-
nünkön levő egyes testekre hatása ösmeretes, t. i. akkora, hogy
egy magára hagyott testet az első másodperc alatt 15 lábnyira
ragadja magához, a központ felé. Ezek szerint kiszámíthatta,
hogy az 50000 mérföldre levő holdra hatása, anynyi, hogy az min-
den mpercben csak $\frac{6}{10}$ vonalt esik a föld felé (f_3). Tehát a ne-
hézség s központhozói erő egy. Így van ez minden bolygóval, sőt
minden testtel; a tömegtől a nehézség vagy központhozói erő el-
válhatlan. Viszont, mondhatjuk, hogy ha a napnak a bolygókra
vonzó hatása kétségtelen: akkor ilyen, annak saját felszínére
hatása is; a minthogy egyszerű számolással kimutathatni, hogy
péld. a nap felszínéhez közel szabadon bocsátott kövecs 1 mperc
alatt 420'-t esik (g_3).

112. *Központtói erő.* A központi erők másika, mint főlebb
mondtuk, a központtói vagy röperő, melly szerint egy test azon
pályáról, mellyen mozog, távozni igyekszik. Ha ABF (85 kép)
egy égi test pályá-karélyát jelenti; s fölveszszük, hogy ennek a-
karmi pontján péld. A-n a központhozói erő hatni megszűnik: a test
a tehetlenség törvénye szerint nyert sebességével a nevezett pont
érintőjén Ax-n fog tovább menni. Ha ezen Ax a testnek így len-
ni fogott sebességét jelenti: ezt AB, s Bx egy másra függőleg
álló vonalokra szelbonthatni, hol Bx lesz a központtói erő kife-
jezete. Minthogy azonban a központhozói erő hatni nem szűnik meg
soha: ezért a test nem is x-re hanem B-re jut, miből következtet-
hetjük, hogy a központtói erő a központhozói által semmitetik,
tehát a kettő egymással egyenlő, de irányuk ellenkező.

A test forgása az, melly e röperőt legközelebb előhossa, s
ennél fogva egy forgó test minden részei a forgás tengelyére

f_3) E hatást egyszerű számolással kimutathatjuk. K jegyezze földünk
nehézségének annak felszínére, k ugyanannak a holdra hatását; R legyen a
föld, r a holdpálya félátméreje. Ekkor a főlebbiek szerint $K : k = r^2 : R^2$
 $= 60^2 : 1$, vagy $15 : k = 60^2 : 1$, $k = \frac{15}{60^2}$. Így ha 15 lábat 3600-al el-
osztok: kijön földünknek a holdra hatása = 0,6 vonal, s enyuit esik minden
másodpercben a hold földünk felé.

g_3) A föld nehézségének felszínére hatását (111. 2.V. szerint) így fejezzük ki : $\frac{F}{r^2}$
(F föld tömegét, r földsúgárt levén), a napét pedig így : $\frac{N}{R^2}$ (N = nap tömege, R
= napfélátmérő). Ha F tömegét 1-nek vesszszük : akkor N fog tenni 338000
(lásd alább); s ha r-t szinte egynek vesszszük : R teend 110. Így $\frac{F}{r^2} = 1$,
vagyis a földnek nehézsége 1-nek vetetvén, a napét így fejezzük ki $\frac{338000}{110^2}$
 $= 28$ (mintegy), azaz, ha földszínen egy test az első mpercben 15 lábat esik;
akkor a napban 28-szor anynyit, azaz 420 lábat fog esni.

függő irányzatban törekszenek a forgás központjait elhagyni. Bizonyos, hogy ha azon test részei helyökből könnyen kimozdíthatók: vagy elválnak egymástól, vagy más időmet veend föl az egész. Világosan kimutathatni ezt egy készítményen, melyet *közönséges röpmozgony*nak neveznek, mellyen láthatni, hogy a forgás tengelyétől távolabb eső részek sebesebben mozognak. Ha ugyanis egy jól kisimitott tengelyre 6 — 8 vékony rugalmas réz- vagy acélszalagok úgy alkalmaztatnak, hogy ezeknek a tengely felső végén szabad föl s lefelé mozgásuk legyen: a tengelytől legtávolabb eső részek jobban eltávoznak attól a forgás alkalmával, mint a többiek, s így az előbb gömbalakú készítmény behorpadt narancsalakúvá válik. E próbatétellel szokás a behorpadt föld idomát világosítani. Ha pedig a forgó test részei egymástól nem könnyen választhatók: a központtől erő a tengelyre hatand, mellyet ha a tömeg egészen részarányosan vesz körül, minden egyes pont röperjét a vele egyenlő s szemközti álló röperő semmisíti, s így *szabad tengely* származik, millyennel földünk is bír. Illy tengelyt a forgás alatt fölvetett irányából csak szembe-tűnő erő mozdíthat ki, bár a nyugvás alatt a legcsekélyebb erő is képes azt helyéből kitolni. Világosan kimutathatni ezt *Bohnenberger* röpmozgonyán, mellyen ha a gömböt, forgó s egyszersmind haladó mozgásba teszem, a gömb tengelye a tovább péld. egy körben vivés alatt, magával mindig közegyenese marad, úgy, hogy kisebb ütés nem is képes őt fölvetett helyzetéből kiháborítani h_3).

J. Naprendszerünk alkatását, a főlebb mondottakat gondolóra véve, úgy kell képzelnünk, hogy legelőször a nap teremtetett; a bolygók pedig származásuk alkalmával egyszersmind valami erő által egy központra kívüli tászt kaptak, s ezen taszítás nagysága az, a mi útjokat elhatározta. A felsőbb mértan megmutatja, s esetekben kell a pályáknak kört, körönyt, hajtaleket, s menteléket képezni, s ezekből kijön, hogy a körre s hajtalekra csak egy, a körönyre s mentelékre temérdek eset lehet, e kettő közül is a köröny származása azért valószínűbb, mert erre igen kis röperők fölvétele kívántatik.

113. *Háborgás.* A napnak s bolygóknak nehézségeiknél fogva egymásra hatása azt okozza, hogy azoknak pályái nem egyszerű,

h_3) Földünk egyenlítőjén a röperő hatása 7,17 vonal. Mert ha Bx (85 kép) a röperőt jegyezi, s AB a pályának igen kis részét teszi: áll ez arány Am : AB = AB : AF, s mivel Am = Br = Bx, (ha ugyan a központhoz s központtől erőknél egymás ellenében állni s egymással egyenlőknek kell lenni), lesz Bx : AB = AB : AF, honnan $Bx = \frac{AB^2}{2r}$.

A föld átmérete az egyenlítőn 39260000 par. lábat tesz, tehát a körület = $2\pi r$ mintegy 123000000 lábat. E körületet földünk 24 óra = 86400" alatt végzi el, tehát 1"-re 1426 láb = AB esik. Ez adatokból könnyű Bx-t meghatározni. — A mit főlebb (d_3 V.) a központhoz erőről mondtunk, mondanunk kell a központtől erőről is t. i. hogy ez a sebesség négyszöge szerint növekedik. Innen következik, hogy ha földünk mintegy 17-szer sebesebben forogna, azaz, ha napunk nem 24 óráig, hanem 1,4 óráig tartana: az esés egész tüeménye előttünk teljesen ösmeretlen volna, azaz, akkor az egyenlítő alatt magukra hagyott testek nem esnének többé a földre, hanem minden támasz nélkül a föld fölött akarmi ponton megállnának. Ha még sebesebben forogna a föld: akkor ez minden rajta levő testeket magától elhajítana.

hanem szikszegezes vonalokat képeznek, s e tüneményt *háborításnak* nevezzük. S (86 kép) vonza P bolygót, ugyanezt teszi P' bolygó, ugyanezt P'', s így lesz, hogy P a képen látható vonalról be-majd kitérve futja pályáját. E háborítást, mint a mely a testek pályáin lényegesen nem változtat, s bizonyos időkben újra visszajön, *körszakosnak* nevezhetjük, s ettől az évit, mely azoknak pályáit hosszabbá vagy rövidebbé teheti, megkülönböztetjük. AS napközeli, SM naptávól, az ezeket összekötő vonal AM = naptengely, ASP szöglet pedig = távköz P-re nézve, e szögletet a bolygónak naptóli távolsága (köröny-sugár) s a köröny szög tengelye képezvén. Ha a bolygó A-ban = napközeli van: akkor távköze = 0, ellenben = 180° , ha az B-ben = a naptávban van. E szöglet s vonalok, továbbá a pályáknak egymásra hajlása s csomói bélyegezik a bolygók pályáit (i_3). Az egész háborítás következte az, hogy a bolygó-pályák egymásra hajlása, az egész hatást összevéve változatlan marad, de a csomók szüntelen hátrálnak. Innen magyarázzuk a tavaszi pont hátrálását.

J. A nap s hold összes hatása hozza elő földünkön azon tüneményt, mely *tengerár* (aestus maris) neve alatt ösmeretes, s mely szerint bizonyos időkben oda hagyni látszik medrét a tenger s a szárazra kiönt (dagály), bizonyos időkben pedig az így feldagadt tenger leohad (apály). — A tengerár

i_3) A bolygó-pályák csomóin s egymásra hajlásain változtat a háborítás, mit péld. az övönc s menyenyúr pályáin így mutatunk ki: 1) a menyenyúrt az övönc háborítván, bizonyos idő alatt (87 kép) a-ból nem b-be, hanem c-be jut, miből az lesz, hogy a csomó hátra megy, a hajlás pedig, ha ugyan $n = x + y$, (Mtan 88) kisebbé lesz. 2) ugyanezen felpálya második negyedében a csomó hasonlóan visszamegy, hanem mivel $n = x + y$, a hajlás nagyobbodik. Szint-egy csupa lerajzolás által kiviláglik, hogy a másik felpálya első negyedében a csomó hátra megy, a hajlás pedig kisebbedik, ugyanannak második negyedében a csomó ismét hátra megy, ellenben a hajlás nagyobbodik.

Vajjon a háborítás nem fogja-e változtatni földünk mostani forgását. Tegyük föl, hogy H (88 kép) = a hold, F-re = földünkre, jelesen ennek C pontjára hat. Fölvevén, hogy a föld tökéletes gömb, a és b pontok egyenlően húzatnak HC vonalra, mellytől egyenlő távolságra levén egymást lerontják, következőleg a tengely nem változhatik, és így a föld forgása sem. Úgy de tudjuk, hogy a föld behorpadt, s már ez esetben a holdnak földünkre hatása más forma leend. H holdat, N napot, F földet jelentvén (89 kép) $aH > bH$, következőleg a kevésbé húzati H-hoz mint b. Szintegy van a napra nézve is. E körülmény a földnek a nyíl irányábani forgását siettetheti, s így a PP' göncölöket P' P''-ba viheti által.

Ha a csomókra s a hajlás nagyságára nézve vesszük föl a napnak földünkre hatását a mint a 90 képből láthatni,

az 1	negyedben	a csomó visszamegy,	a hajlás	kisebbedik,
a 2	„	„	„	nagyobbodik;
a 3	„	„	„	kisebbedik;
a 4	„	„	„	nagyobbodik;

és így a nap hatása az, hogy a tavaszi napéjegyenpont hátrál, a hajlás hol kisebb hol nagyobb. — A holdnak is épen ez a hatása van földünkre, mivel, a mint tudjuk, a holdpálya a nappályától csak igen kevés fokra hajlik el... A nap s hold összes hatása a behorpadt földre a csomók visszamenésére nézve *hátrálásnak*, a nap s hold összes hatása pedig a behorpadt földr a hajlást illetőleg *bicegésnek* nevezetik.

e következő tűneményeket mutatja: 1) a dagály mindég a hold delelése után három órával áll be. 2) hold újságán s teltekor legnagyobb, a negyedben pedig legkisebb. 3) Nagyobb, ha a hold vagy nap a földhöz közelitnek. A holdközlelben tesz 22,6, a holdtávolban pedig 16,8 párizsi lábat. 4) Azon helyekre nézve, mellyek az egyenlítőhöz közel esnek, mindig nagyobb az ár. 5) Hold újsága s telte alkalmával egy nappal 39°-l, a negyede alkalmával pedig egy nappal egy órával 14'-el későbbben kezdődik mindig új ár.

Mind ezen tűneményeket a hold s nap vonzó hatásából szabatosan ki lehet magyarázni. Jelentse AB a láthatárt (91 kép), L a holdat delelésében, D egy pontját a láthatárnak, melly a földhöz legközelebb van. Már a D-t húzván a hold magához, ha az csepfolyós, ki jön az egész N-ig, és így a felszín magasabb lesz, a mikor azon helynek dagálya levén, minden víz arra fog tódulni. A mint a víz így N-ig jött, úgy látszik, mintha az F is kitódulna a P-ig, még pedig úgy, hogy FN = PD: minthogy az xy az L-hez húzatván, ez által a száraz közelebb jött, és így a víznek meg kelle tódulnia. Már mivel a D-nek L-hez húzatása annyival nagyobb C húzatásánál, a mennyivel nagyobb C húzatása F-nél: nyilván van, hogy mind a két helyen egyenlőnek kell a dagálynak lenni. A földszin többi helyei, például az *ab*, ugyanakkor tengerapályt tapasztalnak. — Ezt tudva már könnyen ki fogjuk az imént 1. 2. 3. 4. 5. alatt előadott tűneteket magyarázni. Az 1-t illetőleg: természetes, hogy az okozat mindig későbbben jön az oknál. A napi meleg legnagyobb, nem 12, hanem 2—3 órákor. Az évi meleg is nem a napállítókon legnagyobb vagy legkisebb, hanem későbbben. A 2-t illetőleg: hold újságán s teltekor egyesült erővel működnek a nap s hold; midőn a nap hatása a negyede alkalmával szinte semmi. A 3-ra nézve, tudjuk, hogy a nehézségerő hatása a távolság négyzetének növeése szerint fogy. A 4-t illetőleg: könnyű belátnunk, hogy minél düllebb szög alatt történik a hatás; annál kisebb ez. A szélesség 65°-n túl nincs többé tengerár. Végre az 5-re nézve: az új ár visszajövetének ideje közép számítás szerint 1 nap 50', s épen ennyi idő van a hold két delelései között.

β) Az égi testek tömege s tömötsége.

114. A mértan kimutatja, hogy kell egy gömb tériméjét vagy köbtartalmát, felátméréjéből meghatározni. Olly égi testnek, melly nincs végetlen messze tőlünk, felátméréjét az égtudós egyszerű mérés után könnyen kiszámítja, és így megmondja, hány kocka lábat vagy mérföldet tesz az k_3). De ki tudja számítani annak tömegét is, s így a tömeget tériméjével elosztván, kijön annak tömötsége l_3).

k_3) Legyen k (92 kép) egy bolygó, a szög látszó felátméréje, fk földtől távolsága. Így $kof \triangle$ -ben a szög s fk , valamint k (derék szög) is ösmeretesekek levén, $ko = r$ -t is kitudjuk mérföldekben fejezni, mert $tg a = \frac{ko}{fk}$ (Mtan 135 §. 5.) és így $tg a \cdot fk = ko = r$. Ekkor Mtan 129 § szerint e képlettel $s = \frac{4}{3}r^3\pi$, az egész gömb tömegét fölszámíthatni.

l_3) Főlebről c_3 V. szerint a nap azon központhoz erejét, mellyel a földet vonza, kifejezhetjük így: $K = \frac{M}{R^2}$, K a nap vonzerejét, M tömegét, R annak a földtől távolságát jelölvén. Ha ez egyenletben M -t kifejezzük, lesz I.) $M = KR^2$. Ugyan e nyomon, a föld azon központhoz erejét, mellyel a holdat vonza, így fejezzük ki: $k = \frac{m}{r^2}$, k a föld vonzerejét, m tömegét, r a holdnak földtől távolságát jegyezvén, mellyből lesz II.) $m = kr^2$. Így ha M t s m -t számmal kifejeztük: viszonylag megtudjuk a nap s föld tömegét monda-

Im itt egy tábla, melyben naprendszerünk égi testeinek térimai tömegi s tömötségi viszonya följegyezve van:

	Térime	Tömeg	Tömöttség		Térime	Tömeg	Tömöttség
☉ ☽ ♃ ♄ ♅ ♁ ♁	1394000	333800	0,2	♃	0,0058	0,0041	0,70
	0,055	0,163	2,96	♄	0,0086	0,0075	0,87
	0,885	0,924	1,04	♅	0,018	0,0028	1,55
	1	1.	1.	♁	1281	308,905	0,24
	0,141	0,129	0,91	♁	990	93,75	0,09
	0,000067	0,000078	1,16	♁	90	16,9	0,18

Sőt nem csak így viszonylag egyes számok által, hanem határozottan font számra is meg lehet az egyes bolygók tömegét ha-

ni. Ez meglevén, megtudjuk mondani tömötségök viszonyát is: mert (e. II.) $M = VD$ -ből D -t kifejezván, lesz $D = \frac{M}{V}$, D tömötséget, V térímét jelentvén. Ez az egész számítás rövid átnézete. Most fejezzük ki hát számmal az I-ben M -t. A c_3 szerint $K = \frac{x^2 R}{2}$ (x a föld által $1''$ alatt elvégzett

szögletet jelentvén). Ez x , ugyan c_3 szerint $= \frac{360^\circ}{T}$ azaz $\frac{1296000''}{365,256n} = \frac{1296000''}{31558118''} = 0,04''$, és így $x^2 = 0,0016''$, tehát $K = \frac{0,0016 \times R}{2}$. Ha ez értéket az I-ben helyettesítjük: lesz III.) $M = \frac{0,0016 \cdot R^3}{2}$. — Szintígy teszünk a

II-1, hol $k = \frac{x' \cdot r}{2}$, (x' a hold által $1''$ alatt elvégzett szögöt jegyezvén). Már $x' = \frac{360^\circ}{t} = \frac{360^\circ}{27,32n} = \frac{1296000''}{2360448''} = 0,55''$, és így $x^2 = 0,2916$.

Lesz tehát $k = \frac{0,3025 \times r}{2}$, mit ha a II-ben helyettesítünk, lesz IV.) $m = \frac{0,3025 \times r^3}{2}$. Most a III s IV-t arányban állítván, $M : m = \frac{0,0016 \cdot R^3}{2} : \frac{0,3025 \cdot r^3}{2} = 0,0016 \cdot R^3 : 0,3025 r^3$. Ha R -t s r -t kifejezni akarjuk, s fölvesz-

szük, hogy $R = 20$ milliom, $r = 50$ ezer mf.: akkor R , 400-szor nagyobb r -nél, vagy is a földpálya félátméreyét a holdpálya félátméreyében kifejezván $R = 400$, midőn $r = 1$; következőleg $0,0016 \cdot R^3 = 102400$; $0,3025 r^3$ pedig $= 0,3025$. Tehát $M : m = 102400 : 0,3025 = 338512 : 1$ azaz a nap tömege (kerekek számmal) 338000-szer nagyobb a föld tömegénél.

Naprendszerünk égi testeinek térimai nagyságát $= V$ s tömegét $= M$ tudván (viszonylag), tömötségeik viszonyát a fölebbi $D = \frac{M}{V}$ képlettel kifejezheted. A nap térimai nagysága 1394000, ha a földé 1; tömege pedig 338000, ha a földé szinte 1; tehát tömötsége $= \frac{338000}{1394000} = 0,2$, midőn a föld tömötsége $= \frac{1}{1} = 1$, azaz a nap tömötsége a föld tömötségének mintegy $\frac{1}{5}$ -ét teszi.

tározni m_3). Természetes, hogy ha a föld tömegét font számra kifejeztük: akkor ebből a többi bolygók tömegét is fölszámíthatjuk. Ha péld. tudjuk, hogy a föld 90 ezer triliom mázsát nyom: akkor a nap 338 ezerszer ennyit, a hölgyé 0,924-szer ennyit stb nyomand.

J. Az üstökösöknek csekély tömegök van; ez oka, hogy pályáikon egy vagy más bolygó által olly könnyen megháboríttatnak; ez oka annak is, hogy újra megjelentöket olly szabatosan mint egyéb égi testekét meghatározni nem lehet. 1770-ben látott nagy üstökös útát, csillagászaink úgy számíták, hogy $5\frac{1}{2}$ év múlva újra napközeliünkbe jövend. Az $5\frac{1}{2}$ év eltelt, de az üstökös nem jött. Ekkor így gondolkoztak: hogy tán olly közel ment el a naphoz, hogy ennek világa miatt az övé láthatatlanná lett, s a következő $5\frac{1}{2}$ évre láthatónak hitték. De az üstökös ekkor is elmaradt. Ekkor egy csillagász ráadta magát azon igen fáradságos munkára, hogy az üstökös állását a köröny azon pontjaiba, mellyeken előttünk láthatatlan volt, meghatározza, s úgy találta, hogy 1771-ben ezen üstökös a mennyűrhez közel ennek holdjai közt keresztülmentében, olly erősen megháboríttatott, hogy a fölünk látható napközelt egészen elhagyta, s nem is fog többé, hanem ha ismét háborítás következtében, nekünk föltűnni.

γ) Az égi testek némelly természettani tulajdonságairól.

115. Nap. A fény s meleg fő forrása a nap, s így földünkön, valamint a többi bolygókon is létező tenyészetnek föltétele. Közönséges nézet, hogy a fény, mellyet a napban látunk, a sajátképeni napnak csak fénylő légköre, maga a nap egy közepen levő átlátszatlan tömeg levén. Minthogy valamelly test megvilágíttatásának s melegíttetésének erőssége (mint alább bebizonyítjuk) a távolság négyszögének növekedése szerint fogy: tehát a nap nevezett belének, az őt közelre környező fény-légkör által, szörnyű világosnak s melegnek, mondhatnám, öszszeégettnek kell lenni; bár ez csupa vélemény, mert más részről az is lehető, hogy a nap sajátképeni magvát legközelebb egy földünkéhez hasonló, s felhőkkel tarkázott légkör övedzi, s még ezután azon fénytenger,

m_3) A föld ezen általános súlyának meghatározására kiválasztott Scótiában egy rendes formájú magányálló hegy, déli vonal húzatott, a hegy mellé állíttatott egy távcsövel ellátott ingamű, a távcső egy csillagra, mellynek a fejponttól állása égtanilag tudva volt, igazíttatott, s így azon elvből indulván ki, hogy a hegy hatása az ingaműre a föld központi erejéhez képest nem lesz egészen semmivé, az ingaműnek a valódi fejponttól elhajlása = a (93 kép) meghatározottat. fC s szöglet = z ; a = az ingaműnek a valódi fejponttól elhajlása; b = a felvett csillag távolsága a valódi fejponttól, $fCS = z'$. Ennél fogva $z = a + b$, $z' = b - a$, és így (Mtan 72 §. 2) $z - z' = 2a$; tehát $\frac{z - z'}{2} = a$, ez a hegy hatása az ingaműre. A föld egész hatását ugyanazon

műre tudjuk, t. i. = 15 pár. láb = k , és így mondhatjuk ez arányt: M (= az egész föld tömege) : m (a hegy tömegéhez) = $k : a$. Ezen hegyből egy k . láb (minthogy az egész hegy gránit volt) megmértvén, annak tériméje is meghatározatván; e képlet szerint $m = \frac{vd}{a}$ (a gránithegy tömörsége $\frac{3}{2}$ a víznek), kijött ennek egész súlya, s ez által a főlebbi arányból kifejtett ez egyenlettel, $M = \frac{mh}{a}$ az egész föld súlya = 90000 triliom mázsza.

mellyet a napon látunk; s ha tán azon említett légkör felszíne a fényugárokat még vissza is hajtja: akkor lehet, hogy a nap magvának melegsége igen alsó fokon áll.

Jó s egy színes üveg-táblával ellátott távcsőn keresztül a nap felszínén sok apró foltot vehetni észre, mellyek nőnek, majd kibesbednek, elszakadoznak, némellyek több heteken keresztül első alakjaikat megtartják, némellyek egészen sötétek, mások világlók. Mind ezek arra mutatnak, hogy a nap felszínén folyvást erős mozgásnak kell lenni. Sokan azzal tartanak, hogy ez egyes világló foltok azon helyek, mellyekben a fényfejlés folyamata most is szakadatlanul tart; ellenben a sötét foltok azon helyek, mellyeken a fényfejlés folyamata már megszűnt. Mások ellenben úgy vélekednek, hogy a nap fénykörében valami oknál fogva néha néha egyes hasadások vagy hézagok származhatnak, akkor ezeken keresztül a belül levő felhők, vagy maga a nap átlátszatlan magva fog mutatkozni n_3).

116. *Hírnök.* A naphoz legközelebb áll a hírnök, s e közelét bizonyosan nagy befolyással van annak hőmérsékletére is. A hírnök ugyanis mintegy hétszer erősebben van megvilágítva mint földünk, s így hihetőleg illy arányban nagyobb melegsége is. Hétszer nagyobb világosságban szemeink megvakulnának, s hétszer nagyobb meleg, földünkön levő állatok s növények életét csak hamar kioltaná: mi egészen más alkatású lényeknek kell tehát a hírnökben lenni, mint a millyenek földünkön vannak! mennyire különböznek ezek kivált a *vegőr* lakosaitól, mellynek hőmérséklete a hírnökénél 2300-szor kisebb; s ha a víz a hírnökön, az itt uralkodó meleg miatt, a forrponthoz mindig közel áll: akkor a végörben nem csak minden ősmertes híg testeink, hanem tán még levegőnk is szilárd testté lenne fagyva.

A hírnök felszínén sajátképeni foltokat Schröter nem vett ugyan észre: hanem látta, hogy fényszarvának egyik csúcsa szabályosan változik, mit hihetőleg az egyik göncöl szomszédságában levő nagy hegyek okoznak, s a mint ő ezen szabályosságot meghatározni igyekezett, úgy találta, hogy a hírnök, körülbelül aynyi idő alatt, mint földünk, fordul meg tengelye körül. Hanem fellelte különbözők a hírnök évszakai a mi évszakainktól, ott mind-egyik 22 nap tart, midőn nálunk 91 nap, s így meg lehet, hogy a hőmérsékletnek ezen hirtelen változása a hírnök felszínén folytonos tavaszi időt hoz elő.

n_3) Alakjaikat több ideig megtartó foltokon észrevehetjük, hogy keletről nyugot felé mozognak, a nap keleti szélén megjelenvén, 13 nap alatt az egész napon keresztül mennek s utóbb a nyugoti szélén elenyésznek. Teljesen figyelmes vizsgálat után kijött, hogy egy bizonyos napfolt a ($9\frac{1}{2}$ kép) 27 nap alatt nemcsak a -ba, honnan kiindult, visszaszajott, hanem a' -ba is, s így míg a föld 27 nap alatt FF' körülbelül 27° -nyi körivet elvégezett, az alatt a nap $360^\circ + 27^\circ = 387^\circ$ -ot haladt. Es így áll ez arány: $360^\circ : 387^\circ = x : 27$, következőleg

$$x = \frac{360 \cdot 27}{387} = 25, 12 \text{ nap, s e szerint forgását a nap ennyi idő alatt végezi.}$$

Még jegyezzük meg, hogy Schröter a hirnökön igen magas hegyeket fedezett föl, melyek 40—60 mérföldnyi hosszú láncokat képeznek. Azoknak legmagasb csúcsai 58000 láb magasoknak állítatnak; leginkább a déli félgömbön vannak, s az itt uralkodó nagy meleg mérséklésére bizonyosan jótékonyan hatnak.

117. *Hölgy.* Ha ennek átmérőjét, (1680 mf.), évi pályájáni sebességét (4,9 mf.), nehézségét (15,8 láb) a földével egybehasonlítjuk: a kettő közt kevés különbséget találunk. Léggöre is igen hasonlít földünkéhez, melyet e következő fontolgatásból hozhatunk ki. Holdunk világos fele a világtalantól igen éles vonallal van elválasztva, azaz, a világos egyszerre sötétbe megy által, annak jeléül, hogy ott semmi hajnal nem mutatkozá, a holdnak vagy semmi, vagy csak igen csekély léggöre lehet. Másként van ez a hölgyön, melynek különben vakítólag fehér fénye a nyugoti oldal felé folyvást gyengül, s közel a fényhatárnál lankadt szürkével válik, mely szín gyakran a fényhatáron túl a hölgy nyugoti felébe nyúlik. Már pedig ezek azon tájak, melyekre nézve a nap épen nyugvóban vagy kelőben van, s melyeknek épen ekkor reggeli vagy esteli hajnaluk van. E hajnalszalag szélességéből azt következtette *Schröter*, hogy a sugárszegés (miről alább) a hölgy felszínén közel $0,5^{\circ}$ tesz, csaknem mint földünk színén. A hölgyön mutatkozó szürke foltok olly csekélyek, hogy inkább gyöngé páráknak mint felhőknek tartathatnak; azonban ritka tünetek is levén, mondhatjuk, hogy a hölgy lakosai sokkal tisztább léggörben élnek mint mi.

Nyugoti felén, a fényhatáron túl, s ettől gyakran szembetűnő távolságra, egyes magánálló világos pontok mutatkoznak. Ezek nem lehetnek egyebek, mint magas hegyek, melyeknek csúcsait a lenyugvó nap még megvilágosítja. E fénypontoknak a fényhatártól távolsága, azon hegyek magassága megmérésének eszközéül szolgál. *Schröter* úgy találta, hogy a hölgy általában igen hegyes, s hegyei olly magasak (néhány 6 mf. magasak), melyekhez képest földünk legmagasb hegyei is felette csekélyek. Illy hegyek szemmel tartása által határozatot meg a hölgy forogásának ideje is, t. i. 23 óra 21'.

118. *Föld.* Földünk felszínének nagyobb részét víz borítja, s a száraz föld csak három nagy és sok kisebb szigetek formájában tűnik ki belőle. Azon három nagy sziget közül legnagyobb az, melyben Europa, Azsia s Afrika, kisebb az melyben Amerika, legkisebb melyben Australia van. Europa kiterjedése 170000, Azsiáé 640000, Afrikáé 530000, Amerikáé 570000, Australiáé 140000, a kisebb szigeteké összesen 1000000 □ mf., és így az egész száraz föld kiterjedése tesz 3052000 □ mf., midőn a föld egész felszíne több mint 9000000 □ mf. úgy hogy ennél fogva a száraz föld kiterjedése úgy áll a tengeréhez, mint 1 : 2. A déli félgömbön a tenger felülete úgy van a száraz földéhez = 3 : 1; az északi félgömbön pedig = 3 : 2. A két félgömbön levő száraz földek közönséges bélyege az, hogy a déli félgömbön levők a dé-

li göncöl felé esésosodottak, az éjszaki félgömböniek pedig elterültek.

J. Különböző minőségek szerint a föld vízel különböző neveket nyernek: Források. Ezeknek okai többfélék. Legközönségebben a légből leverődő esőnek, hónap köszönhetik létüket. Egyébiránt lehet gondolni, hogy a tenger vize is fölemelkedhetik a hajcsőves földtömegeken; az is hihető, hogy a föld belsejében sok vízzel teli üregek vannak, melyek a föld belmelege által elpárologván, midőn hidegebb testekre érnek, itt folyó formában leverődnek. A különböző források tartóssága, hőmérséklete s tisztasága különbözők. **Folyamok.** A források, súlyaiknál fogva mélyebb tájakra érven, itt folyamokká egyesülnek, melyek aztán a tengerbe szakadnak. A folyamok medreinek különböző hajlottsága okozza azoknak különböző sebességét, mit a zsurlódás, s csavargások kicsinyitnek. Néhol nem lassankint, hanem egyszerre változik a meder. Bernhez közel egy patak 1100 lábnyi magasról esik le. Niagara esetje 137 láb, s itt szélessége 720 láb. A folyamok szélessége különböző. Gyakran hegyláncok öszszeszorítják azokat, s ez által emelik a víz magasságát. Dunánk vaskapunál épen e tünetet mutatja. A folyamok más más színe többnyire azon anyagoktól van, melyeket azok medreikről elkapnak. **Tavak.** Ha nem folyhat el a víz bizonyos tájról, ennek nagy mélysége miatt: tavat s mocsárt képez. A legnagyobb tavak mélysége 900 láb. Vízökben sok konyhasó, szikag, az úgy nevezett holttengerben pedig búzsurok is van felbomolva. Hajdan, igen hihetőleg több tó volt. Csehország olyan mint valamely kiszáradt tó medre: A tavak elenyészését minden bizonynyal hegyek átszakadásai okozták, melyekben azok szabad nyílásra találván, elfolytanak. **Tenger.** Ez azon nagy víztömeg, mely egymás közt egy öszszefüggő egészet képezve a száraz földet minden oldalról körül övedzi. Partjainak magasságai különbözők. Ott legnagyobbak, hol a tenger mély s zivatáros, s hihetőleg ő maga által csináltak. Feneke szintúgy hegy-völgy bizonyosan, mint az abból kierő száraz. Legnagyobb megmért mélysége 1200 öl. Színe rendszeren zöldes-kékes, mit különben az áttetsző fenék minősége s egyéb körülmények módosíthatnak. A tengervíz sóssága alkalmasint eredeti, mely nézetet azon körülmény látszik igazolni, hogy minden sóaknak s sós hegyek körül tengeri állatok s növények maradványai találhatók. A tengervíz keserűségét a legújabb fölfedezések szerint el lehet venni, mi által az is ihatóvá lesz.

A száraz föld különböző magasságra emelkedik föl a tenger fölött. Ázsiában a Himalaya hegylánc egy legmagasb csúcsa 4513 öl, Chimboraçoé pedig Amerikában 3445 öl. Hazánkban legmagasabb a *tomicei csúcs*, mintegy 11000'.

119. Hadúr. Gyengén izzó vashoz hasonló sötét vörös színéről könnyű e bolygóra ismerni. Jó távcsöökkel több állandó foltok látszanak felszínén, melyek közül a vereses barnák (olgy színűek mint a mi vörös fővenyköveink), hihetőleg e bolygó száraz földét, a zöldesek pedig annak tengereit vagy tavaít teszik. E foltok vizsgálgatásából idős Herschel azt következtette, hogy a hadúr tengely körüli forgása 24 óra 39' 21" alatt megy véghez. Mindig nevezetes marad az, hogy a napot legközelebbre környező négy bolygó napjai csaknem egyenlően hosszúak, midőn a naptól távolabbiak feltünőleg sebesebben forognak. *Cassini* s *Römer* azt vették észre, hogy azon álló csillagok, melyekhez a hős közelített, lassankint homályosodtak, végre egészen elsötétültek s hamarább, mint a hadúr sajátképeni párkánya által elfedeztettek volna. Ellenben *South* épen semmi illy szembetűnő homályosulást nem vett észre. Amazok tehát azt következtették, hogy igen tömött, ez pedig, hogy igen vékony a hadúr légköre. — Mindegyik

göncöln kerekded, vakítólag fehér foltot láthatni, mely, ha a göncöl tartósabban ki van téve a nap sugarainak (nyáron), lassankint elenyészik, ellenben legvilágosb akkor, mikor a tél hosszú éjszakájából kilép. Igen valószínűleg hóval borított tájak e foltok.

120. *Égúr*. A most következő bolygók, egy az eddig előadottaktól lényegesen különböző rendszert, mondhatnám, családot alkotnak. Azon kívül ugyanis, hogy azok mind, közel 24 óra alatt fordulnak meg tengelyeik körül, ezek pedig sokkal hamarább (az égúr és övönc $\frac{2}{5}$, a végör pedig $\frac{3}{10}$ földi nap alatt), miért ezeknek göncöleiknél nagy behorpadtságuk is van, továbbá amazok mind kicsinyek, ezek pedig sokkal nagyobbak földünkénél ($\frac{7}{10}$ 316-szor, $\frac{1}{10}$ 95-ször, $\frac{1}{10}$ 17-szer), ellenben sokkal tömöttebbek mint ezek, — mondom ezeken kívül, amazok légköre igen ritka s gáz, emezeké pedig úgy látszik tömöttebb, és a mi földünk csepegős hígjaihoz hasonló tömeget képez, mit az égúrra nézve egyenlítőjével közegyenesen álló sötét szalagjaiból következtettek. Tengelykörüli forgását, *Cassini*, állandóan látszó foltjaiból határozta meg, mely szerint egyenlítőjének egy pontja 1'' alatt 1,7 mérföldet halad. Evi pályáján 1,8 mföldet megy e bolygó, s így forgása s kerengése nem sokat különböznek egymástól, mi ismét egy sajátága ez s a következő bolygóknak. Behorpadtsága 0,083, azaz, tengelye 800 mérfölddel kisebb, mint egyenlítőjének átméreteje (a földé csak 3 mérfölddel). Tengelye a pálya tengelyével 3°-nyi szögletet képez: ezért az évszakok ott nem igen különböznek egymástól, hanem e helyett mindegyik 3 földi évig tart. Felszínéhez közel a testek az első másodperc alatt 38 lábat esnek. Könnyű e bolygót világos sárga fényéről, s már középszerű jóságú távcsökekkel látható négy holdjáról megösmerni.

121. *Övönc*. Az övöncnek is vannak olly sötét szalagjai mint az égúrnak, sőt szélesbek, s a bennök tapasztalt gyakori szembetűnő változások, légkörében létező gyakori nagy zivatarokra mutatnak. A naptól elfordult göncöle állandóan fehérebb s világosb, hihetőleg azt mutató, hogy e göncölnél, mellynek lakosai a napot 90-szer kisebbnek látják mint mi, s $7\frac{1}{4}$ földi évig tartó telet állnak ki, felette nagy hidegnek kell lenni. Forgása, bizonyos foltjaiból, 10,5 órára határozottatott. Egyenlítője pályájával közel 30°-nyi szögletet képez, miből következik, hogy évszakai még élesb különbséget mutatnak mint földünkéi. Az övönc teste egy széles ritka s szabadon libegő gyűrű alakú tömegben látszik úszni, mellynek tünevényei s tulajdonságai égtudósaink által már nagy szabatossággal meghatározvák; s mivel mind e gyűrű árnyéka az övönc testén mind az övönc árnyéka a gyűrűn világosan láthatók, innen következik, hogy e gyűrű sötét test, s csak a naptól nyeri világát.

122. *Végör*. Nagy távolsága miatt alig tudunk többet e bolygó felszínéről, mint hogy az távcsón keresztül egy kised kerek s gyengén, de mindenütt egyenlően megvilágított körlevelnek látszik. Szalag vagy valami folt rajta nem mutatkozik, azért forgását sem határozhatjuk meg, bár ezzel bírnia kell, minthogy idősb Herschel két egymás ellenében álló pontokon szembetűnő behorpadtságot

vett észre. Egyenlítője pályájára függőleg áll: ezért a végőrön az éghajlatok különbsége egészen elveszik, azaz, a napnak a különböző évszakokban állására nézve mindegy, az egyenlítőhöz-e, vagy a göncölökhöz közel fekszik valami hely, ha ugyan e bolygó felszínének minden pontja egy év lefolyta alatt kétszer áll függőleg a nap alatt.

J. Hogy, mint minden bolygónak, úgy a végőrnek lakosai is különbözőek tőlünk, miután azok előtt a nap 360-szor kisebbnek látszik mint előttünk s ennél fogva delők alkalmával is, a mi szemünkhez mérve, sötétben botorkálnak, s oly hideget tűrni tartoznak, melly földünkön tán minden életet egyszerre kioltaná: az bizonyos, de hogy miben áll ezen különbség, testi nagyságra vagy szellemi hajlamásokra nézve, azt el nem határozhatjuk.

123. *Holdak.* 1) Földünk holdja. Minthogy ennek egyenlítője pályájával igen kis szögletet képez: az évszakok különbsége csaknem egészen elenyészik, a nap csaknem mindig az egyenlítő fölött függőlegesen áll, azért a hold lakosai mindig csaknem ugyanazon magasságra látják a napot látkörük fölött; délben, télen úgy mint nyáron az egyenlítő alattiak, folyvást fejeik fölött, a göncölöknél lakók pedig a látkörben, úgy hogy e szerint amazoknak folyvást nyaruk, ezeknek telők, e két év közt lakóknak pedig szüntelen tavaszuk van. Meglehetősen jóságú távcsövel a hold felszíne apró foltokkal ellepettnek látszik, mellyek megvilágíttatásuk ellenkező felén bizonyos hosszúságú sötétséget mutatnak; s e sötétség bizonyosan árnyék, következőleg a látszó foltok hegyek. Minthogy a hold távolságát tudjuk: a nevezett árnyék való hosszát meghatározhatjuk, csak azt tudjuk kiszámítani, mekkora a nap magassága a hold kérdésben levő pontjára nézve. Ezt pedig a vizsgált pontnak a fényhatártól távolságából kitudhatjuk; mert ha a vizsgált pont épen a fényhatáron áll: akkor arra nézve a nap a láthatárban van; ha pedig szabatos számítás után kijön, hogy a vizsgált pont a fényhatártól a hold körületének $\frac{1}{360}$ -ad részével van távol: e pont lakosai előtt a nap 1^o-ra lesz a láthatár fölött stb. A nap ezen magassága, szintúgy mint a föld színén, kimutatja a viszonyt, mellyben van a hegy árnyának hossza s való magassága egymáshoz. *Schröter* igen gondos vizsgálatai szerint a hold legmagasb hegyei *Dörfer* és *Leibnic*, amaz 25000, ez pedig 25200 láb magas. A hold hegyei abban különböznek a földéitől, hogy azok nagyobb részint gyűrűalakúlag rendezkedtek, s egymástól iszonyú nagy völgyekkel elválasztvák, melly alak a természettudósokat a véleményre bírta, hogy a nevezett hegyek hihetőleg tűzhányások által képződtek, annyival inkább, mivel *Herschelen* kívül több csillagász azt is állítja, hogy ők valóságos tűzhányásokat is vettek észre.

Azon fehér lapokat, mellyeken csak itt ott látszanak némi hegyek, de általában teljes síkságot képeznek, *Nevel* és *Riccioli* tengereknek nevezték el, (zápor-tenger, felleget-tenger, derű-tenger stb.); későbbben azok nagy kiterjedésű síkföldeknek határozattak. *Schröter* s *Gruithuisen* azt állítják, hogy ők ezeken erdőket s városokat is láttak, mellyből következtetik, hogy a holdon is laknak

emberek. Ezen kívül nagy s sok mély nyílást fedeztek föl, melyek mind a hegyek tűzhányói természetére mutatnak. — A legújabb vizsgálatokból az is kijött, hogy a holdnak igen ritka légköre van, mely 25-ször kisebb tömörségű a mi légkörünknel, s magassága körülbelül $\frac{1}{3}$ mérföld. Épen ebből következik, hogy víz is igen csekély lehet a holdon, ha ugyan e ritka lég alatt csak hamar párává változnék minden víz, s a hold egészen kiszáradna. (Lásd bővebben e tárgyról: Schröter Seleno-topographische Fragmente, Göttingen 1791. I. II.; Lohrmann Topographie der Mondoerfläche, Leipzig 1824; Mädler und Beer Mondeskarte, Berlin 1832.)

1. *J. Minthogy a holdpálya, a hold egyenlítőjével csak $6,6^{\circ}$ -t képez: ezért ott az évszakaszok különbsége úgy szólva semmi, az egyenlítő alatt örök nyár, a göncölök alatt örök tél, egyebütt többé kevesebbé örök tavasz van. A napok hossza az évek hosszával egyenlő = $29 \frac{1}{2}$ nap (88), ezért a nappal $14 \frac{3}{4}$ nap, az éj is ugyan eddig tart. Földünk fényváltozatai ott a napszakaszok meghatározására órákúl szolgálnak, a föld-újtság reggelt, első negyed delet, földtölte estét, utolsó negyed éjfél jegyzvén.*

2. *J. A hold felátméreje 230 mf., és így felszíne $727600 \square$ mf., köbtartalma (tériméje) több mint 50 milliion k. mf., tehát a földnél 50 szer kisebb; tömege a földéhez képest 0,014, tehát tömörsége 0,7.*

2) *Égür 4 holdja.* Mivel ezeknek pályáji az égür pályájával csak 2— 3° -nyi szögletet képeznek: ezért előttünk csaknem egyenes vonalban látszanak, mely az égür központján megy keresztül. Már meglehetősen jóságú távcsökkal észrevehetők. Átmérőik a bolygót legközelebb környezőtől kezdve sorban annak átmérőjének $\frac{1}{34}$, $\frac{1}{42}$, $\frac{1}{24}$ s $\frac{1}{34}$ -ét teszik, s e szerint a 2-dik legkisebb, a 3-dik legnagyobb, a két szélső szinte kétszer akkora mint holdunk, a 3-dik átmérője 5-ször akkora, végre a 2-dik csaknem akkora mint ez. Gyönyörű e holdakról az égür fénytányérának látása! — Az 1-ső kerületideje 1 nap, a másodiké 3 nap, a harmadiké 7 nap, a negyediké 16 nap.

3) *Övönc 7 holdja.* Mivel ezek, a 6-dikat (melly a hadúrnál nagyobb) kivéve, igen kicsinyek: ezért csak jó távcsökkal láthatók. Rólok keveset tudunk. Kerületöket anynyi idő alatt végzik, mint forgásukat, mi úgy látszik minden hold sajátása.

4) *Végör 6 holdja.* Ezekről legkevesebet tudunk. Pályáik a végör pályájára csaknem függőleg állnak.

J. Valljon nincs-e a többi bolygónak holdja, földünknek is nincs e több ez egynél? ezt, mint most egész bizonyossággal meghatározhatlant, a jövendő fogja megmutatni.

(Az égi mozgást illetőleg lásd: Littrows populäre Astronomie, Wien 1825. 1—3.; H. W. Brandes Vorlesungen über die Astronomie, Leipzig 1827. 1. 2. Frankenheims populäre Astronomie, 2-te Aufl. Braunschweig, 1829; J. J. Littrows, Die Wunder des Himmels, 2-te Aufl. Stuttgart 1837.)

Függelék. Naptári ösmeretek.

123. Két egymás után következő nap kelte közt lefolyt időt *napnak* nevezzük, s ezt mi keresztyének közönségesen éjfélről, csaknem minden keleti nép a nap keltétől, az olaszok annak lenyugtától, a csillagászok pedig déltől kezdik számítani; s ez utól só azért leghelyesb, mert a napnak egy pontja sem határozottatha-

tik meg olly szabatosan mint a dél o_3). — *Nap-hónap* = azon idő, melly alatt a nap az állatkör egyik jegyétől a másikig ér. A *hold-hónapokról* már fölebb szólottunk, s azok közül itt főleg a *napirányi hónap* jön tekintetbe. Mindkettő, a mint tudjuk, bizonyos számu napon kívül, még néhány órából s percből, tehát töredék-napból is áll. Azon hónapot, melly csak egész napokból áll, s vagy a nap- vagy a hold-hónapokkal egyeztetik össze, *polgárinak* nevezzük. Mivel egy napévben 365 nap, s csaknem 6 óra van: ezért a polgári naphónapok úgy rendeltettek el, hogy egy év alatt 6 hónapban 31 nap, 5-ben 30, 1-ben pedig 28, s ha az év szökő, 29 nap legyen, e vers szerint: *April ter denos Jun, Septemberque November, Uno plus reliqui viginti Februus octo*. Ha pedig a hold-hónapokból csinálunk polgáriakat: akkor, mivel azok 29 nap 12 óra 44' 3"-t tesznek, ezeknek változtatva most 30, majd 29 napból kell állniok; és mivel a 12 órán fölül levő percek 948 hónap alatt 29 napra nőnek: ezért 948 hónap multával egy 29 napból álló hónapot kell azokhoz adni, hogy a holdjárásnak a hónapokkal egybefüggése megtartassék. — *Polgári-napév* 12 polgári nap-hónapból, tehát 365 vagy 366 napból, a *polgári hold-év* pedig 12 polgári hold-hónapból, tehát 354 napból áll. A nap- s hold-év közti különbséget *évpótnak* (epacta) nevezzük, s ez vagy *égtani* = 10,87 nap, (mi származik, ha 365-t 29 n. 12 ó. 44' 3"-l elosztjuk, lásd n_2) vagy *polgári* = 11 nap. Két esztendei évpót e szerint 22, három esztendei 33, azaz csak 3, mivel 30 nap már egy hónapot tesz, és így tovább. 19 egymás után következő esztendő évpójtait tehát e következő számok jegyzik: 11, 22, 3, 14, 25, 6, 17, 28, 9, 20, 1, 12, 23, 4, 15, 26, 8, 19, 30. S mivel e 19-d esztendő évpótszáma 30, vagy is 0: a 20-dik esztendő év-pótszáma szinte 11 leend, mint volt az 1-é, következőleg az év-pótszámok köre minden 19 évben újra kezdődik. Azon Méton féle holdkör, mellyről fölebb szólottunk (n_2), nem teljesen szabatos, azaz, 19 (juliusi) napév 1 órával 27'-l 31"-l több, mint a holdnak 235 napirányi kerengése; miből következik, hogy az új holdkör első évében nem szabatosan ugyanazon időpontokra esnek a hold fényváltozatai, a melyekre estek az elmúlt holdkör első évében, hanem 1 órával, 27'-l 31"-l hamarább. Illy 19 éves köre levén az évpótszámoknak is; ezeknek idővel szinte változni kell. 312 év múlva, azon 19 évre eső 1 óra 27' s 31" hiány, egy egész napra növekszik, következőleg 312 év múlva a hold fényváltozatai 1 nappal hamarább esnek, mint estek az előtt; tehát 312 év múlva az évpótszámok is 1-l kevesednek. Gergely pápa igazítása szerint három egymásután kö-

o_3) Ha néhány egyközű kört viziránylag álló táblára rajzolsz, s e körök központjába függőleg egy tűt szúrsz; ha továbbá az így elkészített táblát valami napos helyre, ablakba, vagy földbe ásott gerendára szegezsz; azután a tű árnyékára délelőtt 9 órától mintegy dél után 3-ig, gondosan ügyelve, a körök azon pontjait, melyeket a folyvást rövidülő árnyéknak épen vége érint, megjegyezed, s e pontokat a körök központjára húzott vonallal egybekötöd: így egy szöglet származik, melyet két egyenlő részre osztván, ha e közpén egyenes vonalt húzasz, így ebben déli vonalt nyeresz, azaz, mikor e tű árnya e vonalra esik, akkor épen dél van.

vetkező századik évben, jelesen 1700, 1800, 1900-dik esztendőekben a szökő napok kihagyandók lévén, ez által az év-pótszám mindenik században 1-l növekedik.

Az előadottakból következik, hogy az év-pótszám közvetlenül kimutatja, hány napos a hold új év napján, vagy is hány napja annak, hogy új hold volt. Ha péld. 1839-nek év-pótszáma 15: ez azt teszi, hogy a hold 1839 első napja előtt 15 nappal újult meg. Világos e szerint, hogy az év-pótok egyes hónapok fényváltozatainak kiszámítására használhatók; a minthogy e hasznuk miatt *holdkulcsának* is hivatnak p_3).

124. Szokás a naptárokból az egyes hónapok napjai mellé az ABC 7 első betűt írni, s ezt az év első napján kezdve illy renddel az egész éven keresztül anynyiszor ismételni, a hányszor lehet. A vasárnap mellé eső betű *vasárnap-betűnek* hivatik. Mivel a betű anynyi, a hány napja van a hétnek: természetes, hogy egy rendes évben minden vasárnapot ugyanazon betű jelölend. Szökő évben a szökő napnak is épen azon betűje lévén, melly van az őt megelőzőnek: következik, hogy a vasárnap betű más lesz a szökő nap (télutó 24) után, mint volt előtte. A rendes év 52 hét s 1 nap: tehát az épen azon napon végződik, mellyen kezdődött; a következő évben, péld. az új esztendő 1 napja hétfőre esik, ha múltban vasárnap volt, és így ha a tavalyi vasárnap-betű A volt, az idei G leend. Már a szökő év 52 hét 2 napból állván, következik, hogy ebben az utolsó nap nem az, melly volt az új év napja, hanem az ezután következő. Ha péld. a szökő év 1-ső napja hétfőn volt; a következő év 1-ső napja szerdán leend. Tehát, ha a vasárnap-betű a szökő év elején A volt: a következő évben F leend. Minthogy minden 4-dik év szökő; a napok mellé irt betű pedig 7: csak 4-szer $7 = 28$ év alatt jöhet vissza a vasárnap-betűk ugyanazon rendre, azaz, csak 28 év múlva eshetnek a vasárnapok a hónapok ugyanazon napjaira. E 28 év lefolytát *napkörnek* nevezik. Jegyezzük meg, hogy keresztyén időszámításunk szerinti első év e napkörben 10-dik volt q_3), azaz, a Krisztus születése előtt 9 év-

p_3) Akármely év holdkulcsát vagy év-pótszámát annak aranyszámából (n_2) kitalálhadd, úgy t. i. hogy ez aranyszámból 1-t elvevén, s a maradékot 11-l sokszorozván, e sokszorozmányt 30-l elosztod; az a mi az osztásból fenmarad, mutatja a keresett év-pótszámot. Péld. menyinyi 1842-nek év-pótszáma? Aranyszáma = 19, és így $\frac{(19-1)11}{30} = 6 \frac{18}{30}$. Év-pótszáma tehát 18. Ha a nyert sokszorozmányt 30-l elosztani nem tudod: maga azon sokszorozmány lesz a keresett év-pótszám. Hasonlóan, ha bizonyos év aranyszáma 1: annak év-pótszáma 0 leend. — Év-pótszámmal így számítsd a hold újságokat. A kérdésbeni esztendő év-pótszámához add azon hónap sorszámát, mellyben esendő új holdat keresed. Megjegyezd azonban, hogy a hónapok sorát tavaszeltőtől kell számítani. Az így lett összegezt vedd ki 30 vagy 60-ból; a maradék adandja a keresett új hold napját. Péld. mi napon esik az új hold 1842-ki nyárelőben? 1842 év-pótszáma = 18. Tehát $30 - (18 + 4) = 8$. És így ez évben nyárelő 8-án új hold leend.

q_3) A napkör-számot, vagy is azt melly jelent, a napkörnek hányadik éve jár ez vagy amaz esztendőben, így találjuk ki. A kérdésbeni esztendőhöz a

vel az új esztendő-nap vasárnapra esett. Ha ez idő óta a naptáron semmi igazítás nem tétetik: akkor az első napkör illető vasárnap-betűivel egyszer leíratván, korunkban is kimutatja akarmi év vasárnap-betűjét, ha t. i. ennek nap-körszámát tudjuk. Azonban Gergely pápa igazításakor kihagyott 10 nap, s azon igazítás következtében 1700-ban s 1800-ban kihagyott szökő napok miatt természetesen változni kellett a vasárnap-betűknek, s változni kell mind azon században, melynek egy szökő évében a szökő nap kihagyatik. Im itt egy tábla, mely századunkban azaz, 1800—1899-ig a napkört s ennek számait illető vasárnap-betűket magában foglalja.

Nap-körsz.	Vasárnap-b.	Nap-körsz.	Vasárnap-b.	Nap-körsz.	Vas. betű	Nap-körsz.	Vas. betű
1.	E. D	8.	C	15.	A	22.	F
2.	C	9.	B. A	16.	G	23.	E
3.	B	10.	G	17.	F. E	24.	D
4.	A	11.	F	18.	D	25.	C. B
5.	G. F	12.	E	19.	C	26.	A
6.	E	13.	D. C	20.	B	27.	G
7.	D	14.	B	21.	A. G	28.	F

125. A niceai zsinat határozata szerint husvét napja kiszámításának saját módja van. A mondott zsinat ugyan is határozta, hogy 1) a tavasz kezdete, égtani szabatosságra nem ügyelve, egyházilag mindig tavaszéő 21-ére tétessék. 2) Husvét mindig vasárnap ünnepeltessék, még pedig azon vasárnap, mely a mondott tavasz-kezdet után eső hold tölte után következik. 3) Ha e hold tölte épen vasárnapra esnék: akkor az okból, hogy a zsidók a keresztyénekkal husvétot ugyanazon napon ne üllhessék, e vasárnaphoz nyolcad napon lesz ez megtartandó. Im itt egy tábla, hol *Asz* aranyszámot, *Th* tavaszhot, *Te* tavaszéőt, *Vb* vasárnap-betűt jegyez.

Asz.	Th.	Vb.	Asz.	Th.	Vb.	Asz.	Th.	Vb.	Asz.	Te.	Vb.	Asz.	Te.	Vb.
1	13.	E	7	7.	F	13	1.	G	3	22.	D	14	21.	C
2	2.	A	9	15.	G	15	9.	A	5	30.	E	16	29.	D
4	10.	B	10	4.	C	17	17.	B	8	27.	B	19	26.	A
6	18.	C	12	12.	D	18	6.	E	11	24.	F			

E tábla segítségével így számítsd ki akarmi év husvét napját: keresd ki a kérdésbeni év aranyszámát s vasárnap-betűjét, aztán nézd, e táblában ez aranyzámmak mi hónap, ennek hányadik napja, s mi vasárnap-betű felel meg; e vasárnap-betűtől számlálj el a kérdésbeni év vasárnap-betűjéig a tudva levő sorban; a hányadik nap ez amához, anynyit adj a táblábani nap-számhoz; ez lesz a keresett husvét napja. Péld. mikor van husvét 1842-ben?

dunk 9-t, ez összegezt elosztjuk 28-l; az utolsó osztás maradéka kimutatja a keresett nap-körszámot. Ha az elosztásból semmi sem maradt fenn: akkor maga az osztó jelölendi a nap-körszámot.

Ez év aranszáma 19, vasárnap-betűje *B*; táblánkban 19 aranszám-nak *Te. 26. A* felel meg; A-tól B-ig 1-t számlálunk, ez 1-t 26-hoz adván, tavaszelő 27-e lesz a keresett husvét napja.

J. Ha a kérdésbeni év vasárnap-betűje a tábláani vasárnap-betűvel megegyez: ez jele annak, hogy a holdtól vasárnapra esett; és így a husvét ehez egy hétre lesz megtartandó.—A határnapok, melyeken belül esik husvét, mindig tavaszelő 21, és tavasz hó 25, e vers szerint: *Nec sequitur Marcum, nec praecedit Benedictum.*

A római adószám 15 éves kör, mely Constantín korában kapott lábra. E kör a naptárokban fölösleges.

126. *Változó ünnepeknek* azokat hívjuk, melyek husvétal e-löbbre vagy hátrábbra mennek; *állandóknak* pedig azokat, melyek a hónapnak, mindig ugyanazon napjaira esnek. *Változó ünnepek: Husvét;* ezután jönnek egy egy hétre e következő nevű vasárnapok: *Quasimodogeniti, Misericordias Domini, Iubilare, Cantate, Rogate, Exaudi, Pünköst, Szent Háromság, Szent Háromság után 2, 3, 4, 5 stb. vasárnapok,* a római hitvallásuaknál; ellenben Szent Háromság után 1, 2, 3, 4 stb. vasárnapok a protestansoknál egészen Karácsony előtti I, II, III, IV vasárnapig, melyek *Advent-vasárnapoknak* hivatnak, végre, ha van, még új esztendeig egy vasárnap. Jegyezd meg, hogy *Rogate* után következő csötörtökön *Jézus mennybemenetele,* Szent Háromság vasárnapja után következő csötörtökön *Úr-napja* ünnepeltetik.—Husvétot e következő vasárnapok előzik meg (Husvétől új esztendő felé számítva): *Virág vasárnap, Judica, Laetare, Oculi, Reminiscere, Invocavit, Quinquagesimae, Sexagesimae, Septuagesimae,* végre *Vízkereszt* után következő (néha több néha kevesebb) vasárnap. Jegyezd meg, hogy a Husvétot megelőző hét *nagy hétnek,* ennek pénteke jelesen *nagy pénteknek* hivatik; továbbá *Invocavit* előtti szerdán *hamvaszó,* kedden pedig *hushagyó* van.

Állandó ünnepek e következők: télhó 6-án *Vízkereszt,* télutó 2-án *Gyertya-szentelő,* tavaszelő 25-én *Gyümölcsöltő,* (melly ha Husvét ünnepeire esnék, egy hét mulva hétfőre tétetik által,) nyárelő 29-én *Péter és Pál,* nyárutó 15-én *N. Boldog asszony,* nálunk magyaroknál nyárutó 20-án *István király,* őszelő 8-án *Kis-asszony,* ősztutó 1-én *Mindszent,* 2-án *Minden halottak emléke,* tél-elő 8-án *Boldog asszony fogantatása,* 25-én *Karácsony.* Ide járul a négy *Kántor,* melyek közül az első *Invocavit* a második *Pünköst* a harmadik *Keresztmagasztalás* a negyedik *Luca* napja után következő *szerdák*on esik. A keresztmagasztalás mindig őszelő 14, s Luca mindig télelő 13-ára esik.

J. Ha égtani szabatoságot s egy tökéletes naptár minden kellékelt nem kívánhatván, valami évre csak olly naptárt akarsz készíteni, millyen e függelékben adott elemi ősmerek után igényelhető: keresd ki először azon év aranszámát, hold kulcsát, napkörszámát, vasárnap-betűjét, egyszersmind a hold-negyedeket a főlebb mondott módon számitsd ki. Továbbá tudd meg, szökő-e a kérdésbeni év, vagy rendes, mit az által kitudhatsz, ha azon évet 4-1 elosztod, s ha látod, hogy ez elosztásból semmi sem marad fenn: akkor az év szökő, különben rendes. Ha szökő: akkor télutó 29 nappól álland; a többi hónapok pedig 30, vagy 31-ből. A hónapokat s illető napjait így leírván, s a vasárnapok is kijegyeztetvén, határozd meg a husvét na-

pot, azután írd föl a változó s állandó ünnepeket. Végre a római hittők s protestansok szerinti névnapokat, mint a mellyek minden évben a hónap ugyanazon napjaira esnek, írd ki valami naptárból.

(Lásd e tárgyra bővebben, a régibbek közül: Wolf *Elementa Matheseos universae* II-dik kötet, Weidleri *Institutiones Matheseos Lipsiae* 1784; az újabbak közül: Ideler *Handbuch der Chronologie* Berlin 1826; Littrov *Kalendariographie* Wien 1828.)

Harmadik Fejezet. Szilárdhullámtan.

127. Ha afb kifeszített húrt (95 kép) középen megfogván acb helyzetbe viszed: így kiterjed az. De ha az ezt tevő erő megszűnt: rugalmasságánál fogva az előbb kiterjesztett húr öszszehúzódik, s előbbi helyzetét igyekszik fölvenni. Ez alatt sebessége épen úgy nő mint hintázó ingáé, s akkor midőn afb -re ért, legnagyobb; azért lehetetlen neki e helyzetben rögtön nyugalomba menni, hanem bár fogyó sebességgel, tovább hintáz, míg adb -be jutván, sebessége = 0 leend. Az előbb említett rúgó erő itt újra afb felé mozgatja, majd ezen túl, míg sebessége ismét 0-á válik stb. Ezen mozgást, mellyben a húr acb helyzetből újra acb -be visszajön, *rezgésnek*, *hullámzásnak*, vagy *hintázásnak* azon időt pedig, mi alatt a -ból c -be ér, *egyhintázatiidőnek* nevezzük.

Mint az inga a föld vonzereje növekedtével sebesebben hintáz: úgy egy húr hintázatainak sebessége is nő a feszerő 4, 9, 16-szor stb. nagyobbá lesz, a hintázatok 2, 3, 4-szer stb. sebesebbek lesznek. Hasonlóan elmélet s kísérletek után bizonyos, hogy egy húr hintázatiideje annak hosszával egyenes arányban nő, végre, hogy annál lassúbban hintázik, minél nagyobb átmérője van. Azon erő, mellyel a húr afb -be visszszamenni törekszik, egyenlő azzal, melly őt azon helyzetből kimozdítja, s tehát amál nagyobb, minél távolabb van c , f -től; hanem azért egy hintázat ugyanazon huron s ugyanazon feszerő mellett nem tart tovább, ha afb helyzetéből a húr kisebb vagy nagyobb távolságra mozdítottatik ki.

Ha ab húrt (96. a kép) nem középen, hanem péld. c -nél mozdítom ki helyéből: az adf alakot öltend, s e görbület aztán tovább terjed (mint a β képből láthatni); s ha végre az (γ kép) a -ba ért: ekkor ellenkező görbület származik (δ kép), melly szintúgy megy vissza, míg végre (ϵ kép) újra b -be érkezik. Innen ellenkező irányban ismét a felé fordul stb. míg, folyvást gyengülve, utóbb elenyészik.

Ha ab -t c -nél (97. kép) 2, 3, vagy többször egymás után megütöm: a visszafutó hintázatok az újakkal oly görbületet képeznek, mint a képből láthatni. Ekkor *mroun* hullám, *mro* ennek hegye, *oun* völgye, *rs* a hullámhegy magassága, *tu* a hullámvölgy mélysége, *mn* a hullám hossza. — Úgy is előállíthatni e tümenényt, ha egy kötelet, melly egyik végénél valamihez kötött, másik végén kezembe fogván, azt ez által hintázó mozgásba hozom. Mind a két módban láthatni, hogy a 96 kép *haladó* hul-

lámai helyett, oly álló hullámok képződnek, millyeket a 97 kép mutat, mellyek m , n , o nyugvó pontok körül hintáznak. E pontokat *hintázatsomóknak* nevezzük.—Illy álló hullámok képződnek akkor is, ha ab (98 kép) húrt, mellyet néhány egyenlő részre elosztottnak gondolok, az első osztálynál a -nél föltámasztván vagy gyengén megérintvén, középen egy hegedűvonóval meghúzó. A húr hátra levő része bd ekkor a hintázatsomók által anynyi részre oszlik, a menynyi még hátra van; s e hintázatsomókat apró kis papiros darabkák által lehet kimutatni, mellyek a húrra tétetvén, a húzáskor, a hintázatsomókra teteket kivéve, mind lehullanak. Ellenben ha ab húr (99 kép) 5 egyenlő részre osztatik, s a 2-dik osztalékon támasztatik föl: akkor a bd -n 3 hintázatsomó képződik, ha a vonóval, ad középen húztatik meg.

Eddig a húr kereszthintázatairól beszéltünk: de vannak annak hosszshintázatai is, mik akkor állnak elő; ha az, egy vonóval, igen kis szöglet alatt húztatik meg. Ekkor a húr részei változtatva összehúzódnak, majd kiterjednek. Ha ab (100 kép) húr, csomó nélkül hintáz: részei a mozgás alatt a végpontokra támaszkodnak; de ha az c -ben gyengén megérintetik: itt egy hintázatsomó képződik, s a húr részei változtatva most egymás felé, majd egymás ellenébe mozognak.

J. Keskeny s hosszszában kifeszített bőr úgy hintáz mint a húr.

128. Ha ab rugalmas rúd (101 kép) egyik végét valami falban vagy fában megerősítjük: ütés által egyszerű hintázatba ejthetjük azt, mellynek száma vastagságával egyszerű arányban áll, ellenben 4, 9, 16...szor hosszszabb rúdban 2, 3, 4...szer kisebb ez. De ha e rúd oly helyeken érintetik meg, mellyeken (102 kép) bd az egész rúd hosszszának mintegy $\frac{1}{3}$ -át vagy $\frac{1}{5}$ -ét teszi: két vagy három hintázatsomóval is hintázhat.

Ha az ember egy rugalmas, elég hosszú, sima s lehetőleg egyenes rúdat hosszszában dörzsöl: hosszszában fog az hintázni. Már ha ezen rúdat fövennyel behintjük: ez a nyugpontokon összzetődül s hintázatsomókat képez. *Savart* megvizsgálta a hosszszában hintázó üres hengerek csomóinak helyzetét is, s úgy találta, hogy a külső s belső csomókat összzekötő vonalok csavarmenetet képeznek.

129. Rugalmas levelek hintázásakor, melly szinte hegedűvonóval húzás által támasztatik, a húroknál látott hintázatsomókból illy pontok egész sora származik, mellyet *csomóvonalnak* nevezünk. A levelekre hintett föveny a húzás alatt azoknak csomóira tődül, egyébbünnen a mozgás által elveretvén, s így az bizonyos képeket, mellyeket fölfedezőjükről *Chladni hangképeinek* nevezünk, hoz elő. Ezeknek előállítására, legjobban használhatók oly vékony üveglevelek, mellyeknek éles párkányaik le vannak dörzsölve; de lehet e célra érc- s faleveleket is használni. A hangképek minőségei függnek a hullámok származásának helyétől, a támadt hullámok szélességétől, s a rugalmas-levél formájától, mit az azt meggon-doló, hogy azon képek az egyenes s visszahajtott hullámok rendes összzetalálkozásából támadnak, könnyen átláthat. Innen van,

hogy a különböző idomú leveleknek különböző hangképeik vannak; hogy ugyanazon levélben is különböző hangképeket lehet előhozni a szerint, a mint az ember a vonót erősebben vagy gyengébben, sebesebben vagy lassabban húzza, s ez által mintegy a hullám hosszát meghatározza, végre a mint az érintett pont vagy pontok helyzetét változtatja.

J. A legelső hangnak mindig a legegyszerűbb kép felel meg; *s* minél összetettebb ez, annál magasb a hang. De azért nem kell gondolni, hogy minden hangnak saját hangképe van, minthogy ugyanazon idomú, de különböző nagyságú leveleknek egy bánás után egy hangképek van, de hanguk különböző. Ha a rugalmas leveleket *a* pontokon (103 kép) megfogod, *b*-vel jegyzett helyeken pedig hegedűvonóval zsúrolod: akkor az azokra hintett por azon alakokat veendő föl, mellyek a nevezett kép I—VIII-n láthatók.

Görbe leveleken szinte származnak csomóvonalok, mellyek az egész felszint hintázó osztályokra szaggatják. Ez osztályokat észrevehetni felig vízzel töltött, s aztán a párkányon megsúrolt üveg-poharakon; mert a vízen uszkáló könnyű testecskéket a pohár falai néhol erősen, máshol épen nem taszítják el. — Hintázó harangokban hasonló csomóvonalok képződnek, azt megjegyezvén, hogy a belső lap csomóvonalai a külsői közt foglaltatják.

Második szakasz. Híg testekről.

1. Fejezet. Hígálltan.

130. A csepegős testek súlyegyenérőli tudományt *hígálltanak* (*Hydrostatica*) nevezzük, s minthogy akármi csepegős test *a*) ön magával, *b*) más csepegős testtel, *c*) egy szilárd testtel lehet súlyegyenben: e címek alatt fogjuk az egész tudományt előadni.

J. Minden csepegős test között a víz a legelterjedtebb s hasznosabb. Azoknak természeti tulajdonságait is legjobban ki lehet ezen mutatni, s azután alkalmazni más nedvekre, a honnét a csepfolyós testek tűneményeinek előadásában mindig a vizet tartandjuk szemünk előtt. A víz természeti tulajdonságai között legelől áll annak súlya, melly is minden egyéb testek (a légne-műeket kivéve) fajsúlya meghatározásának mértékeül vétett föl. E szempontból már régóta gyakori s igen gondos mérések tétettek; a legújabb időben *Stämpfer* úgy találta, hogy egy bécsi kocka hüvelyknyi tiszta és 3^o R víz súlya 1,044023 lat = 250,56 szemer, következőleg egy kocka láb ilyen víz 56 fontot + 12 latot + 172,18 szemert, egy bécsi pint pedig 2 fontot, 16 latot, 197 szemert nyom. Összsenyomhatósága és rugalmassága a víznek olly csekély, hogy azt hiba nélkül semminek vehetjük. Igaz, hogy újabb kísérletek kimutatták, hogy egy 30 lábnyi magas vízoszlop mintegy 0,2 vonallal nyomathatik össze. De épen e kicsiny összsenyomathatóság jogosít arra, hogy azt a csepfolyós testek tűneményeinek kimagyarázásában számba se vegyük. — Végre a víz, ha kis mennyiségben szabadon esik le felé, csepp-alakot vesz föl; azért e gömbidomot kell a csepegős testek saját természetének tartanunk. A csepegős testek e tulajdonsága van a sörét készítésében alkalmazva.

1. Cikk. A csepegős test súlyegyenéne önmagával.

131. Ha valami edény fenekére vizet cseppenként, még pedig cseppet csepp fölé töltesz: ezek nem maradnak meg egymás fölött; a fölsők súlyaikkal nyomulnak az alsókra, mi által ezek mint könny-

nyen félre tolhatók a nyomás alul kisikamlanak, s így lesz, hogy nyugatomban levő víznek felszíne akármely edényben vagy helyen, fekmentes tartozik lenni. Ez oka, hogy e szavak „fekmentes, víz-irányos“ egy jelentményűek.

132. Ha valami edénybe vizet töltünk: súlyosbba lesz az; mi más szóval azt teszi, hogy a víz az edény fenekére bizonyos erővel nyomul (15). Ha van egy hengered, melynek kiköszörült alsó párkányára légzárólag illik egy üvegtábla; s ezzel annak alsó felét víz alá viszed: tapasztalandod, hogy az üvegtábla erősen ráfekszik a henger aljára, tehát épen nem ül le, mint súlya kívánná, a víz fenekére. E kísérletből következtethed, hogy a víz-részek vagy cseppek nem csak tefelé az edény fenekére, hanem fölfelé is nyomulnak. Végre, ha van olyan forma edényed, minőt a 104 kép mutat, s ezt *a*-nál vízzel teli töltvén, majd bedugván, *tp* talpára állítod, s ekkor az *a*-nál levő dugaszt kihúzd: látandod, hogy a víz *a*-nál kiömlik, egyszersmind az edény *to* oldalára hátra bukik. E kísérletből következteted, hogy a víz nem csak le és föl, hanem oldal felé is nyomul. Míg ugyanis az edény *a*-nál be volt dugva: addig az edénynek egyik úgy mint másik oldala a nyílak irányában nyomtatván, nem lehetett annak felborulni. Hanem ha a dugaszt kihúztad: az oldalnak azon pontjaira, melyeken a dugasz volt, nyomulás megszűnt, ellenben a másik oldalra nyomulás megmaradt; ez lett tehát a kiható, következőleg ez irányban meg kelle az edénynek mozdulni. Mind ezen tünemények a csepegős testek részecskéinek könnyű eltolhatóságából természetesen magyarázhatnak; mert minden vízesépp igyekszik azon nyomás alól kisikamlani, melly a fölötte levők által rája fekszik, melly igyekezetét az oldalaslag és föl felé fekvő vízrészekre nyomulásban nyilvánítja.

J. A híg testek ezen törvényén alapszik *Segner forgója*, mi nem egyéb, mint egy tengelyeken függőleg álló, kevésbé magas henger, melynek oldalára egymás ellenében csapok által be s felzárható csövek vannak alkalmazva. Ha víz töltetik e hengerbe, s ekkor csapjai felzártnak: tengelye körül forogand. *Barker* e forgót malomkő hajtására alkalmazta. A puská rugása, az álgúnak kisütéskor hátra löketése mind az oldalra nyomulásból magyarázhatók.

133. Ha *AB* (105 kép) vízzel teli edényben egy cseppet *b* képzelsz oda, hol a képpen rajzolva van, tehát épen közepre: ez minthogy jobbról balról egyenlő menynységű víz nyomul reá, meg sem mótzanand. Most ha e csepp mellé egy másikat *c* gondolsz, melly közelebb esik az edény balfalához: ez úgy látszik nagyobb erővel nyomatik a jobbról fekvő, nagyobb, mint a balról fekvő kisebb víztömeg által, miből az következnek, hogy a *c* s utána minden ugyanazon vonalban levő vízcsepp, tehát *b* is megmozdulna. Hanem ez lehetetlen, 1-ször azért, mert ekkor *b* középről kitolatnék, pedig előbb mondtuk, hogy ő mint közepén levő az egyenlő erőknél fogva mozdulatlan tartozik maradni, 2-ször azért, mert ha *c* megmozdulna: hova menne? hisz a szomszéd vízrészek a megmozdulásnak, az edény falával egybeköttetés miatt tökéletesen ellent állnak. És így *c* csepp szintolly erővel nyomatik

jobb, mint bal felé. Hasonlóan lehet bebizonyítani azt is, hogy akármilyen csepp a víztömegben éppen oly erővel nyomatik *le*, mint *fölfelé*. Így vannak a vízcseppek egymással súlyegyenben.

134. Ha egy hólyagot mintegy félig vízzel megtöltösz, s ekkor annak száját valami vékony üvegsőre erősen rákötöd, s így az üvegső függőleg tartatván, a hólyagot alkalmas mély vízben mindig lejjebb merítet: tapasztalod, hogy a hólyagbani víz utóbb az üvegsőbe fölhang, sőt ha az alább merítést folytatod, végre ebből ki is ömlik. E kísérletről természetesen az következik, hogy a víz, nagyobb mélységen nagyobb erővel nyomul egy benne levő testre, más szóval, *a vízben nagyobb mélységre nagyobb a nyomás.*

J. Ha véssz egy négyszögletű edényt *AB* (106 kép) mellynek magassága 3 láb, feneke 1 négyszög láb, mellynek egy oldal-falán *k* likat 1 láb, *i-t* 2 láb, *h-t* 3 láb mélyen furtál; majd, miután a furt likakat valamivel bedugtat volna, az edényt vízzel teli töltöd, s ez meglevén a dugaszokat kihúzod: meglátod, hogy a legfelső likon kitóduló víz az edényhez legközelebb, a legalsó likon kitóduló pedig legtávolabb fog a földre jutni, tehát amaz legkisebb, emezt pedig legnagyobb erő nyomta kifelé. És így e kísérletről is kiteszik a főlebb említett törvény. Sőt figyelembe vevén azt, hogy egy köb láb víz $56\frac{1}{2}$ fontot nyom (130), az *lk*, *ri*, *ph* négyszöglapokra nyomuló víz terhet meg is mérhetjük. Mert ha, mint mondták, *k* 1' mélyen van: akkor az *lk* vonalban eső vízrészeket 1 köb láb víz nyomván, ennek azokra $56\frac{1}{2}$ font teherrel kellett támaszkodni. Már az *ri* vonalban fekvő vízcseppeket (2' mélyen) 2 k. láb víz, azaz 113 font, a feneken levőket pedig (3' mélyen) $169\frac{1}{2}$ font nyomván, természetesen, hogy az ezeken kitóduló vízrészeknek nagyobb sebességet kellett fölvenniök. Ha egy hűvár 150' mélységre vinne le egy deszkát a tengerbe: erre a víz 150-szer $56\frac{1}{2}$ font, azaz, 8465 font teherrel nyomulna; mi oly nagy, hogy általa a deszka tetemesen összenyomatván, többé a víz színén úszni nem fogna, hanem mint darab vas lesúlyedne. A mint-ugy ez Scorezbi csónakával voltaképen meg is történt.

135. Ha úgy van két edény összekötve, hogy a víz egyikből másikba folyhat: az illy edényeket *közlőknek* nevezik, jelesen ha csőalakú a két edény *közlő csöveknek* (mint a 107 képen, hol fölvehetni, hogy *km* s *rh* csövek *hfm* csővel egybekötvék). Hogy az illy csövekben a víz egyenlő magasan tartozik lenni: az a 131-ből ugyan egyenesen következik; azonban egyébként is bebizonyíthatjuk. Tegyük föl ugyan is, hogy az egyik csőben, vagy inkább szárban a víz *ab*-ig, másikban *cd*-ig, tehát különböző magasan áll: akkor a magasabb vízoszlop nagyobb erővel nyomul *f*-nél levő vízrészekre, mint a rövidebb, s most így a kisebb erő a nagyobbak engedni tartozván, a víz e rövidebb szárban mindaddig hágni tartozik, míg *f*-re egyenlő terhű víz nem nyomul, tehát míg a két szárban a víz magassága egyenlő nem leend.

J. E törvényen alaptul a viznek közönséges, szintűgy mint artézi kútakban fölemelkedése, közönséges lámpák készítése, vízszinmérések stb. Oly alakú közlőcsöveket, minők a 108 képen láthatók, vízszinmérésre használnak. Ugyan is ez edényben vizet töltvén, *s ab* s *cd* felszinek fölött, mellyek egymástól mintegy 4 lábnyi távolságra vannak, elnézvén, egy körülbelül 100 lábnyi messziségre fölállított mértéken meghatározzák azon pontot, mellyre *ad* egyenes vonal esik. Már ha e mértékenyi pont a földszin fölött 10 hüvelykel magasabbnak találattik mint *ad*: világos, hogy a földszin a nevezett távolságig 10 hüvelyket szállt.

136. Küss egy mérleg egyik karjának végire valamely edényt

péld. üvegphárt; tölts ebbe egy kevés vizet, aztán hozd súlyegyenbe a mérleg másik karjáról lefüggő serpenyővel. Ha most fölülről valami tömött, p. fa- vagy vashengert úgy bocsátasz az említett pohárban foglalkozó vízbe, hogy az magát a poharat ne érintse: látni fogod, hogy a víz az üvegben emelkedik, s egyszerűs mind a mérleg súlyegyene fölbomlik, t. i. az üvegphár karja lebillen, és így súlyosbba lesz mint a serpenyő karja. Felöltő e tünetemény, mert a víz mennyisége semmit nem változott; a vízbe merített hengert kezem tartotta, tehát nem az üvegphár, következésképpen nem a henger súlya nevelte az üvegphár súlyát; a mint hogy ha e kísérletet két hengerrel teszem egymás után, jelesen egy fa s vashengerrel, s a fa vastagabb mint a vas: tapasztalandom, hogy ha mind kettőt egyenlő mélységre bocsátom le, a fahenger sokkal nagyobb mértékben billenti ki a mérleget, azaz, súlyosbba teszi a poharat, mint a vas, holott az ennél sokkal könnyebb. Figyelmeztvén a víznek a hengerek beléje mártása által emelkedésére, észre veszed, hogy minél magasabbá lett a vízoszlop az üvegphárban, súlya is annál nagyobbá lett. És így ebből következtetni fogod, hogy *azon teher* mellyel nyomúl a víz bizonyos alzatra vagy fenekre, *nem függ csupán a víz tömegétől, hanem a vízoszlop magasságától is*, s így bátran állíthatod, hogy péld. egy íce víznek valami alra nyomulása, lehet egy esetben százakkora mint másban. E törvényt másként is behizonyíthatni. Ha véssz két egyenlő magasságu és egyenlő fenekű edényt I. és II. (109kép) s mindkettőt vízzel tele töltöd: látod, hogy I-ben sokkal több víz van mint a II-ben. Most a víz tömegében *a*, *o*, *b*, *d* cseppeket, mellyek a víz színe alatt egyenlő mélyen fekszenek, vevén föl, természetesenek találod, hogy *a* és *o* mind két edényben egyenlően nyomatik le fele (134). De *d* is szintolly erővel nyomatik le felé mint *o*, bár amaz fölött közvetlen több víz legyen is, mint *e* fölött, ha ugyan a vízcseppek könnyű sikamlásánál fogva az *a*-ra támaszkodó nyomás *d*-re is elterjed; egyébiránt a 133 szerint *o* épen akkora erővel nyomatván oldal felé mint *d*, továbbá *o* ugyan akkora erővel nyomatván oldal felé vagy le, mint fölfelé, természetesen e sajátjának *d*-t is kell illetnie. És így, miután ezt a fenekre nyomuló minden cseppről megmutathatni, kétségtelen, hogy a II-beni kevesebb víz épen akkora erővel nyomúl ennek fenekére, mint az I-beni sokkal több víz a magaéra.

Ha a II. feneké két akkora volna, mint az I-é: akkor arra két annyira vízcsepp nyomúlna mint erre; következésképpen az alra nyomulás amabban két akkora lenne, mint ebben, és így áll e tétel: *a különben egyenlő körülmények közt bizonyos mennyiségű víznek bizonyos fenekre nyomulása annál nagyobb, minél nagyobb a fenek.*

Végre ha nem vizet, hanem más csepegő testet véssz: akkor annak *alra nyomulása* a különben egyenlő körülmények közt *nagyobb vagy kisebb, a szerint a mint azon csepegős test fajsúlya* (15. 1 J.) *nagyobb vagy kisebb.*

Mind ezen körülményeket öszszefogván, mondhatjuk, hogy a csepegős testnek fenekre nyomulása annál nagyobb, minél nagyobb annak fenek fölötti magassága, minél nagyobb feneké, s minél nagyobb fajsúlya. Egyébiránt e nyomulást úgy számítjuk, hogy a fenek nagyságát (p. 16 □ láb) a víz magasságával (p. 10'-l), aztán a csepegős test fajsúlyával (péld. ha vízről van szó, 56½ fonttal) sokszorozzuk. Tehát e felhozott példában a fenekre nyomulás = $16 \times 10 \times 56\frac{1}{2} = 9040$ font r_3).

J. A higak ez eloadott törvényén alapuló készítmények.

Bramah sajtója (110 kép). *AacB* egyenlőtlen átmérőjű közlő henger, lábakon áll *apq* vízzel teli edényben; a henger is vízzel megtöltetik. Van e hengerben két kúpalakú csap, melyek úgy zárják el az *a* és *b*-nél levő nyitásokat, hogy az *a* vastagabb része felül levén, alulról a vizet behecsejtja, de lefelé nyomtatván, ki nem; *b* pedig vastagabb részével *c* felé fordulva, a vizet a tágabb hengerből nem eresztli vissza. E készítmény sajátképen ható részei az *A* és *B* igen egyenlőtlen átmérőjű köldökök, melyek a látható két szárbán légzárólag föl s alá mozgathatók. A köldök egy kevéssé lenyomatván, átmegegy kis víz a tág csöbe, s az *A*-ra tett nyomás úgy közlődik a *B*-vel, hogyha ennek 100 akkora felülete van mint *A*-nak, a víz e *B*-re 100 akkora nyomással fog hatni, mint *A*-ra; hangyan úgy lehet e készítményt venni, mint ollyant, melynek feneké *B*, szája pedig *A*-nál van. Minthogy a *B* fölött rendszeren valamely ellentálló test van, mely annak egy kis fölfelé nyomulást enged, például erősen öszszenyomatandó portékák, könyvek stb: A köldök csak hamar lemegegy egész *a*-ig, s ekkor viszszahúzatván, a a vízzel teli *UV* edényből új vizet bocsát be anynyira, hogy az *A* cső ismét egészen vízzel teli lesz. Az *A* köldöknek újra lefelé nyomtatása a *B*-nél levő testet ismét fölebb nyomja, és így tovább s_3).

Wolf boncemetője. Ha *abcd* csőnek (111 kép) tág szárát *ab* hólyaggal erő-

r_3) A fenekre nyomulást kiszámolandó látod, hogy az I. benii csepegős test tartalma (mert az I. rendes négyoldalú hasáb, I. Mtan 122 §.) kijön, ha a feneket (*b*) a csepegős test magasságával (*a*), s fajsúlyával (*s*) sokszorozod; s mivel a tartalom minden része súlyos: e részek öszszege kifejezi az I. fenekére nyomulás nagyságát (*p*). Ugyde épen ekkora a II. fenekére nyomulás is. Következőleg akármi edény fenekére nyomulást e következő egyenlettel fejezhetünk ki $p = abs$.

s_3) Ha e sajtóban az erő hatását fölszámítani akarjuk: tudnunk kell, hogy itt az erőnek *A*-nál hatását két körülmény neveli u. m. 1) *B* köldök átmérete *A*-énál nagyobb levén, nagyobb lesz azon lap is, melyre a víz nyomul, s e nagyobbság mértéke szerint fog a víz hatása növekedni (= *higálltanos hatás*). 2) A köldök nem közvetlenül, hanem emelcso segítségével mozgattatik, még pedig úgy, hogy az erő ennek hosszabb karán működik (= *szilárdálltanos hatás*). Előbb a higálltanos hatást vizsgálván, minthogy (Mértan 115 §.) a körlapok úgy vannak egymáshoz, mint átmérőik négyszögei, ha a kisebb kör átméretjét *d*-nek, a nagyobbét *D*-nek nevezzük, áll ez arány: $E : T = d^2 : D^2$. Az emelcso hatását vizsgálván, ha az erőkart *K*-nak, a teherkart *k*-nak nevezzük: áll ez arány (33), $E : T = k : K$. Most e két hatást öszszekötven

(a_1), lesz $E : T = dk : DK$, tehát $T = \frac{E \cdot D^2 K}{d^2 k}$. Ha e sajtóban $D = 10''$, d

$= 1''$, $k = 1''$, $K = 20''$, s az erőkar végén használt erő = 30 font: akkor e csekély erő hatása a nagyobb köldökön 60000 font leend. Az 1809-ki táborozásakor Angol országban e sajtóval nyomták öszsze a Spanyol országba küldött szénát, hogy így egy hajón annál többet szállithassanak által. Próbálták még e készítményt a különböző testek egyberagadási erejének kipuhatolására is használni.

sen bekötjük, azután ezen hólyagra terheket rakunk: a vízzel egészen megtöltött *cd* felfogja a nevezett terheket emelni, bár igen csekély azon vízlömeg, mely a *cd*-ben foglaltatik. Ugyan is *cd* átmetszete $1 \square$ hüvelyket tevén, ha 10 lábnyi magas is, 5 fontnál több vizet nem tart magába; ellenben ha *ab* $1 \square$ lábat tesz, *s* a víz 10 lábbal magasabb *cd*-ben mint *ab*-ben: *ab* az 5 font víztől mintegy 600 fontnyi nyomást szenvedend.

Gravesande higántanos fuvója Wolf emelőjéhez hasonló, de még feltűnőbb hatású. Itt a borból készített *de* edény (112 kép) gömbölyű fa-feneket, *s* oly fa-fedővel van ellátva, mely mint a fuvóknál, a fenekhez közeledhetik, vagy tőle távozhatik. Ha az így elkészített edény csövei egész a *de* fedő magasságáig megtöltetnek, *s* a fedőre több mázsányi teher rakatik: akkor a víz mintegy 4—5' hosszú, *s* $\frac{1}{3} - \frac{1}{2}$ " öblű *ag* csőben kénytelen lesz emelkedni, mely, mihelyt ebben a fedő nagyságának *s* a fölrakott tehernek megfelelő magasságot elérte, a teherrel súlyegyenbe jő. Innen az illy készítmény mérleg gyanánt használtatik. Ha a fedő $1 \square$ láb felületű, úgy a reátett negyedfél mázsás teher az 5 láb magas *s* keveset nyomó vízszloppal súlyegyenlyen fog tartani.

Reül sajtója. Ezt mutatja a 113 kép. Ennek *abcd* tág aljába valami kiszajtolandó anyagot péld. őrlött kávé, *s* e kávé fölé és alá egy egy szita alakúlag keresztül liggatott, *s* ez edény öblösségéhez illő bádoglevelet tevén, *s* ekkor az egész edényt vízzel teli töltvén, tapasztalandjuk, hogy *t-n* kifolyó híg a legerősebb kávé t_1).

137. Vevén (114 kép) *abcd* vízzel teli edényt, *s* föltevén, hogy *e* víz annak fenekére 100 fontnyi teherrel nyomul, ekkor ha *e* feneket 10 egyenlő részre osztottad, bizonyos, hogy egy egy részre 10 fontnyi teher támaszkodik. Ha ez edénynek valamelyik oldalfalát péld. *ac*-t szinte 10 egyenlő részre osztod, *s* vizsgálod mi teherrel nyomul a víz *e* falrészekre: könnyen belátandó, hogy itt csak a legalsó rész fog 10 font teherrel nyomatni; már a föl-sőbbek kevesebbel, jelesen a legalsó szomszéda 9, ennek szomszéda 8 stb. a legfölső pedig csak 1 fonttal, ha ugyan a 134-ből tudod, hogy a vízrészekre a szerint mint a vízszin alatt mélyebben fekszenek, mindig nagyobb teher támaszkodik. Most add össze az edényfal 10 kis részére ható egyes nyomásokat, tehát 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 fontot, kijön 55, mi a fenekre nyomásnak (100 font) szinte fele, és épen ez a szabály az oldalfalakra nyomuló víz hatásának kiszámításában, t. i. hogy az oldalfal felszínére csak felényi nyomás vétetik, mint (különben egyenlő körülmények közt) ugyan akkora fenekre. E szerint péld. egy köbláb edényben, ha vízzel tele van, *e* víz a négy oldalra külön külön $28\frac{1}{4}$ fonttal nyomul, midőn a fenekre $56\frac{1}{2}$ fonttal u_3).

t_3) Fölvevén, hogy *ab* fél négyszög láb, *ef* pedig 8' magas, továbbá, hogy az egész edénybe két ice víz fér: ekkor *e* két ice víznek *ab*-re nyomulása = $\frac{1}{2} \cdot 8 \cdot 56\frac{1}{2}$ font = 226 font (p_3).

u_3) Minthogy az *a* pontra, vagy is az első rész fölére nyomulás = 0; a *c* pontra, vagy is a legalsó rész aljára nyomulás pedig = 10: *e* két hatás közép értékét vevén t. i. $\frac{0+10}{2} = 5$, *s* *e* közép értéket 10-l sokszorozván szabatos

an kijön az egész oldallapra nyomulás = 50 font. E törvényt másként így bizonyítjuk be: legyen (115 kép) *MN* edényben a víz mélysége *al* = *m*, *s* az edény egy oldallapja *abkl*. Márha *la*-t végtelenül sok egyenlő részre *ly*, *ge* stb.

2. Cikk. Különfajú csepegős testek súlygyene egymás között.

138. Ha egy edénybe higanyat, olajat s vizet töltesz, tehát oly higakat, melyek nem elegyülnek: tapasztalnod, hogy a higany legalul, fölötte a víz, e fölött pedig az olaj foglalt helyet. A higanynak legnagyobb, az olajnak legkisebb tömötsége van: azért általánosán e tüneményt így fejezzük: *a nem elegyülő csepegősök, tömötségeik vagy fajsúlyaik szerint települnek egymás fölé, a leg-tömöttebb legalul lévén.* Természetesnek találjuk e tüneményt, ha meggondoljuk, hogy a tömöttebb testben ugyanazon térimé alatt több anyagi részecskék vannak; s így ha azt valami kevésbé tömött híg (péld. higanyat víz) fölött képzeljük, a nyomott ritkás test azon erős nyomás alól oda sikamlík, hol a nyomuló tehernek ellentállni képes (l. 139). Ha földünk valaha híg volt (mi kétségtelen): ennek egybe nem vegyülő anyagai is e törvény szerint rendezkedtek egymás fölé, az alsó helyeket a súlyos ércek s földnek, felsőbbeket a vizek, a legfelsőbbeket pedig a légneműek foglalván el. — Mondtuk főlebb, hogy közlő csövekben a híg mind a két szárban egyenlő magasan áll; azonban ez csak egyfajú híg-ról, vagy oly külön fajú hígakról igaz, melyeknek tömötségök

oszlván, e pontokon keresztül *ab* vel közgyenes vonalokat *gh*, *ef* stb. húzunk: akkor csupa egyenlő egyenközök *th*, *gf*, *ed* stb. támadnak, melyek közül mindegyik, minthogy a részek száma végtelen, $= \frac{al}{\infty}$. *ab*. E kifejezet az oldal azon egyes lapjait jelöli, melyekre nyomul a víz. Ha *al* · *ab* (oldalapot) α -nak nevezzük: akkor $\frac{al \cdot ab}{\infty} = \frac{\alpha}{\infty}$. A mondott egyenközök végtelen kicsinysége miatt fölvehetjük, hogy egy egy egyenközre (ennek alján, közepén, fölén) nyomulás egyenlő; de már a különböző egyenközökre nyomulás (a szerint a mint mind egyik a vízszintől nagyobb vagy kisebb mélységre fekszik), különböző. Így az *th* egyenközre (oldalappal végtelen kis részire) nyomulás, mint-hogy a víztömegben a fölülről lefelé nyomás elterjed mindenfelé (r_3 ezen egyenlete szerint $p = abs$) lesz $= \frac{\alpha}{\infty} \cdot \frac{m}{\infty} \cdot s = \frac{\alpha ms}{\infty^2}$; a *gf*-re nyomulás $= \frac{\alpha}{\infty} \cdot \frac{2m}{\infty} \cdot s = \frac{\alpha \cdot 2m \cdot s}{\infty^2}$; az *ed*-re $= \frac{\alpha}{\infty} \cdot \frac{3m}{\infty} \cdot s = \frac{\alpha \cdot 3m \cdot s}{\infty^2}$; a legutólsóra $= \frac{\alpha}{\infty} \cdot \frac{\infty m}{\infty} \cdot s = \frac{\alpha \cdot \infty m \cdot s}{\infty^2}$; és így az egész *lkba*-ra nyomás (P) lesz $= \frac{\alpha ms}{\infty^2} + \frac{2\alpha ms}{\infty^2} + \frac{3\alpha ms}{\infty^2} + \dots + \frac{\infty \alpha ms}{\infty^2}$. Minthogy e tagok számtani aránysort képeznek, lesz (Mértan 60) $P = \left(\frac{\alpha ms}{\infty^2} + \frac{\infty \alpha ms}{\infty^2} \right) \times \frac{\infty}{2} = \frac{\infty \alpha ms}{2 \infty^2} + \frac{\infty^2 \alpha ms}{2 \infty^2} = \frac{\alpha ms}{2 \infty} + \frac{\alpha ms}{2} = \frac{\alpha ms}{2}$ (Mértan 59 §. 3) $= \alpha \cdot \frac{m}{2} \cdot s = al \cdot ab \cdot \frac{al}{2} \cdot s$, azaz, az oldalpra nyomást kitaláljuk, ha az oldalapot a víz mélységének felével, *s* a víz fajsúlyával sokszorozzuk.

egyenlő; különben, tehát ha e hígak különböző tömötségűek, egyenlőtlen magasságon állnak a két szárban r_3).

1 J. E törvényen t. i. hogy a fajsúlylag könnyebb híg a súlyosb fölé emelkedik, alapulnak a viziránylók, melyek két félék, u. m. központiak s csővesek. A központi, kerek edényekből áll, melyre fedő gyanánt üveglével ragasztott; ez üveglével alsó lapjának közepe egy kevésbé homorúra van köszörülve; az egész edény lepárolt vízzel vagy égett borral úgy töltetik meg, hogy a bedugás után egy kevés levegő is maradjon benne. Ha az így elkészített edény felső lapja az alsóval tökéletesen közegyen (a mi fő dolog), s így alsó lapjával valamely vizirányos asztra tétetik: akkor az edénybeni levegő a legmagasabb pontot, tehát az üvegfedő közepén köszörült üreget fogja elfoglalni; ha pedig lejtősen fekvő asztra tétetik: akkor, minthogy ez esetben nem az üveg-tábla azon köszörült mélyedése foglalja el az edény üreg legmagasabb álló pontját, a levegő a központról egyik vagy másik párkány felé szalad. Láthatni e leírásból, hogy e készítmény asztrák, vagy természetani eszközök vizirányosan állítására használható. A csőves vizirányló üvegcsőből van. Ha képzelsz egy nagy átmérőű kört üvegcsőből, s ez üveg-körből egy részt, tehát egy kis karélyt kimetszteni gondolsz, azután e csőt lepárolt vízzel vagy égett borral csaknem egészen megtöltöd, a cső két likát bezárod, s így ezt hosszában olly táblára alkalmazod, mely a cső közepének megfelelő érintővel közegyen: akkor a csőves vizirányló készen van. Mert ha ezt, vizirányosan álló asztra teszed: a levegőnek a cső legmagasabb pontján, tehát közepén kell mutatkoznia. Nagyobb viziránylásokra a 135-ben leírt eszköz helyett rendszeren ezt szokás használni, mely célra úgy köttetik egy távesővel össze, hogy ennek tengelye teljesen viziránylag álljon akkor, ha a csőbeni lég egészen közepén áll.

2 J. Jegyezzük meg, hogy a tengervíz, tömegének egész terjedtségében, nem egynemű híg; a hőmérséklet a földrajzi szélesség szerint változik, valamint mélysége szerint is, a sósság fokai is különbözők: mind ezen okok azt cselekszik, hogy a tengervíz másutt más tömötségű, s ebből származik azon mozgás, mellyel az magát súlyegyenbe állítani törekszik. A világtenger víze a földközi tengerbe folyik Gibráltár szorosán; egy sebes rohanás mutatja ezt: de az is meglehet, hogy mélyebben a földközi tengerből folyik a víz a világtengerbe, mely ha valóság létezik, ezt kétségkívül a medrek tömötségének különbözősége okozza; ha pedig nem létezik, föl kell tennünk, hogy párolgás vagy egyéb okok által a földközi tenger több vizet veszít el mint a menyinyt nyer, a Nilus, Duna s egyéb beleszakadó folyamaktól, s e veszteségnek kipótolására rohan a világtenger Gibráltár szorosán. — Az egyiptomi táborozás alatt egy mérnöki választmány meghatározta a veres s földközi tenger felszínének viszonyos magasságait, s igen szabatos mérései után úgy találta, hogy igen nevezetes különbség van a két tenger felszine közt, melyeket pedig csak a keskeny suez földszoros választ el, s mellyek különben a világtenger által egymással közlekedésben vannak. A vörös tenger felszine 8,12 — 9,9 métre-l van fölébb a földközi tengerénél. E szerint igazsággá emelve lón a régiek azon véleménye, hogy e két tengert csatornával egybekötni igen veszedelmes volna. Jelenleg Egyiptom földének nagy részét a vörös tenger elboritná, s bár a Nilus

r_3) Legyen egy közlő csőbe (116 kép) higany s égett bor töltve, jelölje annak magasságát cd , emezét pedig ef . Ha a cső befűrege mindenütt egyenlő: akkor $en = kc$; s ezek azon alzatok, mellyekre az égett bor s higany támaszkodik, mellyeket e szerint δ -vel jegyezhetünk. Ha az égettbor magasságát A -nak, a higanyét a -nak, amannak fajsúlyát s -nek, ezét S -nek nevezük: akkor en -re nyomulás = Abs ; kc -re nyomulás pedig = abS (r_3); s mivel e két híg egymással súlyegyenlet képez, $Abs = abS$, vagy $As = aS$, melly egyenletből arányt alkotván, lesz $A : a = S : s$, vagyis égettbor magassága : higany magassága = higany fajsúlya : égettbor fajsúlya; vagy más szóval, a magasság s fajsúly viszás arányt képeznek.

árongásai alkalmával maradni szokott iszap folyvást magasztja Egyiptom földét: még is, az eddigi magasodást vévén mértékül, sok század kell arra, hogy az a vöröstenger felszínmagasságát elérje — Az újabb időben több vizsgálatok tárgya volt a Caspium tenger felszínének meghatározása, melyekből kitetszik, hogy a Caspium s fekete tenger felszíneinek különbsége körülbelül 100 métre. Azonban a Caspium tenger mellett, jó messzire mostani partjaitól, a földben világos próbákat találunk arra, hogy ott régebben sós viz volt. A föld természete, formája, vegytanos állományai, csigák s halak tetemei kétségtelenül mutatják, hogy régen a tenger több száz mérfölddel tovább terjedt mint most. Honnan van a Caspium tenger felszínének leszállása? hova lett ez a nagy tömeg, melyet akkora vizoszlopra becsülhetünk, hogy ennek felszíne 30000 □ mérföldet, mélysége 100 métre-t tett? Itt a feladat, mellynek megfejtésével még sokáig fog foglalkozni az emberiség, mert ez a föld származásával egybeköttetésben van, s hihetőleg azon nagy változásokkal, mellyeknek nézőhelye Kaukasz volt. — A folyamok vizeinek a tengervizzel egybekeveredése is nevezetes. Az édes víz sokkal könnyebb levén, a felszint, a sós víz pedig, súlyánál fogva, a mélyebb helyeket tartozik elfoglalni. *Stevenson* s többek valóság ezt tapasztalták. Ugyanis egy e végre készült eszközzel különböző mélységre vizet merítvén, úgy találták, hogy a folyamok nem messzire a tengerbe szakadástól egész fenekig édesek, közelebb a tengerhez a folyamok alja mindinkább sósodik, s a folyam többé nem medrén hanem tenger víztömeg fölött foly.

3. Cikk. A csepegős testnek szilárdítási súlygyenéről.

139. Ha van egy ércckockád, melly tökéletesen beleillik egy hasonló formájú ércedénybe, s ezt teljesen be is tölti: akaszd ezeket valami mérleg egyik karjára oly formán, hogy a kocka a mondott edényről valami vékony selyem fonalnál fogva függjön le; aztán a mérleg másik karjáról lefüggő serpenyőbe terhelket rakván, hozd a mérlegrúdat vízirányos állásba. Ha ekkor egy vízzel teli üvegpoharat úgy tartasz a kocka alá, hogy ez abban egy kevésbé leüljön: látni fogod, hogy a mérleg vízirányos állásából kibillen, jelesen, hogy a vízbe ért kocka könnyebbé lett; s illy esetben az előbbi súlyegyent úgy állithatod helyre, ha a kocka fölötti edénybe bizonyos mennyiségű vizet töltesz. Ha az üvegpoharat folyvást magasabbra emeled: a mérlegrúd kockás kara folyvást magasabbra billen; úgy, hogy e tüneményből, bár az ércckocka szabadon a vízre tétetvén ebben leül, azt kell következtetned, hogy a víznek a bele érő testre emelő hatása van. Ha annyira emeléd az üvegpoharat, hogy ennek vízében az egész kocka elmerült: akkor a kocka fölött álló egész edényt vízzel tele kell töltened, ha azt akarod, hogy a két kar végéről függő terhek ismét súlyegyenben álljanak egymással. Vajjon mekkora tériméjű víz fér azon edénybe? nemde akkora, a mekkora a vízbe merült kocka tériméje. E figyelemre vett körülményből egyenesen azt kell következtetned, hogy a vízbe merült testek, ebben, súlyaikból annyit veszítenek, a menynyt a helyéből kitolt víztömeg nyom x_3).

x_3) Legyen *EN* (117 kép) vízzel teli edény, ebben *abcd* egy k. lábviz; e víz-kocka mint tudjuk $56\frac{1}{2}$ fontot nyom; és így e kocka talpa ennyivel nyomatik lefelé. Azonban tudjuk, (133), hogy e *cd* talp ugyanannyi erővel nyo-

1 J. A borostyánkő tömörsége csaknem akkora mint a vizé (141 J.); és így egy k. láb abból annyit nyom, mint vízből; következöleg ha helöle egy darabot vízbe téssz: ez épen akkora erővel nyomatik le, mint fölfelé, más szóval, úgy viseli magát a vízben mint víz, azaz, akárhová tolatik ebben, ott folyvást megmarad.

2 J. Az előadott tüneményből könnyven kimagyarázod, miért súlyosabb a vízzel teli merült veder, ha ez a vízből kiért; miért könnyű vízben azon nagy törzsökfat ide s tova húzni, melyet a földszínen meg sem tudnál mozdítani; hogyan van, hogy kis eb is képes súlyos embert vízben a partra húzni stb.

140. Egy k. láb nyírfa, mint a mellynek tömörsége (141) 0,6, mintegy 34 font. Ha az előbbi vízedénybe a márványkocka helyére egy nyírkockát képzeltek: ennek talpa 34 font teherrel nyomatik le, ellenben $56\frac{1}{2}$ fonttal fölfelé; így az alulról nyomó erő hatalmas lévén, a nyírkocka addig emelkedni fog, míg egy része a vízből kiérven, egyéb része csak anyyi vizet szorít ki helyéből, a megnyitit épen a kocka nyom y_3). A nyírfa tehát a vízben úszik.— Sőt azt is könnyű a mondott példában belátni, hogy a szóban forgó nyírkockára még 20 fontot nyomó vas vagy kődarabot is tehetünk, a nélkül, hogy az a vízben lemerülne; mert még ez esetben is csak $20 + 34 = 54$ fontnyi teher nyomúlna a kocka talpára, és így még a víznek $2\frac{1}{2}$ fontnyi túlhatása maradna. Az előadott módon a víznél súlyosb testeket is, millyen például a vas, vizen úszókká tehetni, csak a víznél ritkásabb testek kellő arányban kapcsoltsanak össze x_3).

1 J. A fák csaknem minden neme könnyebb a víznél; és így általában szólva a fákat arra, hogy a víznél súlyosb testek úszókká tétessenek, használhatni.

matik az alatta levő víztömeg által fölfelé is. Képzeljünk most e kocka víz helyére, ugyan ekkora kocka márványt. Mivel a márvány tömörsége 2,8 (141 J.) következik, hogy 1 k. láb márvány súlya 158,2 font leend; tehát enynyi erővel nyomúl talpára a márványkocka. Minthogy pedig e márvány talpára csak anyyi erővel nyomúl a víz, mint előbb a víz-kocka talpára nyomúlt, t. i. $56\frac{1}{2}$ fonttal: természetes, hogy a márvány kocka súlya vízben = $158,2 - 56,5 = 101,7$ font. Ebből következik, hogy az így vízbe tett márvány a víz felszínén nem maradhat, hanem az edény fenekére leszáll.

y_3) Természetes, hogy a hányad része 34 font, az $56\frac{1}{2}$ fontnak, a kockának csak anyyad része fog a vízbe merülni, tehát a szóban levőnek 0,6-e, ellenben 0,4-e kilátszik a vízből. E szerint, mivel 0,6 épen a nyírfa tömörségét fejezi ki, mondhatjuk, hogy a víznél könnyvebb testek nagyságuk anynyiad részével merülnek abba, a hányad részét teszi tömörségök a víz tömörségének; s mivel a víz tömörsége = 1: természetes, hogy a víznél könnyvebb testek tömörségi száma közvetlenül kifejezi vízbe merülésök nagyságát. S így p. a hársfának 0,8-e, almafának 0,7-e, diófának 0,65-a (141) fog vízbe merülni. Ha a megfagyott víz = jég fajsúlya = $\frac{10}{11}$: következik, hogy egy jég-tömeg, nagyságának $\frac{10}{11}$ -ed részére merül a vízbe, s csak $\frac{1}{11}$ -e látszik ki belöle. E szerint, ha egy jégdarabnak vízből kiérő része 1 láb magas: akkor víz alatti része 10' mély. A jég e tömörségére épül azon roppant jéghegyek nagyságainak kiszámítása, mellyek a földszarkí tengereken szakadozva gyakran a forró övekig leveretnek. Pary 1817-ben oly jéghegyet látott úszni a tengeren, mellynek e fölötti magassága 150' volt.

x_3) Fölebből (e. VIII) ösmerjük e képletet: $S = \frac{P}{V}$, miből V-t kifejezve, lesz $V = \frac{P}{S}$. Ha $V > \frac{P}{S}$: akkor a víznél súlyosb test, ebben úszni fog.

Azonban fánál még könnyebb a levegő, jelesen, mint alább meglátjuk, 1 k. láb földszinti levegő csak 2,36 latot nyom, tehát 770-szer kevesebbet, mint ugyan akkora tériméjű víz. Tehát ha a vasat vagy más a víznél súlyosb testet levegővel péld. egy vagy több felfútt hólyaggal hozzuk összeköttetésbe, vagy ha egy vasgömböt vevén, ennek belsejét kifúrjuk, tehát azt teszszük, hogy ne vas, hanem levegő legyen a gömb belsejében: így úszóvá tettük ezt. — A mondottak szerint kimagyarázhatni, miért nem merülnek el a terhelt hajók, miként készítettnek az úsz-övek, miért úszik *Cartes* bűvára, hogyan lehet csupa vasból hajókat készíteni stb.

2 *J. Hús*, csont leülnek a vízben; az emberi test még is természetes állapotában nem ül le. Miért? mert az emberi test belsejében, jelesen a mellben, gyomorban sok levegő van, s ez okozza azt, hogy az ember valamivel kevesebbet nyom, mint az emberi testtel egyenlő nagyságú víztömeg, vagy is mint azon víztömeg, mellyet az emberi test, ha a vízben egészen lebukik, helyéből kiszorít. Ha kilukadván a csónak fekeke, ebbe víz tödul: akkor elmerül a csónak, mert azon levegő, mely a csónakot könnyebbé tette, a betödulő víz által elhajtattott. Epen így, ha a vízbe esett ember ijedségében vizet ivott, akkor azon levegő, mely az ő testét a víznél valamivel könnyebbé tette, kijövéen, s helyébe a nála súlyosabb víz mervén, neki természetesen el kell buknia. Azért a vízbe esni talált ember fő szabályának tartsa, hogy *vízet testének belsejébe menni, a meddig csak lehet, ne engedjen*. Sőt mivel lélekzetbocsátáskor a mellkosár összehúzódván, ez által az egész test kevesebb vizet szorít ki helyéből, s ez által valólag a testnek vízenbeli súlya növekszik, még az is fő szabálya legyen a vízbe esett embernek, hogy *a meddig csak bírja, lélekzetet ne bocsásson*. Ezt ugyan sokáig tartóztatni nem lehet, de rövid idő alatt is érkezhetik segítség, a haszontalan kiáltások pedig (mert így nyílik meg a száj s megy bele a víz), semmit nem segítenek. Tapasztalás bizonyítja, hogy az embernek mintegy fél homloka ér ki a vízből, ha t. i. lábbal van a víz fekeke felé. Tehát hanyat feküve, nyakát hátra szegve, képes magát úgy helyezni, hogy orra a vízből ki érjen; hanem, mint mondók, a test minden egyéb része víz alatt legyen; honnan semmi sem lehet céltalanabb, mint ha a vízbe esett ember kezeit felnyújtogatja, feje fölött összekulcsolja stb. mert így természetesen a főnek el kell merülni, s azért ez legyen harmadik szabálya a vízbe esettnek, hogy *magát a tehető csöndesen, kezeit szépen leeresztve, riselje*. Innen azon gyakori történet, hogy vízarádások alkalmával kis gyermekeket, mint kik a veszedelmet nem ismerik, s így szabadításokra rossz eszközöket nem használnak, élve hajt szárazra az ár, midőn felnőtt emberek a szorongásban választott rossz eszközök miatt, vízbe fulnak. Hasas, kövér emberek rendszeren feltűnőleg könnyebbek a víznél. Tengervízből, mely a mi vizeinknél jóval súlyosabb, természetesen az emberi test nagyobb részének kell kilátszani, mint ezekből. Ha valami testnek súlyát állandóan megtartva, tériméjét most nagyitni, majd kicsinyíteni tudók: akkor az tetszésünk szerint most a víz színére emelkednék, majd a vízben aláüledne. A hálnak illy teste van, mely úszóhólyaga segítségével tériméjét változtatni képes.

3 *J. Szilárd* test vízben csak akkor úszik biztosan, (azaz úgy, hogy ha külerek hatására ingadozásba jött is, föl nem borúl, hanem előbbi helyzetébe víszamegy [1,28]) ha a helyéből kiszorított víztömeg súlypontja függőleg a szilárd test súlypontja fölött áll; különben a súlypontok ellenkező fekeében csak úgy lehet a test állását némüleg biztosítani, ha az elég nagy alzattal láttatik el. Az első esetbeni úzás sokkal biztosabb, mert ebben a kiszorított víz súlypontja, mellyben a víznek a szilárd testet fölemelő hatása vagy súlya egyesülve van, szinte úgy akasztja föl az alatta álló szilárd test súlypontját, mint szegre kötött fonal egy gömböt. A rakott hajók biztosabban úsznak, mint az üresek, minthogy ezeknek súlypontja minden esetre a kiszorított víztömeg súlypontja fölött áll, mi a megterhelés után egészen ellenkezővé változik. A gályák *sülyesztőiben* nincs egyéb cél, mint a hajó súlypontjának a kinyomott víz súlypontja alá vitele, s ez oka, hogy az illy hajók bár nagy szelek által oldalakra vetessenek, kevés ingás után rendes helyzetöket viszzanyerik.

141. E körülményt, hogy szilárd test csepegősbe mártatván, ebben súlyából veszít, a természettudósok a testek tömöritségének s fajsúlyának meghatározására használták. Igaz, hogy ha valami test tériméjét s levegőbeni súlyát tudom, s ezt amavval elosztom, kijön a test fajsúlya. Így például, ha egy k. hüvelyk sárga réz levegőben megmérvén, ezt 9 latnak találom, lesz a sárga réz fajsúlya $\frac{9}{1} = 9$, latban, hüvelykben kifejezve; vagy, mivel a fajsúlyt rendszeren k. lábban s fontban fejezzük ki, ez arányból, 1 k. hüvelyk : 1728 k. hüvelyk (= 1 k. láb) = 9 lat : x lat, egy k. láb sárga réz súlyát fontokban is kitalálhatjuk. Hanem e módnak azon körülmény áll ellent, hogy a test tériméjét pontosan meghatározni nehéz. Ezért a természettudósok más könnyebb, egyszerűsre szabatosabb módot választottak, mely ebből áll: először a kérdésbeni test tömöritségét keresik ki, aztán ezt a víz fajsúlyával sokszorozván, kijön a keresett test fajsúlya. *Tömöritségét pedig így keresik ki.* Ha csepegős a test, péld. égettbor: akkor vévén akármi olly testet, mellynek levegőbeni súlya tudva van, s ezt égettborba mártván, megmérjük, mennyit veszít az ebben súlyából. Tegyük föl, hogy e veszteség 79 lat. Most ugyan ezen testnek vízbeni súlyvesztességét tudják ki; tegyük föl, hogy ez 100 latot vesz. Ekkor az égettborbani veszteséget a vízbeni veszteséggel elosztván ($\frac{79}{100}$), a hányados (0,79) mutatja az égettbor tömöritségét. *Ha pedig szilárd testnek péld. vasnak tömöritségét keresik:* akkor egy darab vasat vévén, ezt levegőben megmérjük; tegyük föl, hogy 778 lat. Majd vízbe merítvén, ebbeni súlyvesztését határozzák meg; tegyük föl, hogy ez épen 100 lat. Ekkor levegőbeni súlyát vízbeni veszteségével elosztván ($\frac{778}{100}$), a hányados 7,78 mutatja a vas tömöritségét. Ha már most az égettbor és vas fajsúlyát akarják számítani: az égettboré lesz $0,79 \times 56\frac{1}{2}$ font = 44,635; a vasé pedig lesz $7,78 \cdot 56\frac{1}{2} = 439,57$ font a_4).

a_1) Főlebről (eIX) ösmerjük ez arányt: $S : s = D : d$. És így $S = \frac{D}{d} \cdot s$.

Ha s a víz fajsúlyát, d a víz tömöritségét = 1 jelenti: akkor $S = D \cdot s$. A víz fajsúlyát kikeresendők valami szilárd s a vízben változatlan testet péld. egy érekkockát, mellynek tériméjét v s levegőbeni súlyát szabatosan tudjuk, bizonyos hőmérsékű tiszta vízbe merítünk, s így megmérjük, súlyvesztése

menyit tesz; legyen ez péld. = p . Ekkor $s = \frac{p}{v}$ a víz fajsúlyát adandja;

ha ugyan a kocka súlyvesztése anynyi mint a helyéből kitolt víz súlya, s a kocka tériméje épen akkora mint e kitolt víz tériméje. Vagy: egy edénybe, mellynek tériméjét pontosan tudjuk, vizet töltvén, megmérjük ennek súlyát;

ekkor is áll az előbbi: $s = \frac{p}{v}$. — A *hig testek tömöritsége* meghatározásának a-

lapja e magában világos tétel: *minél nagyobb a hig tömöritsége, annál súlyosabb azon tömeg, melly egy belé merült szilárd test által helyéből kitolatott, más szóval annál nagyobb e belé merített szilárd test súlyvesztése.* Es így ha D egy bizonyos hígban, 1 a víznek tömöritségét, Q valami szilárd testnek a kérdésben levő hígban veszteségét, q pedig ugyan annak tiszta vízbeni súlyvesztés-

gét jegyezi: akkor áll ez arány: $D : 1 = Q : q$, és így $D = \frac{Q}{q}$. — *Szilárd tes-*

J. Hogy valami szilárd testet az előadott mód szerint csepegősen megmérhessünk: e végre használjuk az úgy nevezett *higálltanos mérleget*, mely egy közönséges igen érzékeny s szabatos mérlegtől csak abban különbözik, hogy egyik serpenyője rövidebb sínórokon függ, s alján egy horgot tart, melyre a szilárd test valami finom sodrony által fölfüggesztetik. Portestek oly üveg-csészécskében méretnek meg, melynek súlya s valami higbani vesztesége már előre tudvák. Ha pedig a test viszonylag könnyebb mint azon hig, melyben tömörségét mérni akarod: fogd bele azt egy fogóba, s ezzel együtt megmérvén, a fogó súlyvesztését az egész veszteségből vond ki. — E következő táblában néhány test tömörsége föl van jegyezve:

I. Szilárd testek.

Lomany	21,740
Arany	19,361
Olom	11,352
Ezüst (öntött)	10,105
Réz (kalapált)	9,000
Sárga réz	8,916
Acél	7,810
Közönséges vas	7,788
Ón	7,291
Horgany	6,861
Hímeny	5,789
Súlykovacs	4,430
Rubin	4,283
Mágneskő	4,152
Topáz	4,010
Saphyr	3,994
Meteorkő	3,550
Gyémánt	3,521
Asbest	2,995
Kovarc	2,888
Márvány(parusi)	2,838

Smaragd	2,775
Kréta	2,675
Hegyjegőc	2,653
Chalcedon	2,691
Jaspis	2,358
Konyhasó	2,170
Graphit	1,850
Gypsz	1,875
Agyag	1,669
Köszén	1,429
Borostyánkő	1,060
Elefantsont	1,917
Marhacsont	1,656
Viasz	0,965
Vaj	0,942
Zsir	0,923
Puszpáng	1,330
Eben	1,209
Mahagoni	1,063
Hárs	0,800
Alma	0,733
Dió	0,671

Nyir	0,640
Fenyő	0,550
Fa-szén	0,360
Para	0,240
Fehér üveg	2,988
Zöld üveg	2,642
Porcelán (chínai)	2,384
Nádméz (fehér)	1,606
Kacsuk	0,925

II. Csepegős testek.

Higany 0°	13,598
Kénsavany	1,896
Tengervíz	1,026
Ser	1,034
Téj	1,030
Bor, tokaji	1,054
„ mađerai	1,038
„ rajnai	0,999
„ bordói	0,993
Olaj	0,950
Lang, legtisztább	0,797
Lepárolt víz	1,000

142. Szokás a testek tömörségét *sürmérővel* is meghatározni. A sürmérő különböző formáit láthatni a 118. 119 képeken. Belül üres edényből áll az, aljába higany vagy sörét töltetik, a végett, hogy így súlypontja a lehető alatt fekvén, ha csepegős testbe mártatik, ebben függőleg álljon meg. Felső végére lépték van alkalmazva. Ez egész készítmény a már ösmeretes tételen alapszik (140), hogy nedvben úszó szilárd test mind addig merül ebben, míg a helyéből kitolt nedv súlya azon úszó test súlyával egyenlővé válik. Kétféle a sürmérő u. m. *léptékes és fontos*. A léptékest mutatja a 118 kép. A-ban higany, *cd*-n lépték van, mely a különböző célok szerint különbözéképp készül. Ha például e sürmérőt *langmérőül*, vagy más szóval az égettbor tömörségének megmérése érdekében akarjuk használni: léptéke így készül. Lepárolt vízbe mártatván a sürmérő, megrovatik rajta azon pont, a meddig ebben lemerül, s ez 0-

tek tömörsége meghatározásának alapja pedig ez arány: *valami szilárd test tömörsége úgy áll a víz tömörségéhez, mint abból bizonyos tériméjű tömegnek súlya, ebből ugyan akkora tériméjű tömegnek súlyához*; tehát $D : 1 = Q : q$, ha Q a kérdésben levő szilárd testnek levegőbeni súlyát, q ugyan akkora tériméjű víz súlyát = azon szilárd testnek e tiszta vízbeni súlyvesztését jegyezi. Itt is $D = \frac{Q}{q}$.

nak neveztetik; azután tiszta langba merítettvén, ebben mint a viznél könnyebb testben bizonyosan lejjebb szálland; ekkor cd azon pontja a meddig a langba ér 100-l jegyeztetik meg. Most egymás után 90 r. víz + 10 r. lang, 80 r. víz + 20 r. lang (és így tovább egész a 10 r. víz, 90 r. langig) elegyeibe mártatván, itt is cd -nek a nedv által érintett legfölső pontjai sorban 10, 20, 30 stb. számmal megjelöltetnek, végre ezen egyes pontok közti távolságok 10 egyenlő részre osztatnak. Már most ha az így elkészített sűrmerőt valami vízzel vegyített langba merítvén, látjuk, hogy e nedv, legfölső pontjain a léptéknek péld. 37-ik fokát érinti: akkor mondhatjuk, hogy ez égettbor 100 részében csak 37 r. lang, a többi víz. Ha sűrmerővel bizonyos savanyok vízzel elegyeinek tömötségét akarjuk megmérni: akkor a léptéket ehhez képest készíjtjük, melly alkalommal lang helyett péld. kénsavanyat, fojtósavanyat stb. veszünk. — A fontos sűrmerőnek fölső végén egy csésze van a végre, hogy a fontok vagy fontrészek, mellyek e sűrmerőhöz megkívántatók, rátételhessenek. Ugyanis ennek vékony nyakán van egy finom karcolat, azt mutató, hogy addig kell e sűrmerőt a megvizsgálandó hígban lemeríteni. Természetes, hogy tömöttebb hígban több teher kívántatik a készítménynek a mondott karcolatig lebuktatására; és így e terhek egybehasonlítása módot nyújt a különböző hígak tömötségének meghatározására. Egy példa megmutatja e meghatározás menetelét. Megmértvén, mennyit nyom a sűrmerő (péld. 1000 szemert), megmértvén azt is, hány szemert kell a fölső csészére tennünk, hogy a sűrmerő a tudva levő pontig tiszta vízbe lemerüljön, (tegyük föl, hogy erre 1000 szemer kell), most beleteszszük azt valami hígba péld. kénsavanyba, mellynek tömötségét keressük, s fölső csészéjére mindaddig terheket rakunk, míg a tudva levő pont a kénsavany felszínéig súlyed (tegyük föl, hogy erre 2792 szemer kellett). Most e 2792-t a sűrmerő súlyához (1000) adván, s ez összeget 2000-l (= a sűrmerő súlya + a vízbe merítéskor szükséges teher) elosztván, a hányados (1,896) megmutatja a kénsavany tömötségét b_4).

b_4) A sűrmerő súlyát q -nak, a vízbe merítéskor szükséges terhet t -nek, azon hígba, mellynek tömötségét keressük, merítéskor szükséges terhet t' -nek, e keresett tömötséget D nek nevezvén, áll ez arány: $q + t : q + t' = 1 : D$; tehát $D = \frac{q + t'}{q + t}$. *Nicholson* e fontos sűrmerő használatát még jobban kiterjesztette az által, hogy ahoz alul egy csészét adott; mert ekkor ezt (119 kép) szilárd testek tömötségének meghatározására is használhatni, ha t. i. ezeknek súlya nem több mint a sűrmerő fölső csészéjére rakható teher = t . T. i. bele meríti az ember azt tiszta vízbe, s a megvizsgálandó testet A anynyi teherrel együtt, a mennyi a szükséges lemerítésre megkívántatik, a fölső csészére teszi. Ekkor elveszi A -t, s helyette fontokat, vagy fontrészeket rak. Így kitudja A súlyát. Már ha most a legutoljára fölrakott terheket elvevén, A -t az alsó csészébe (melly a vízbe ér) teszi: akkor azon fontok, mellyek szükségesek a sűrmerőnek a már sokszor említett pontig merítésére, megfogják mutatni az A -nak vízbeni veszteségét. Az y_4) szerint könnyű már a súlyból s súlyvesztéséből a tömötséget felszámítani,

143. A tapadást már fölebből (48) ösmerjük; az egyberagadást, melyet a test erősségének neveztünk (45—47) szinte. Víz vízzel egyberagad = a vízrészecskék egymást vonzák; víz üveghez tapad = az üveg vonza magához a vízrészecskéket. Ha bizonyos híg, szilárd testet megnedvesít* (péld. víz üveget, higany ércet): ezek tapadnak egymáshoz, más szóval e szilárd testek vízrészecskékre ható vonzása nagyobb, mint a vízrészecskék egyberagadása. Ha bizonyos szilárd test oly hígba mártatik (péld. üveg higanyba, zsiros üveg vízbe), mellytől nem nedvesül meg: akkor mondhatjuk, hogy e híg-részecskék egyberagadása nagyobb, mint a szilárd testnek a híg részecskéire ható vonzása. A tapadás s egyberagadás illy különböző viszonyában találjuk azon tünetemények okát, mellyekről mindjárt szólandunk.

1) Minden híg oly edényben, mellyet megnedvesít, ennek párkányainál fölebb áll, mint középen, tehát homorú felszint képez; ellenben meg nem nedvesített edényben ennek párkányánál lejjebb áll mint középen, s így domború felszint képez.

2) Szilárd testet, egy ezt megnedvesítő hígba (péld. üvegrúdat vízbe, érc-sodronyt higanyba) mártván, e körül a híg fölebb áll mint egyebütt; ellenben ugyanaz oly hígba, mellytől nem nedvesül meg, mártatván, maga körül mélyedést mutat.

3) Ha $\frac{1}{2}$ — $1\frac{1}{2}$ vonalnyi átméretű üvegcsőt (hajcsőnek nevezik) vízbe mártasz: tapasztalod, hogy a víz magasabban van a csőben, mint e csőn kívül; de ha ugyanazt higanyba mártod: mélyebben álland ez ugyanabban, mint kívülre. Az első esetben a víz felszíne homorú, a másodikban a higany felszíne domború. Ugyan az első esetben a hajcsőt a vízből kihuzván, látod, hogy egy kis vízoszlop a csőben marad; ellenben a második esetben a higanyból a csőben semmi sem marad. Az első eset tüneteményei mutatkoznak, ha érc-csőt higanyba, ellenben a második eset tüneteményei, ha zsiros üvegcsőt vízbe, vagy korpafüporos üvegcsőt ugyan vízbe mártasz.

4) Ha különböző átméretű hajcsőket mártasz vízbe vagy higanyba: e nedvek különböző magason s mélyen fognak azokban állni a hajcsővek átméretől szerint; tehát ha péld. $\frac{1}{2}$ vonalnyi átméretű hajcsőben 6 vonal magasságra áll a víz, s ugyan illy mélységre áll a higany: akkor 1 vonalnyi átméretű üvegcsőben ezek csak 3 vonalnyi magasan s mélyen állandanak.

5) Két közégyenesen álló, s függőleg nedvbe mártott üveg- vagy érclevelek között a nedv csak felényi magasan s mélyen álland, mint akkora átméretű csővekben, a mekkora a két levélnek egymástól távolsága.

Ez előadott tünetemények közöl azoknak, mellyekben a szilárd test megnedvesül, kimagyarázása, mint mondók, a tételen alapszik, hogy a cső tömege erősebben vonza a hígat, mint ennek részecskéi egymást. E szerint föl kell a víznek (120 kép) *abcd* üvegcsőben *cc* s *bf* felé emelkedni; és mivel a vonzó erők a távolsággal fognak: a fölemelkedett vízrészecskének *fe* s *be* görbe vonalokat,

tehát homorú felszint kell képezniök.—A beléjük mártott szilárd testeket meg nem nedvesítő hígaknál észrevett tünetenyek igen természetesen az ellenkező okban, tehát abban alapúlnak, hogy a híg részek nagyobb erővel vonzódnak egymáshoz, mint a beléjük mártott szilárd testhez. Mivel két közegyenesen álló levelekben csak felényi a nedvet vonzó szilárd tömeg: természetes az 5 alatt előadott tüneteny.

J. E hajcsövekbeni vonzódásból sok tünetényt kimagyarázhatni. Egy darab cukor alja kávéba mártatván, fölemelkedik ez annak minden részébe. Egy nedvvel teli poharat közel állítván egy üreshez, s párkányaikon úgy nyújtván keresztül egy darab itatós papirost, hogy ennek egyik vége a nedvbe érjen, által fog ez az üresbe is szívárogni. A lámpa belében fölmegey a meleg olaj, sőt üveg-hajcsöben valamely égékeny anyagot bél nélkül is lehet égetni. Így lehet némüleg a növényekben fölemelkedett nedvet is kimagyarázni. Szörpös nádméz nedves agyaggal tisztittatik. A föld nedvessége a ház falaiban utóbb felszívárogy. Szívacsba fölemelkedik a víz stb. Mivel a testek likacsai hajcsöveket képeznek: ezért itt alapszanak mind azon tünetenyek, melyeket fölbb (14. J.) bizonyos testek dagadásáról, s az ebből következő tünetenyekről mondtunk.

2. Fejezet. Hígmoztan.

144. Hogy a csepegős testek, mint testek, alája vannak vetve a mozgás már fölbb előadott törvényeinek: nyilván van, s ennél fogva különösen nem is mondanánk semmit az illy folyós testek mozgásáról, hanemha ezeknek könnyü eltothatósága, s így az egy oldalra irányzott nyomásnak mindenfelé elterjedése különbséget nem okozna.

A csepegős testek vagy ezek képviselőjének a víznek mozgását e rendben adandjuk elő: 1) beszélünk a víznek valami edény száján vagy nyílásán kiömléséről, 2) annak csökben s csatornában mozgásáról.

1. Cikk. A víznek edény-száján folyása.

145. A híggal töltött edények, általában két nyomásnak vannak kitéve: egyik belülről kifelé irányzódik, s az edény oldalait mintegy helyökből kitolni igyekszik; a másik, mely kívülről befelé irányzódik, s az edényt mintegy keresztül fúrni törekszik. Az első azon vizoszlopnak, mely az oldal kérdésbeni pontja fölött áll, nyomásából, s ezen oszlop fölött lehető teher *súlyából* származik; a második a légnyomás, vagy általában azon közegnek, melyben az edény van, nyomása. Ha nyílás van az edény falán vagy fenekén: a híg folyásának föltétele abban áll, hogy *a betülről nyomás, mely a folyást előhozni törekszik, nagyobb legyen, mint az azt megakadályozni akaró kívülről nyomás.* E föltétel szükségessége magában is világos: de kísérlettel is kimutatható. Valami edényt vízzel tele töltvén, száját egy kis papirossal befedjük, így felfordítjuk, s a hígoszlop mozdúlatlan marad, ha az edény magassága 32 lábna nem több. Igen szűk szájú edényvel tevén e próbát, a papirost el is hagyhatom; de egyébkor szükséges az, minthogy a

levegő a fölfordított edény legfölső pontjára hágni igyekeztvén, a szélesebb felület egy vagy más pontján magát belúrja, s így a víz kifolyását eszközli.

146. Ha vésszsz egy edényt, mellynek fenekén nyílás, valamelyik oldalfalának belsejére pedig függőleg olly üvegszalag van ragasztva, melly 25 vagy 36 egyenlő részre osztatott s e részek közül (alulról kezdve) az 1, 4, 9, 16, 25, 36 különösen megjelölve: ekkor a fenek száját bedugván, töltsd meg ez edényt az I rovatig vízzel. Most a dugaszt kivévén, fogd fel a bizonyos számú percek alatt kifolyt víztömeget (használván egy percingát), s mérd meg. Majd az edényt a 4 rovatig töltvén meg vízzel, az ugyanannyi perc alatt kifolyt vizet szinte mérd meg: tapasztalni fogod, hogy most két anynyi víz folyt ki, mint előbb. Ha pedig az edényt a 25 rovatig töltöd meg: akkor a percek előbbi száma alatt kifolyó víz öt anynyi leend. E kísérletből következik, hogy *ugyanazon idő alatt annál több víz foly ki egy edényből, minél nagyobb a víz magassága az edény feneké fölött, jelesen e vízmenyiség a magasság négyyszög-gyöke szerint növekedik.* Mivel pedig itt minden egyéb körülmények, mellyek a víz folyására hathatnak (péld. edény anyaga, száj nagysága), ugyanazok: csak a sebesség az, a mi változik; és így mondhatjuk, hogy az edény száján kifolyó víz sebessége, magasságának négyyszög-gyöke szerint növekszik. Minthogy pedig szilárd testek szabad esésénél ugyanezen törvényt láttuk, t. i. hogy a szabadon eső testek végsebességei az eset-tér négyyszög-gyöke szerint növekedtek: ezért kimondhatjuk, a csepegős testek mozgásának először *Toricelli* által előadott ez alaptörvényét: *a híg részek az edény száján kijöttökben olly sebességgel bírnak, mintha azok ürben olly magasról mint a menynyire van a víz felszíne a száj központja fölött, szabadon estek volna le.* E törvényből következik, hogy e szóban levő sebesség csak az edény szájának a felszín alatti mélységétől függ, a híg tömötségétől pedig épen nem; ha ugyan minden test bizonyos magasságról ürben esve ugyanazon sebességet nyeri. E szerint a víz és higany egyenlő sebességgel folynak ki egy edény száján, ha magasságaik egyenlők, bár a higanyt sokkal nagyobb nyomás hajtja c_4).

J. E törvény szerint, ha vésszsz két egyenlő szájú edényt, mellyek közül egyikben a víz magassága 1 láb, másikban 100 láb: ez utóbbin kiömlő víz sebessége 10 akkora, tehát tömege is 10 anynyi leend mint az elsőn kifolytá.

c_4) Főlebből k_1 XV. szerint $C = \sqrt{2hS}$; S helyett a víz magasságát = M tevén, lesz $C = \sqrt{2hM}$. E képletben a híg tömötsége nem jön elő, és így a kifolyás sebessége ettől független. Más magasságot (m), és így más sebességet (c) tevén, lesz $c = \sqrt{2hm}$; és így $C : c = \sqrt{2hM} : \sqrt{2hm} = \sqrt{M} : \sqrt{m}$. Föltevé, hogy a víz magassága bizonyos edényben mindig egy marad, ennek száján kifolyó vizet így határozzuk meg. A kifolyó víz = v sebessége c , a nyílás felszíne f levén, $10''$ alatt kifolyó víztömeg = $c \cdot f$, tehát t percben = $t \cdot cf$. Péld. hány k. láb viz foly ki egy edény száján, ha ez 4 négyyszög hüvelyk, s a víz magassága 15 láb? Lesz $v = 10. c. 4$. Úgy de $c = \sqrt{2hm} = \sqrt{2h. 15} = \sqrt{60. 15} = 30' = 360''$, és így $v = 10. 360. 4 = 14400''k. = 8,33'k.$

Vagy ha amabban a víz magassága 4 láb, emebben 9 láb; akkor a kifolyás sebességei úgy vannak mint $\sqrt{4} : \sqrt{9}$, vagy mint 2 : 3, tehát a mennyi idő alatt az első edényből 2, az alatt a másodikból 3 k. láb víz foly ki. Természetes, hogy, ha az edényszáj felszíne 2, 3, 4-szer akkora mint előbb fölvetük: a kifolyó víz is 2, 3 anynyi leend.

147. A mondott törvény a tapasztalatban nem egészen szabatos. Ennek oka azon körülményben van, hogy a kifolyó víznek nem minden része bír azon sebességgel, melyet rólok legközelebb meghatároztunk, kivált a nyílás párkányához közel levők, mint a mellyeknek még annak falaitól el kell magukat szakasztniok; azonban a víz, az edény oldalairól is mozog a nyílás felé, s ez által a vírzészeket függélyes irányaikból kiveri, következőleg a vízsugár = kifolyó vízár összszevonulását eszközli. Ha péld. az edényszáj átmérője 2 vonal: ott anynyi fog lenni a vízsugáré is; hanem egy kevéssel távolabb az átmérő egy bizonyos pontig, mellyen a vízsugár összszevonulása csúcsán van, mindinkább kisebbedik; e ponton túl az átmérő folyvást nagyobbodik, mindaddig, míg a föld vonzeréje, s lég ellentállása által szétoszik.

1. *J.* Sok természettudós igyekezett azon viszonyt meghatározni, melly az edényszáj s összszevonult sugár átmetszetei közt van, s mindnyájan megegyeznek abban, hogy kisebb szájú edényeknél e viszony 0,6 és 0,7 közt van, az az, az összszevonult sugár átmetszete nem több mint $\frac{9}{10}$ vagy $\frac{7}{10}$ -e = mintegy $\frac{2}{3}$ -a az edényszáj átmetszetének. Ezt nevezik az *összszevonulás egyíthető-jának*.

2. *J.* Azon csatornákat, mellyeket vékony oldalú edények szájaira szoktak alkalmazni, *szájcsöveknek* nevezük. A szájcső legegyszerűbb formája az, melly az összszevonult sugárával, az edényszájtól kezdve az összszevonulás csúcsáig teljesen megegyez; annak a kifolyó víz mennyiségére semmi befolyása. A hengeralakú szájcsövekben nevezetes tűnemény mutatkozik: a vízsugár majd szabadon tódul ki azokon, azaz a nélkül, hogy azoknak falához érne, majd azokhoz tapadva. Az első esetben a szájcsőnek a kifolyó víz mennyiségére s sebességére semmi hatása, ha ugyan egymással érintetben nincsenek; a második esetben a víznek mind sebessége, mind mennyisége nagyobbodik, jelesen az első esetben kifolyt víz a másodikban kifolytéhoz úgy van, mint 100 : 133, föltevén, hogy a szájcső átmérete, hosszának mintegy $\frac{1}{4}$ -t teszi. Gyöngye tehát alatt a vízsugár a szájcsőhöz tapadó, akár mily rövid legyen ez; nagy nyomás alatt a vízsugár szabadabb lesz. Egyébiránt a szájcsőben szintűgy összszevonul a vízsugár mint szabad légen, mit füvegszajcsón kimutathatni. Kúpalakú szájcsőn még több víz foly ki mint henger-alakún, legtöbb ha két félkúpot, kisebb átmetszetein összszekötünk. Az edényszájon s illy szájcsőn kifolyt víztömegek úgy vannak egymáshoz, mint 100 : 150. A kifolyó víz mennyiségét lehet kicsinyíteni is, jelesen ha a szájcsőn valami domborodások vagy egyenlőtlenlégek vannak, ezek a sebességet kisebbítik.

148. Ha az edény szája nem fenekén, hanem valamellyik oldalán van: akkor az abból kifolyó víz útja, épen mint a fekmentesen elhajtott testé, hajtalék-ágot képezend, mert az oldalnyomás fekmentesen, a föld nehézsége pedig függőleg lefelé húzza azt. — Ha fölfelé hajtott csőn van az edény szája, úgy mint a 121 kép mutatja: akkor, a szerint mint a cső vagy függőleg fölfelé áll, vagy a víziránynyal éles szögöt képez, a víz is illy irányban menend, jelesen ez utolsó esetben épen mint a dült szög alatt elhajtott kövecs, hajtalékot képezve. A közlő edények természetét meggon-
dolván, világos lesz előttünk, hogy a víznek a rövidebb csőt el-

hagyva, épen oly magasra kell ugrani, mint a mely magasan van a víz a hosszabb csőben. Hanem több akadályoknál fogva a tapasztalatban a vizet ez elméleti magasságtól messzse maradni látjuk. Illy okok e következők: a viznek az edény oldalához zsurlódása, a nyílás párkányához tapadás, a visszaeső cseppek nyomása, lég ellentállása. Innen van, hogy a fölgró víz magassága a legkedvezőbb körülmények közt is a nyomó vízoszlopnak $\frac{7}{8}$ -át teszi.

1 J. A természeti szökő-kútak néha, bizonyosan egyéb körülményektől is függenek, mint a vízoszlop nyomása, milyen például a beszorult levegő vagy benn fejlődő gőzök nyomása. De talán hat ez ok a fűrt vagy úgy nevezett *artézi kútaknál* is. Ugyanis a föld s körétegeket saját fúrókkal átfurván, egyszerűs mind a fűrt likat, folyvást mélyebben szállított hengerrel, a netalán tóduló tisztátalan víz feltartóztatása végett körülvevén, néha több száz lábnyi mélységen oly hatalmas forrásra juthatni, mely nem csak a fűrt likat tölti meg, hanem gyakran a föld színe fölött nagy erővel magasra löketik. Vannak tapasztalati példák Francia, Angol s Olasz-országban, hogy a kitóduló vizet, mely a környéken egész áradást okozott, sokszor alig tudták föltartóztatni. Tapasztalván, hogy a nevezett országokban illy kút-fúrással akárhol tisztá vizet nyerhetni, sokan ebből azt következtették, hogy e móddal az egész földön mindenütt lehet vízhez jutni, így Afrika vizellen, lakatlan pusztáit termékenynyé s lakhatóvá tehetni, egész tartományok éghajlatát megváltoztathatni. Hanem e meszszekeletések csak álmények voltak; mert mint *Garnier* számos példákkal kimutatta, a vízforrások csak oly tájakon jönnek fel a földszíniig, melyeknek szomszédságában magasabb táj van, a kútforrás csak ott sikerül, hol tárt barlangokkal s földnyílásokkal szaggatott hegyláncolat messzse kiterjedő földalatti vízközlésekre alkalmat nyújt, s hol a légből leverődő viz nyílást talál, melyen a földre szivároghasson, s tovább szivárogásban oly köréteget, mely őt a földszíni feljőni ne engedje. Ha azon köréteg, mely alatt a víz összetódulva van, keresztül fúratik: akkor szükségképen sikerülni kell az artézi kútnak. De mivel e köréteget fektet nem tudjuk: az artézi kútforrás sikerülése is tudományunk mostani állapontján leginkább csak a törtenettől függ. Tapasztalásból annyit mondhatunk, hogy a mészkörétegek alatt legbiztosabban lehet vízforrásra számolni; azért hazánkban a Bakony s Vértes táján, Erdélyben pedig ennek szinte egész nyugoti hegylánc mellett, artézi kútakat legbiztosabban áshatni.

2 J. Ha a víz foly: sokkal kisebb annak az edény falaira nyomása, mint ugyanazon körülmények mellett súlygyen állapotában. Innen van, hogy oly víztömegben, mely hirtelen feltartóztatatik, egyszerre sokkal nagyobb feszülés s ebből nagyobb nyomat származik. Erre épül az úgynevezett *Montgolfier ütőszivattyúja*. All ez egy elég hosszú vizirányos csőből (122 kép) AA, melynek egyik vége B, magasabban álló víz-edényvel van összeköttetésben, másik vége pedig a szelep által, c Hero lapdájával (miről alább). Az a belülről ki felé nyíló szelephöz közel van egy másik b, mely kívülről befelé és saját terhe által nyílik ki. Mihelyt B edényből a csőbe víz foly s ezt megtölti: fölemeli és így bezárja a b szelepet; mi által lesz anynyi ereje, hogy a szelepet Hero lapdáján kinyissa, ebbe tóduljon, s az ottani levegőt megsűrítse, miből ennek vizre nyomulása által a Hero lapdájára alkalmazott csőa kiugrásnak kell következnie. Hanem a tehetlenségnél fogva tovább megy ezen kiugrás mint a súlygyen kívánna; s ekkor b szelep kinyílik, a bezáródik, majd ismét víz folyván B edényből, b becsukódik s a kinyílik stb.; e vizmozgás tehát, mint láthatni, inganemű. Montgolfier 108 láb magasra emelte a vizet e készítményvel.

Szint e törvényre épül a viznek alsó emeletekből magasabbakra fölvezetése. Ez adott, mint mondják, az ütőszivattyú föltalálására is alkalmas. T. i. Bristolban egy kórház első emeletéről vizet vezettek le csöveken által a

földszinti szobákhoz. A csap vízszafordításakor mindig nagy csattanás; halatszván, ez, a gondolatra vitte az embereket, hogy a csap eleibe egy szájszót csináljanak, mi meglevén, látták, hogy ezen sokkal magasabbra ugrott a víz, mint a milly magasról jött.

2. Cikk. Csatornában mozgás.

149. A vizet egy helyről másra csatornák vezetik, mellyek kétfélék u. m. fentnyitottak (milyen minden folyam), vagy fölül is zártak; ezeket *csöveknek* amazokat jelesen *csatornáknak* nevezzük. Gyakran megtörténik, hogy valami városban egy helyen, vagy épen a városon kívül van csak, iható víz, s innen kell ezt a város minden részébe csövekben által elvezetni. Itt a vízméruőknek két kivánalmat kell betölteni, u. m. hogy a csövek először elég bővekek legyenek, mert vizet szükséges mennyiségben csak így szolgáltatathatnak, másodsor elég szűkek, hogy lehető kevésbé kerüljenek. A természetan földadatán kívül esik e tárgyat egész terjedelmében adni, minthogy ez egyenesen a vízmértant, a mérnöki szaktudományok egyik ágát illeti; mi itt tehát e tudomány alapfogalmairól s nevezeteseb eredményeiről szólandunk.

150. *Csövek.* Hogy csövekben a víz a kívánt helyre folyjon: természetesen erre megkivántatik, hogy azon hely, mellyről a víz foly, magasabban fekszen, mint az, a hova vezetetik; mert a közlő edények természete ellen csövekben a víz magasabb helyre folyni nem fogna. E végre nagy *medencében* vagy kádban = víztartóban szokás a vizet előbb *öszszegyűjteni*, s ezután a csövek csapjait fölnyitni. E víztartóiban vízoszlopnak a cső szája fölötti magassága, határozza el, mint fölebről (145) tudjuk, a csöbeni víz sebességét. Továbbá szükséges, hogy e csövek alkalmas (mintegy 6') mélyen legyenek a földbe ásva, hogy télen a benne folyó víz, nagy hidegben meg ne fagyhasson.

Mint mondók, a víztartóiban vízoszlop nyomja ki a csövekbe a vizet, tehát úgy, mint fölebb (134. J.) az edény oldalnyílásán folyást láttuk; azonban e csövekben folyást akadályozza a víznek a csövek belső falához zsurlódása, s ha van (mi a hosszabb vízvezetéseknel szinte elkerülhetetlen), a csövek görbülete. Ebből következik, hogy a medencébeni vízoszlop azon kívül, hogy a csövekbeni víz sebességét eszközli, még az ennek ellentálló akadályokat is legyőzni tartozik.

151. Természetes, hogy minél nagyobb a cső belső fala, annál nagyobb a víznek ehez zsurlódása. Az is természetes, hogy e zsurlódás a víz sebességének négyszöge szerint növekszik; ha ugyan világos, hogy ha péld. két akkora a víz sebessége, nem csak két anynyi víz, hanem még kétszer nagyobb erővel is ütközik a cső fala egyes pontjaira. Gerstner kísérletei szerint nő még ez ellentállás a víz mérséklésének szállásával is, hidegebb víz erősebben tapadván a cső falaihoz, mint kevésbbé hideg d_1).

d_1) Prony e tárgyat vizsgálta e következő képletre jött $U = 26,79 \cdot \sqrt{\frac{DM}{L}}$, D a cső átméréjét, L hosszát, M a medencébeni víznek a cső azon

152. *Venturi* három csőt vevén, mellyek közül mindegyik 15 hüvelyk hosszú 14 $\frac{1}{2}$ vonal átméretű volt, s egyet egyenesen hagyván, másikat körnegyed alakúlag, a harmadikat derékszögre hajtván meg, s így egymás után ugyanazon medence oldalnyílására alkalmazván, úgy találta, hogy 1'' alatt az első csőn 153,6, a másodikon 138,2, a harmadikon 98,7 köb hüvelyk víz folyt ki. És így a cső görbületei az abban folyó víz sebességét kisebbítik. Természetes ez, ha meggondoljuk, hogy a bizonyos sebességgel folyó víznek az illy szögletek vagy görbületek által darab időre föl kell tartóztattni, még pedig annál inkább, minél jobban eltér a cső egyenes irányától, tehát minél kisebb azon szög melly alatt a csatorna más irányban csavarodik, s minél nagyobb a csőbeni víz sebessége.

J. Ezeket tudva ha csöveken akarsz vizet vezetni valamely helyre: azon kell igyekezned, hogy a cső lehetőleg egyenes irányú legyen, vagy ha ez kivétel: a görbület ne szögletet, hanem a lehetőleg nagy félátméretű körívet képezzen. Ha hegyen keresztül kell vezetetni a csőnek: akkor vagy át kell ezt fúrni, vagy (mivel nagyobb tömegű hegyek keresztül furása teljes költségbe kerül), ha a hegy magassága kisebb, mint a medencébeni vízé, akkor a hegy tetején által köriv alakúlag hajtott csöveken kell a vizet elvezetned. Megjegyzendő azonban, hogy illy esetekben a cső legmagasb pontján gyakran levegő tödul össze, melly a víz folyását akadályozza; azért az illy helyeken a csőbe függőleg álló s a föld színére kivitt szelelőket kell alkalmazni, mellyeken a levegő szabadon kitakarodhassék. Végre mivel a vízhez több idegen anyag (péld. mész, főveny) van keveredve, mellyeknek leülepedése által a cső utóbb egészen bedugulna: szükséges minden 50 ölnyi távolságra a cső legalacsonyabb pontjain alkalmas öblítő ládákat alkalmazni, mellyekbe a mondott idegen anyagok leülepedhessenek.

Folyamok s csatornák. 153. Ha a vízforrás, mellytől kellene a vizet elvezetni, elég dúzs; azon helyen pedig hova a víz lenne vezetendő, a vízszükség nagyobb, mint hogy ez csövekkel kielégíthetnének: illy esetekben csövek állítása helyett csatornák ásatnak. Ez utóbbiak ha célszerűen alkattatnak, amazok fölött kitűnő elsőbbséggel bírnak, mert hajókázásra, malmok hajtására, rétek öntözésére stb. használhatók.

Valamint folyamainkban, úgy csatornáinkban is a víz folyásának egyéb oka nem lehet, mint a medernek folytonos hajlása; tehát a medret úgy kell tekintenünk mint lejtő szorosát (megjegyzésvén, hogy a mit fölebb *lejtő magasságának* mondottunk, azt itt a *víz esetének* nevezzük); miből következik, hogy a víznek csatornában úgy, mint folyamokban, egyformán sebesedve kell mozognia, s a vég-sebesség a különben egyenlő körülmények közt annál nagyobb, minél nagyobb a meder hossza. Azonban ez elméleti sebesedés tapasztalatban nem áll; ez a vizek sebességét többnyire egyformának, ritkán lassúdónak s még ritkábban mutatja növekedőnek. E tény okát bizonyos akadályokban kell keresnünk.

végpontja fölötti magasságát, mellyen a víz kifoly (ha e végpont viz alatt van: annak viz alatti mélységét a mondott magassághól ki kell vonni), *U* a víznek a cső végéni sebességét jelentvén. E képletből következik, hogy a csatornák hosszulásával a víz sebessége fogy, hanem a medencébeni víz magasságának, s a cső átméretének nagyobbodásával nő.

A víz részecskéinek egybefüggése, a meder egyes pontjaihoz tapadása és zsurlódása, felszínén a levegővel érintkezése, végre a mi legnagyobb, a folyamok kigyózdó csavargása azon okok, mellyek a vizek sebességét kicsinyítik; jelesen a mondott kigyózdáskor, a mint a bizonyos sebességű víz útában a partokra ütközik, sebességének egy részét mindig elveszíti. Így történik, hogy Dunánk anynyi mérföldeket áthaladta után is csak egyforma sebességgel mozog; különben, tehát ha a mondott akadályok nem volnának, mint minden folyam, úgy Dunánk is hajókázhatlan lenne, sőt ez esetben ennek roppant sebességű vizét csak kemény szikla partok tudnák föltartóztatni e_4).

154. A víz sebessége folyamokban s csatornáknban nem mindennél egyenlő. A partokra ütközés, mint láttuk, kicsinyíti a sebességet; és így a folyam közepén kell a legnagyobb sebességet keresni. Azonban bár itt, közvetlenül a meder fölötti vízrések állnak ki a fölöttök fekvő vízszloptól legnagyobb nyomást; mégis azoknak a fenekhez zsurlódásuk miatt kisebb sebességük van, mint a fölebb álló vízréseknek. A felszínen levő vízrések legtávolabb esnek ugyan a fenektől; hanem a léghöz érintkezésük miatt sebességükből veszítenek, s így lesz, hogy a folyam legnagyobb sebessége közepén a felszín alatt mintegy 1—4 láb mélyen van. Megjegyezzük azonban, hogy a víznek e középben legnagyobb sebessége csak akkor áll, ha annak partjai egyenesek; különben az a homorú partokhoz közelebb áll, mint a domborúakhoz. Ezek szerint ha képzelsz egy folyamat útára függőleg keresztülmetszteni, látod, hogy ez átmetszet különböző pontjain különböző a víz sebessége: azért, ha a folyamok sebességéről van szó, ez alatt mindig *közép sebességet* érts, mit úgy találsz ki, ha egy átmetszeten a sebességet minél több helyen (felszínen, ettől különböző mélységre, a partoktól különböző távolságra) megmérvén, a talált sebességek összegét a mért helyek számával elosztod. A felszíneni sebesség meghatározására olly testet használj, melly a vízbe nem merül le egészen, péld. üres rézgömböt, mibe tetszés szerint bocsáthatsz vizet. Ezt csak nem egész az elbukásig vízbe merítvén (mert így a víz sebessége hívebben adatik), másodperceket mutató órán nézd, bizonyos számú percek alatt mekkora tért végezett; tegyük föl 30'' alatt 180'-t. Ekkor a tért az idővel elosztván, a hányados (6') kimutatja a keresett sebességet.

J. Voltmann szárnyalójával (melly épen úgy van szerkesztve, mint az alább leírandó szélmérő), a folyamok sebességét akármi pontjaikon (felszínen, medreiken, partjaiknál), meghatározhatál.

155. Menynyi azon víz tömeg, melly a folyam bizonyos átmetszetén minden percben keresztül megy: ez nem csak a víz sebességétől, hanem az átmetszet nagyságától is függ; e két sokszoro-

e_4) Ha fölveszszük péld. hogy Dunánk Bécestől Pestig 36 mérföldnyi = 144000 ölnyi útát végez, s hogy esete minden 100 öltre 1 hüvelyket tesz: akkor Bécestől Pestig esete 1440 hüvelyk = 120 láb; és így Pestnél sebessége: (k , XV) $e = \sqrt{2hs} = \sqrt{60.120} =$ több mint 84' lenne.

zó nagysága szerint növekedik az átfolyó tömeg. — Ha veszünk két folyamat, melyeknek átmetszetei különbözők, de még is egy idő alatt egyenlő víztömeget bocsátanak által: természetes, hogy a kisebb átmetszetűnek nagyobb sebessége van. Ebből, de a tárgy természetéből is önkényt foly, hogy ha fölveszünk egy folyamat, melynek egy helyen sokkal nagyobb átmetszete van mint másikon: az a nagyobbban kisebb, a kisebbben pedig nagyobb sebességgel foly, ha ugyan mindegyiken egyenlő időben egyenlő víztömegnek kell általfolynia. Innen van, hogy ha akár mesterség (péld. hidak, töltések stb) akár természet által szűkítettnek a medrek, a víz sebessége növekedik, ellenben ha azok tágulnak, kisebbedik. Innen van sok folyamnak azon alig képzelhető sebessége, mellyel bír, ha közel álló hegyek közé szorítottatott, mint ez kivált Amerikában Connecticutnál látható, hol a meder 1000 lábnyi szélességről 15 lábnyira szorítottatik, s ez által olly roppant sebességet nyer, hogy az arany nem ül le benne, hanem a víz felszínén ragadtatik, s akármi erővel sem lehet fejszét vagy egyéb vasműszert belevágni f_4).

156. A nagyobb folyamok kisebbektől veszik víztáplálékukat; s ez utóbbiak vízmenynyisége szoros összefüggésben áll a nedves vagy száraz idővel, amabban több vizet vívén a folyamokba, mint ebben. Azonban sokszor nagy esőzések, felhőszakadások vannak, mellyek a folyamok vizét növesztik. Így történik, hogy a folyamok mélysége néha nagyobb néha kisebb. A nagyobb mélységű vizek nagyobb nyomás felelven meg, ez által sebessége növekedik, s így, hanemha a partok igen alacsonyok, kiöntés nélkül mehet medrében a földagadt folyam. De ha a víz ezen sebesedése egy vagy más helyen az ellentálló akadályok miatt lehetetlen: akkor igenis túlesap nem fölötte magas partjain a folyam, s árvíz következik. A mondott sebesedés fő akadályát a folyam kigyózdó csavargásában találjuk (154). Azért a kártékony árvizektől legbiztosabban menekül egy vidék, ha kigyózdó meder helyébe egyenes irányú meder készítettik, s így (mivel két pontot összekötő egyenes vonal mindig legrövidebb) a víz esete is e rövidebb útra nagyobb levén, de meg az új meder szélessége is az előbbinél kisebbé tethetvén, a víz sokkal nagyobb sebességgel foly ezen keresztül, s így az árvíz oka elhárítottatik. Tömerdek példa van erre, hogy a folyamokra fekvő vidékek csak e módon menekedtek meg az évenkénti árvizek pusztításaitól. — Ha egy folyam a másikba jóko-

f_4) Azon víztömeget, mely bizonyos folyamnak egy átmetszetén, bizonyos idő alatt keresztül foly, meghatározandó, a lehetőleg olly helyet válaszz, mellyen a meder legkevésbé egyenlőtlen. Fonalra kötött ólomgömbbel a folyam mélységét több helyen megmérvén, s a megmért pontokat egyenes vonallal összekötvén, az átmetszet térképét nyered; s ekkor e térkép nagyságát kiszámítván, ha ezt a folyam közép sebességével sokszorozod, kijön az 1" alatt keresztül folyó víztömeg. Így lett kiszámítva, hogy Rajna, mellynek közép sebessége Düsseldorfnál $3\frac{1}{4}'$, átmetszete 12000 \square' , minden percben 39000, egy nap közel 3370 milliom, s egy év alatt $1\frac{1}{2}$ bilion kocka láb vizet visz az éjszaki tengerbe. Dunánk évenként 10 bilion kocka lábat visz a fekete tengerbe.

ra szöglet alatt szakad: az egyesüléskor mind a két folyam sebessége nagy mértékben kisebbedik, s így történik, hogy e tájon gyakori árvíznek kell következni, mint ezt például Szegednél a Marosnak Tiszába szakadásán láthatni. Ha mesterséggel azt cselekedsz, hogy e szakadó folyamnak új medret csinálván, ez a lehető éles szög alatt egyesüljön a másik folyammal: az árvíz megszűnik. Sokszor, kivált alacsony fekvetű tájakon a folyam medre igen kiszélesül, s ez által a víz sebessége fogyván, szinte oka lehet az árvíznek. E bajon úgy segíthetsz, ha a medret, töltéseket huzván, szűkebbé teszed.

J. A csavargó folyamoknak egyenes irányú mederrel átvágása nemcsak az árvíz, hanem a hajókázás tekintetéből is fölötte fontos. Mert a folyamok azon földrészeket, mellyeket a medertől vagy partoktól elkapva magukkal ragadnak, ott rakják le, hol sebességük kisebb, s így e helyeken zátonyok vagy fővenytorlatok képződnek, a hajókázás legtetemesb ellenségei.

157. Sok helyen a száraz földből nagy részt mocsárok borítanak, mellyek úgy szólva semmi hasznot, ellenben a belőlök fejtődő láztermő bűzhödt gázak, s anynyi haszontalanul heverő föld miatt, igen sok kárt okoznak. Ha ezekből valami folyamig csatornák húzatnak, vagy vízők alkalmas mély árkokba lecsapoltatik: e bajon segítve lesz; sőt még az a mellékes haszon is érthetik el, hogy a csatornák vizei malmok hajtására, rét vagy szántóföldek öntözésére is használtathatik. Rendetlenül folyó vizek szintígy szabályoztatván, bő áldást termenek. Legyen elég e tárgyban itt néhány szabályt megemlítenem: 1) tudni kell, mennyi vizet ad azon folyam vagy tó, melly egy ásandó csatornát táplál, s azon esetre, ha ez malmokat hajtand, egybe kell hasonlítani azon víztömeggel, melly a malmok hajtására szükséges. 2) A csatorna esete ne legyen igen csekély: mert ekkor vízének sebessége is csekély levén, malom-hajtásra nem alkalmazható; azonban a csekély sebességű vízből a meder rétegein sok átszivárog, hamar is befagy. De fölötte nagy se legyen az eset, mert ekkor a csatornát hamar megrongálja, a sok igazítás költséges leend. Általában szólva 100 ölré 3 láb eset a legjobb. 3) Legjobb volna ugyan, ha a csatorna medrének egyegy átmetszete felkört képezne, mert a kör (Mtan 145 lap) ugyanakkora párkánnyal nagyobb tért kerít be mint akármi más vonal: hanem mivel ez esetben a csaknem függőleg álló part a víz által hamar megrongáltatnék; azért a medernek olly négyoldalú alakot szokás adni, mellynek oldalai a függélyes vonallal 45^o-nyi szögletet képeznek. 4) Tekintetbe veendő azon föld-nem is, mellyen a csatorna folyand. Ha agyag az: hagyui kell úgy mint a természet adta. De ha homok vagy tőzeg: akkor ez a vizet könnyen átbocsátja, s ez esetben az illy helyeket kövel vagy agyaggal, vagy legalább gyöppel jól ki kell rakni. 5) Ha mély völgyön kell a csatornának keresztül menni: kár volna itt medret ásni; elég csak oldalfalakat készíteni, gyöpszíneikkel lefelé fordított s erősen öszszevert hantokból. Ha e völgy igen mély: akkor e célra építendő hiddal kell e völgyet környező két hegyet öszszekötöni stb.

1 *J.* *Zsilipeknek* nevezik azon deszka-gátokat, mellyekkel a vizet folyásban megrekeszthetni, s a szerint, a mint vagy a víz fölemelésére vagy le-

szállítására alkalmazhatnak, különbözőben módosíthatni. Legyen péld. egy illy esetű, vagy illy esetűvé csinált folyam, melynek vize (123 kép) hegyről jövőn, az a s b -nél úgy zuhan alá a völgybe. A zuhanás által olly nagy sebességet nyer a víz, hogy ezen biztosan semmi csónak vagy hajó nem mehet. Hogy hát e folyamat hajókázásra használhassuk: b -nél egy deszka-gátot vagy zsilipet csináljunk, mely által a víznek rendes útján lefolyását akadályozhassuk. Így természetesen a víz az a s b közt meggyűlik, s ekkor egyenlő magasságú lesz a d -től b -ig; mely esetre a csónakot egész a b -ig szállíthatjuk. Ez meglevén a c -nél zsilipet bezárjuk, a b -nél levőnek pedig alsóbb nyílását alulról kezdve, egymás után kinyitjuk, hogy azokon keresztül mehessen a víz c felé, s így a b -től c ig egyenlő magasságú legyen. Ekkor az egész zsilip kinyitvatván, természetes, hogy a csónak egész a c -ig haladhat. Ezután a c -nél zsilipet alul kinyitván, így a fölőleg víz oda folyhat, hol már illy zuhanások többé nem leendenek, mely folyás mind addig tart, míg csak a zsilip előtt s után a víz magassága egyenlővé nem lesz, mi megtörténvén, a zsilip egészen kinyitvatik, s a csónak útját folytathatja. Különösen hegyes vidékekben, honnan a termékek tengelyen szállítása csaknem lehetetlen, azonban patak meg találhatik, egy ily szabályzott s zsilippel ellátott vizet igen nagyon használhatni, s nem lehet eléggé megköszönni. Mily olcsó némelly érdős helyeken a fa, menynyi rothad el a miatt, hogy elszállítani nem tudják; e bajokon illy zsilippes folyam használása segítene, s igen nevezetes jövődelmet hajtana.— A lerajzolthoz hasonlóvá tehetni mind azon hegyi patakokat, melyeknek lejtése igen meredek, s melyeken épen ezért a víz nagy sebessége miatt veszedelem nélkül nem hajózható, péld. a víznek abc vonalban folyása helyett, ennek $adeefghk$ med et kell csinálni.— Természetes, hogy az így készült zsilippes csatornán a hajót könnyű föl is vinni a csúcsra. Ha péld. az már a k s h közli térre ért: akkor k zsilip bezaratván, a víz olly magassá lesz benne, mint fg -n; mi meglevén, könnyű a hajót az f s g közli térre húzni, s annál könnyebb, mivel a mondott magassági egyenlőség elérétyén, ha ekkor a k zsilip legalsó lika kinyitvatik, s ez által a hk -bani víztömeg legmélyebb része b felé folyni engedtetik, a víz felső része egy egészen ellenkező folyást veszzen föl k -től h felé, mi a csónakot kívánt irányában segítendi.

2 J. A zsilippes folyókat rétek s szántóföldek öntözésére is használhatni. Legyen péld. (124 kép) ab egy kisebb folyam, $retk$ egy arra dülő rét. A folyó szélében x -nél zsilipet készítvén, ez által, ha bezaratik, annyira magasodni fog a víz, hogy x zsilipen a réten készített fő csatornába folyhat, mely a rét legmagasb felszínén tartozván lenni, ebből az 1, 2, 3, 4, 5 apróbb csatornákon vagy útakon lefut, egyszersmind ezekből (mint igen síkérekből) az egész rétre kicsap. A rétet $mnpo$ árök környezi, mely a be nem ivott vizet y zsilipen a folyamba viszi. Megjegyzendő itt: 1) a fő csatorna helyének kikeresése végett szükséges a rét viziránylása, hogy így az a legmagasb lapra = hátra tetethessék. Ha természet nem ad: akkor a rétnak illy hátat a a mesterség készítsen. 2) Ha a víz sebessége, vagy az öntözendő rét lejtése igen nagy: akkor a főcsatorna a folyóval, valamint az apróbb csatornák a főcsatornával, ne derék, hanem dült szögöt képezzenek. 3) Az apróbb csatornák szélessége $2''$ -nél több ne legyen: ugyan enynyi lehet medrék szélessége; ellenben felső lapjaiké 4—5''. Végre 4) a csatornák lejtése kicsiny legyen, hogy így a víz esőndesen folyván benne, a földet jól megnedvesítse.

158. Ha valami folyam nyugvó szilárd testhez ütközik: ütése nagyságát meghatározhatjuk. Ha az ütköző víz függőleg áll az ütött lapra: az ütés nagysága függ az ütött lap nagyságától, s a víz sebességének négyzetétől (69.3). E szerint, ha veszünk két lapot, melyek közül egyik 1, másik 2 □', s fölveszszük, hogy amarra 4', erre 6' sebességű víz ütközik: e két esetbeni ütés hatásai olly viszonyban lesznek mint $1 \times 4^2 : 2 \times 6^2 = 16 : 72 = 2 : 9$. Mind azon esetekben, hol a folyam szélessége az ütött

lapnál jóval nagyobb, áll e törvény; hanem, ha azon meder szélessége, mellyen az ütköző víz foly, csaknem épen akkora mint az ütött lap, (mint ezt az alul csapó malomkerekeknel láthatni, hol a víz bizonyos valóban vezetetik a kerék lapataihoz, s ezek csak annyival keskenyebbek a válúnál, hogy ennek párkányoldalait mozogtukban ne érintsék): akkor a víz hatása két akkora; mert ez esetben a mondott lapra ütköző víz, minthogy erre elég helye nincs, nem tud, az ütött lapot végképen odahagyva, egyszerűre elsikamlani, tehát ugyanazon víztömeg újra hatand. — *Ha az ütött lap a víz folyásával dült szögöt képez:* akkor az ütköző víz ereje kétféle bomlik; mellyek közül egyik rész hatástalan csuszszan el, s csak a másik, jelesen a lapra függőleg álló rész fog működni (36. 3 J. *). Minél dültebb ez ütött lap: az ütés hatása annál kisebb; a minthogy ha a lap vízirányossá lett, az ütés 0-vé vált. Az ütött lapnak illy dült szög alatti fekte által, kisebbdedvén a víz nyomása vagy ütése, ez oka, hogy a hidlábak felszíne többnyire kerekded, s így a folyam ennek csak egy vonalára ütközik függőleg, a többi vonalára pedig dült szög alatt; ezért veretnek a vizsarkantyúk dült szög alatt a folyam irányára; ezért domború a hordó fenekék belső lapja stb. — *Ha valami folyam otly szilárd testre ütközik, melly maga is mozgásban van:* akkor az ütés hatása az eddig mondottakon kívül függ még ez ütött test sebességétől is. Ugyanis, ha ennek sebessége épen akkora volna, mint az ütésvízé; s mind a kettőnek iránya ugyan egy volna: akkor a víz ütése 0 lenne. Minden egyéb esetben a hatás nagysága a két test sebessége különbségének négyszögétől függ g_4).

g_4) A fölebbiek szerint (146) világos e tétel: 30' sebességű bizonyos mennyiségű víztömegnek valami lapra ütközése épen olly hatást szül, mintha azon víztömegnek 15' magassága volna, más szóval „bizonyos sebességű víztömeg helyett mindig vehetünk nyugvó víztömeget, melly bizonyos lapra nyomulásával épen olly hatást okozzon, mint amaz sebességével.“ Miatán ugyanis a 146-ban láttuk, hogy egy edény fenekén kiömlő víztömeg épen akkora sebességgel bír, mint ha azon magasságról, mennyit az edény fenekére nyomuló vízszlop tesz, szabadon esett volna le: természetes, hogy a folyamokban is, sebességeik helyett mindig tehetünk olly magasságú vízszlopot, melly ezen sebességeknek a szabad esés törvényei szerint megfelel. k_1 XVII szerint $s = \frac{c^2}{2h}$, s ha az ütött lapot l -nek nevezzük: akkor azon vízszlop, mellynek e lapra nyomulása ép akkora, mint sebességéveli hatása, lesz $= l \times \frac{c^2}{2h}$, s ha még ezt s -el is (víz fajsúlyával) sokszorozzuk, ki lesz fejezve a víz hatása fontokban. Legyen péld. a víz sebessége 4', az ütött lap 2' \square : ekkor a víz ütése leend $= 2' \times \frac{c^2}{2h} = 2' \times \frac{16}{60} = \frac{32}{60} = \frac{8}{15}$ k. láb, s ezt 56 $\frac{1}{2}$ fonttal sokszorozván, lesz az ütés nagysága 30 $\frac{2}{3}$ font I). — Ha az ütött lap mozog: akkor a víz ütése a víz és lap sebességi különbségétől függvén (158 vége), ha a víz sebességét C -nek, az ütött lap sebességét c -nek nevezzük, az előbbi képletben $\frac{c^2}{2h}$ helyett $\left(\frac{C-c}{2h}\right)^2$ kell tennünk. Péld. mekkora a víz ütése, ha

J. Az alulesapó malomkerekeknél a víz a már mozgásban levő lapátokra hat. A vizet e lapátokra a lehetőleg keskeny válóban bocsátani igen celszerű, mint ezt főleg mondtnak. Mit mond a tapasztalat és számítás a kerék-lapátok számáról, szélességéről, fektéről; azt már főleg (36. 3 J.) előadtuk...

(E fejezetet illetőleg, ajánlhatók: Prony nouvelle Architecture et Hydraulique Paris. 1801. Eytelwein Lehrbuch der Mechanik fester Körper und der Hydraulik. Berlin. 1824. Gerstner Handbuch der Mechanik Prag. 1832. Baumgartner Die Mechanik in ihrer Anwendung auf Künste und Gewerbe. Wien. 1823. Végre Gehler természettani szótárában Hydraulik s Hydrodynamik cikkeek.)

3. Fejezet. Míghullámtan.

159. Ha valami csendes, tehát fektmentesen álló vízszínen akármikép (péld. szél, rázás, súlyos testnek beleesése stb. által) csak egy kis lapján is mélyedés támasztatik: e mélyedés körül sánc formára emelkedik a víz, mellynek egyik fele kifelé megy, s mindig nagyobb átméretű sáncot, majd mélyedést okoz, míg végre a távolság nöttével, a mondott sáncnak igen esekély magassága lévén, a víz színének ez egyenetlensége egészen elenyészik, másik fele pedig befelé terjedve a hab központjani sikot magasra emeli. A víznek illy egyenetlenségét *habzásnak* vagy *hullámszásnak* nevezzük, jelesen egy emelkedést s mélyedést egymás mellett *egy habnak* vagy *hullámnak*. Illy egy hab keresztmetszetét mutatja a 125 kép, melly-

$C = 4'$, $c = 2'$, az ütött lap = $2\square'$? Az előbbi képlet szerint a kérdésbeni ütés = $l \times \left(\frac{C-c}{2h}\right)^2$. $s = \frac{2 \times 4 \times 56\frac{1}{2}}{60} = 7\frac{8}{15}$ font II).

Vigyázzunk, hogy az ütés ezen kiszámított nagyságát a gépnek, melly az ütés által hajtatik, hatásával egybe ne zavarjuk. Az ütés, mint látók, a szerint nő, a mint az ütött lap sebessége kisebb; azt pedig csak ugyan nem mondhatjuk, hogy a mint ez ütött lap sebessége kisebbedik, a szerint nő a gép hatása is. A gép hatása annál nagyobb, minél nagyobb víztomeget (ha t. i. a gép víz-emelésre van alkalmazva), s minél nagyobb magasságra emel föl ugyan azon idő alatt. Kísérletek s fölsőbb rangú számítások után kijött, hogy a gép hatása akkor legnagyobb, ha a víz sebessége két akkora, mint az ütött lap sebessége. A lehető legnagyobb hatást tehát kitaláljuk, ha a víz sebes-

ségének megfelelő vízoszlop $\left(= \frac{C^2}{2h}\right)$ nyomásának $\left(= l \cdot \frac{C^2}{2h}; s\right)$ felét vesz-

szük. A legközelebbi példában $C = 4'$, $l = 2\square'$, $s = 56\frac{1}{2}$, és így $l \cdot \frac{C^2}{2h} \cdot s = 2 \cdot \frac{1}{60} \cdot 56\frac{1}{2} = 30\frac{2}{15}$ (I), tehát ennek fele = $15\frac{1}{15}$ font = a *tehető legnagyobb gépi hatás*. Minthogy pedig $4'$ sebességnek $\left(s = \frac{c^2}{2h}\right)$ képlet szerint)

$3\frac{1}{5}''$ vízoszlop felel meg: mondhatjuk, hogy a kérdésbeni víz hatása annyinyi, hogy $15\frac{1}{15}$ font vizet 1 mperce alatt $3\frac{1}{5}''$ magasra emelne, tehát épen felényit, mint a menyinyi 1 mperce alatti hajtására szükséges... Jegyezd meg, hogy az előbbi példában (II), az ütés nagysága $7\frac{8}{15}$ font lett. Ez a gép hatásának épen fele. Azonban e különbséget könnyen kiegyenlited, ha meggondolod, hogy az említett példában, az ütött lap sebessége $2'$ volt; és így ha az egész (u. m. a víz ütéséből s a lap sebességéből eredő) hatást tudni kívánod: a kijött eredményt ($7\frac{8}{15}$ f.) 2-1 (lap sebességével) sokszoroznod kell. Ekkor $7\frac{8}{15} \times 2 = 15\frac{1}{15}$ font.

ben *adc* a hab mélyedése vagy völgye, *ceb* a hab emelkedése vagy hegye, *nd* a habvölgy mélysége, *en* a habhegy magassága, *dm* + *ne* az egész hab magassága, *ac* + *cd* a hab egész szélessége. Hab hosszának nevezik annak a vízszíneni azon kiterülését, mely a hab szélességére függélyes irányzatú. Ha a hab a képhez rajzolt nyíl irányában halad: akkor *ad* a habvölgy utófele, *bc* előfele, *ce* habhegy utófele, *eb* előfele, *s* mindegyik rész *habnegyed* nevet visel.

160. A víz habzó mozgásának kikutatására olly *habváltút* használhatni, mellynek hossza 5—6', széle 6—8'', *s* fala a válú hosszában üveg. Illy válú segítségével fedezte föl a két *Weber* e következő törvényeket:

1) A habzás alatt nem halad a víz folytonosan, azaz, nem megy folyvást úgy előre, hogy péld. a habhegy vize a habvölgy mélyébe süljedjen és így tovább, hanem minden vírzészecske hirtázik. Ha a habváltúba egy kis forgácsot tevén, az abbani vizet hullámozásba ejted: észreveened, hogy a forgács folytonosan csaknem ugyanazon helyen marad, száll és emelkedik, de a hullámok szélességét nem futja át. Már e tüneményből a mondott törvény valóságát következtethetni: de még világosabban kitűnik ez, ha a válú vizébe borostyánkő-port (melly a víz tömörségével csaknem egyenlő) hintvén, e porok mozgását kémleled; mert, ha a hullámhegy *s* hullámvölgy idoma csaknem egészen egyenlő, észreveened, hogy az egyes porszemek, tehát az egyes vírzészek is mozgásaikkal bizonyos kis görbe vonalokat írnak le, *s* e görbe vonalok környök, mellyeknek kis tengelyei (Mtan 165§) a víz színére függélyes síkban esnek; ellenben mindinkább közelednek azok a köralakhoz, a szerint, mint a mozgó vírzészek a felszínhez közelebb állanak. A vírzészek e pályáikat vagy egészen, vagy csaknem egészen bevégezik, mint ezt a 126 képből láthatni. E mozgást illetőleg megjegyzendő, hogy *ugyanazon habban a haladás irányában ugyanazon fekkentes síkon fekvő vírzészek egymás után kezdenek mozogni*, úgy hogy pályáik megfelelő pontjain soha kettő vagy több egy időben nincsen; tehát úgy kell ezt képzelni, hogy az előbb fekvő vírzészek mondott pályáik leírására mindig a hátrább fekvők által kényszerítettek. Ha (127 kép) fölveszünk 8 vírzészecskét, ezek számára 8 kis pályát *a, b, c, d, e, f, g, h*, mindenik pályát 8 egyenlő részre osztván képzeljük, hogy az első vírzészecske már az egész pályát elvégezte akkor, mikor a 2-dik a pályának mintegy $\frac{7}{8}$ -t futotta át, és így a 7-n van; a 3-dik a pályának csak $\frac{6}{8}$ -t, és így a 6-n van; hasonlóan a következő vírzészek egymás után a pályát $\frac{5}{8}$ -t, $\frac{4}{8}$ -t, $\frac{3}{8}$ -t stb. végezték el, tehát csak az 5, 4, 3, 2, 1-ig jutottak. Ha e pályapontokat egyes vonalokkal összekötjük, kitűnik az egy hab formája, úgymint völgye és hegye; de kitűnik azon törvény is, hogy *míg egy egy részecske; pályáját egyszer elvégzi, az alatt egy hab egész szélességében látható lesz*; végre kitűnik az is, hogy *az egyes részek pályájának térvonalai átmérete akkora mint az egész hab magassága*.

2) Menynyi idő alatt végezi el pályáját egy vízrészecske: ez attól függ, mi viszonyban van a hab magassága szélességéhez. Ha veszünk két habot, melyeknek magassága egyenlő, de szélessége különböző: a keskenyebb hullám részecskéi sebesebben mozognak; s ha veszünk két oly habot, melyeknek szélességök egy, de magasságuk különböző: akkor a magasabb hullám részecskéit sebesebb mozgás illeti. A felszínhez közel levő részek, pályáikat, valamivel több idő alatt végzik be, mint a mélyebben fekvők. Azonban mindegyik, azon ütésre, melyre megindult, többször elvégezi pályáját, úgy azonban, hogy e pálya folyvást kisebbedik, s mindig kisebb idő alatt végeztetik.

3) Ha a támasztott hullám magára hagyatik: haladtában szélessége s hossza növekedik, ellenben magassága kisebbedik. Ezért ha valami vízben, ebbe hajtott kövel habot támasztottál: a távolabbiak utóbb oly csekély magasságúak lesznek, hogy észre sem vétethetnek.

4) Minthogy az 1) szerint a hullám formája, magassága, egy hullámzás ideje, oly szoros összefüggésben van a hintázó vízrészecze pályájával, átméretejével stb.: ezért a hullám sebessége is bensőleg egybefügg a vízrészecskék sebességével. E szerint egy hab sebessége, magasságától, vagy is azon sebességtől, mellyel a részecskék pályáikat bevégezik, és szélességöktől függ. Úgy de e magasság és szélesség a szerint növekedik, a mint a hullámot gerjesztett test tömege és sebessége nagyobb. És így a hab sebessége e mondott tömegtől s ennek sebességétől függ. — *Ha a hab tovább halad*, azaz, egy hab másikat, ez ismét harmadikat stb. támaszt: ez által (ha csak azon edénynek, mellyben a hullámzó víz van, idoma nem gátolja) a hab hossza növekedik (3). Úgy, de e hosszúság nagyobbodásával a hab magassága kisebbedik; és így kisebbedik sebessége is. Ellenben *ha a hab haladtában, hossza kisebbedik* (mi ismét az edény formájától függ): magassága növekedni fog, és így sebessége is. Ha pedig *a haladó hab hossza mindig ugyanaz marad*: akkor sebessége sem változik. *Az első eset* akkor van, ha péld. egy vízkád közepén a (128 kép), belehajtott kövecsk által támasztatik hab (a képen rajzolt || körök az egyes habok hosszait mutatók), vagy ha az edény (meder) falai szét-tartók (129 kép), s a hab ott támasztatik hol ezek legközelebb vannak egymáshoz, tehát a-nál, s így a || karélyok a haladó hab hosszait mutatják. *A 2-dik esetet* mutatja a 130 kép, ha a-nál támasztatván a hab, ennek haladtábani hosszait a képeni || karélyok mutatják. *A 3-dik eset* oly közegyenes falú edényben áll elő, minő a habvályu (151). — Végre növekedik a hullám sebessége a víz mélysége szerint. Mind ezeket összefogva mondhatjuk, hogy *a hullám sebessége a habtámasztó test tömegével s sebességével, és a habzó víz mélységével egyenes, a hab hosszával pedig viszs arányban áll.*

5) Ha a habvályú két végén két egyenlő habot támasztunk: ezek keresztül vágják egymást, és pedig úgy, hogy ha hegy hegy-

gyel találkozik, ebből a víznek két akkora magasodása, ha pedig völgy völgygyel, ebből a víznek két akkora mélyedése következik, mint a mekkora volna egy hullámnak. Ha pedig hegy völgygyel találkozik: s amannak magassága ennek mélységevel egyenlő: akkor a találkozás pontjain csöndes a víz színe, s magassága akkora, mint volt a hullánczás előtt. Keresztülvágás után a két hab épen úgy folytatja tovább útát, mintha semmivel nem találkoztak volna, azon kis különbséggel még is, hogy a hab e találkozás alatt valamennyire lassúdik, egyébiránt a találkozás után előbbi sebességét viszszenyervén.

6) Ha a hullám valami szilárd falra ütközik (péld. a habváltó egy végére): akkor ettől visszahajtatik, azaz, belőle egy ellenkező irányú hab támad. Legyen (131 kép) AB a mondott szilárd fal, $abcde$ hullám, s tegyük föl, hogy ez egy perc alatt $\frac{1}{2} ac =$ egy habnegyednyi útát végez; így egy perc multával a hegy csúcsa d ér a falhoz, s ugyanakkorra a hegy előfele de a hab szélességének $\frac{1}{4}$ -ére hajtatik vissza; következőleg (lásd β) cd -ben a habhegy két fele egyesülve van, és így kétszer olly magassá lett, mint volt az előtt. A 2-dik perc multával a hullámvölgy elővége jutott a falhoz; a hullámhegy pedig úgy hajtatott vissza, mint ezt a γ -nál láthatni; következőleg e helyzetben a víz színe ép olly csöndes s magas, mint volt a hullánczás előtt. 3-dik perc multával a habvölgy legmélyebb pontja jutott a falhoz (lásd δ), egyszersmind a habvölgy előfele a -ig visszahajtatott, úgy, hogy e szerint ab -ben a habvölgy elő-s utófele ott levén, két akkora mélyedést okoz; ugyanez alatt a visszahajtott habhegy ade -be jutott. Végre a 4-dik perc multával a habvölgy utóvége ért a falhoz; és így az egész visszahajtott hab formáját s irányát $abcde$ (lásd ϵ) hab mutatja. Jegyezzük meg itt, hogy β -ban c ponton, γ -ban d ponton, δ -ban a ponton a víznek sem mélyedése sem magasodása nincs, azaz, a víz felszíne a visszahajtó faltól bizonyos távolságra (mert a mondott pontok egyenlő meszszeségre vannak AB -től) teljes nyugalomban van. Igaz, hogy az ϵ -ban az imént mondott távolságon habvölgy van: de, ha képzeljük, hogy a habváltóban bizonyos egyenlő időszakokban egyenlő habok támasztatnak: már akkor a mondott távolságon mindig egyenlő magasságú lesz a víz színe, jelesen akkora, mint volt hullánczásba hozatása előtt. Ha péld. az alatt, míg a hab, utának $\frac{1}{4}$ -ét végezi, tehát az imént mondott példa szerint minden percben, habváltóban egyegy hullámot támasztasz, s így e habok menetelét a legközelebbi kép nyomán lerajzolod: világos leend előttd az imént mondott tétel, t. i. *hogy a visszahajtó faltól bizonyos távolságra a vízszín ép olly magasan marad, a mily magas volt hullánczása előtt.* A vízszíne pontjait *hintázatcsomónak*, s a hullám hosszában több így összekötött pontokat *csomóronalnak*, a hintázat ezen nemét *álló-hintázatnak* (megkülönböztetve az előbbitől [125 kép], mely haladónak mondatik) nevezzük. Ha péld. a habhegy vagy habvölgy szélessége akkora, mint a habváltó fele: akkor e váltó hosszának $\frac{1}{4}$ s $\frac{3}{4}$ -én hintázatcsomók képződnek. De ha a hab-

völgy szélessége más viszonyban áll a válu hosszához: akkor másutt lesznek e csomók.

Ha a hab iránya a visszahajtó falra függőleg áll: akkor teljesen ellenkező irányban, tehát önmagába hajtatik vissza. Ha pedig dült szög alatt ütközik a hab a mondott falra: akkor úgy hajtatik vissza, mint a rugalmas testeknél láttuk (53), t. i. a visszahajtott hullám épen akkora szögletet képez a fallal, a mekorát képezett az ütköző hullám. Tehát általában esetszög = visszahajtás-szög.

7) Ha a hullám olly falra ütközik, mellyen nyílás van: akkor a hullámnak e nyílást érintő része akadályozatlan folytatja útát; ellenben a hullámuak a nyílás párkányait érintő része, e párkányok köré hajlik olly formán, mintha a párkánypontok a képződött habköröknek központjai volnának. A hullámok ezen hajlását, mellyet görbületnek nevezünk, mutatja a 132 kép, hol *ab* a *cabd* deszkáni nyílást jelenti, *k* pedig a szél a deszkán innen a nyílás s deszkára ütköző hullámok központját képezi. (E fejezetre lásd: Wellenlehre auf Experimente gegründet von E. H. und W. Weber. Leipzig. 1825.)

Harmadik szakasz. Légnemű testekről.

1. Fejezet. Légálltan (Aërostatica).

161. A levegő nem esik ugyan közvetlenül úgy érzékeink alá, mint a szilárd s csepegős testek, hanem azért anynyi tömérék tüneményben mutatja létét, hogy ezt bizonyítgatni fölösleges volna. Van szél mindenütt, mindenütt láthatni úszó felhőket, mellyeket szelek hajtanak; pedig a szél = mozgó lég. A felhők fölött pedig látható azon pompás égszín, mi épen úgy bizonyítja a levegő magasságát, mint a világtenger színe ennek mélységét; ha nem volna levegő: az ég fekete bolt alakot öltene, mint ezt alább meglátandjuk. A levegő azon egész tömegét, melly környezi földünket *légkörnek* nevezzük.

Az újabb idő a vegytanban több a levegőhöz hasonló testeket fedezett föl, mellyek azért *légneműeknek* vagy *gázoknak* neveztetnek. Sajátságaiknál fogva ugyan ezek mind különböznek egymástól: hanem abban megegyeznek, hogy részecskéik fölötté könnyen eltolhatók, fölötté őszenyomhatók, s mindig nagyobb tért foglalni törekvők, szóval mind ezen testekben a taszító erő a vonzóval igen sokkal hatalmasb. — E légneműekhez szerkezetekre nézve hasonlók a *párák* és *gőzök*. Ha csepegős test, péld. víz nyílt edényben áll: tapasztalod, hogy az folyást fogy; utóbb az edényből egészen ki is szárad. Hova lett a víz? Levegőbe ment, s légnemű vízzé = párává változott. Ha a meleg, mellynek hatására változik a víz e szerkezete, a víz forrpontján alul van: akkor az ennek hatására származott légnemű víz, jelesen *pára*; ha pedig a víz forrponti melege alatt változik az légneművé: *gőz* nevet visel. Mind kettőről részletesen a hévtanban szólandunk, itt jelenleg csak két eredményt említünk meg, u. m. hogy minél na-

gyobb a meleg: annál több víz változik párává, a forrponon leg-több; továbbá, hogy e pára s gőz, nyert légnemű szerkezetüket nem tartják meg állandóan, hanem bizonyos hűtés vagy nyomás által előbbi csepegős állapotukat vissza veszik. Ha minden gáz olyan volna, hogy légnemű szerkezetét semmi nyomás vagy hűtés hatására meg nem változtatná: akkor igenis éles határt lehetne a párák s gázok közt húzni. Faraday 1822-ben, a zöldség, szén-savany, kénvízeny stb. gázokat erős nyomás által csepegősökké változtatta: azolta ez éles különböztetés nem áll. Jegyezzük meg, hogy néhány gáz, millyen péld. a száraz lég, s ennek bellemei, minden törekvés dacára sem vettek föl csepegős szerkezetet.

J. Tán a gázok, mint folyvást terjengő testek nincsenek is már a föld nehezkesi hatása alatt? Alatta vannak igen is, s követik a nehézség törvényeit, a menyinyben azok terjedékeny formájukkal egyesíthetők, azaz, nem röpülhetnek el a földtől, hanem e körül tartoznak terjengeni mindenféle irányzatban. Súlyosak hát e szerint minden gázok, s természetes, hogy különböző fajsúlyiak, hanem azért terjedékenységek természetéhez képest egymáson keresztülhatni, s egymással vagy vegytanos úton elegyedni, vagy gyakran csak keveredni tartoznak.

162. Ha mintegy 3' hosszú, s 1—2''' széles, s egyik vég-ről befogott csőt higanynal megtöltvén, ekkor fölfordítod, s nyitva levő végét függélyesen egy higanyos edénybe merited (természetesen, hogy e higany ki ne folyjon, míg e bemerítés történik, a cső e nyílt végét is befogván): a csőbeni higany azonnal le fog szállni a külső edényben levő higany fölé, mintegy $2\frac{1}{3}' = 28'' = 336'''$ magasra, s e ponton meg is marad. Hogy ezt a higanynak az üveghez tapadásából kimagyarázni nem lehet, már abból is gyaníthatni, hogy a higanynak ebben domború felszíne van (143); abból pedig nyilván kimutathatni, hogy a higany azon pillanatban, mellyben a csőt fölülről kinyitjuk, a higáltani törvényeknek megfelelő magasságra esik le. Ugyanezt lehet a vízzel is csinálni, csak hogy a vízoszlop 32' magas, és így annyiszor hosszabb leend, a hányszor nagyobb a higany tömötsége a vízénél (mert $2\frac{1}{3} \times 13,6$ [= higany tömötsége] = 32' színte). Így tett Toricelli, s ebből következtette, hogy valami erő tolja föl a hig testet a cső nyílt végén, mit csak a levegőnek tulajdoníthatni; azért a csőt *Toricelli csővének* hívják. E kísérletben a higanyoszlopnak 336'''-ra leszállása által, ez oszlop fölé, egész a cső befogott végéig nincs semmi; azért e tért *Toricelli ürének* nevezük.

1 J. Toricelli kísérletéből következik, hogy 28'' magas higanyoszlop bizonyos lapra ép akkora teherrel nyomul, mint ugyan arra azon egész légoszlop, mellynek magasságát alább meghatározandjuk, most pedig előre mintegy 10 mérföldnyire tehetjük. Más szóval, ha veszünk egy higanyoszlopot, mellynek talpa 1□', magassága pedig $28'' = 2\frac{1}{3}'$, ennek súlya épen akkora, mint 10 mérföld magas levegőé. Mivel pedig a higany tömötsége 13,6; következőleg fajsúlya $13,6 \times 56\frac{1}{2} = 778,4$ font: a $2\frac{1}{3}'$ magas higanyoszlop súlya = $778,4 \times 2\frac{1}{3} = 1816,26$ font; s így ennyi teherrel nyomul 1□'-ra. E szerint egy felnőtt ember testének felszínére, mit 15□'-ra tehetünk, a levegő 27243,9 fonttal nyomuland. E nyomást azért nem érezzük, minthogy minden oldalról hat, még befülről is kifelé; azonban jelen állapotunkat olyannal, mellyben e nyomás nem volna, özsze nem hasonlíthatjuk. Miután főlebből (79)

földünk felszínét tudjuk: ki fogjuk azt is számíthatni, mekkora teherrel nyomja az egész lég földünk felszínét. E teher kerek számmal 96000 biliom másztát nyom.

2 J. E kísérletre bizonyos kútások nem sikerült törekvése adott alkalmat, kik hasztalan igyekeztek a vizet szivattyú segítségével 32' magason fölfel húzni. Föltűnt ez nekik azért, mert minden fölfel azt fogták a természetre, hogy ez az őről irtózik; ez esetben pedig valóságos őr származott a víz felszine és szivattyú köldöke között. Tanács végett a híres Galileihez folyamodtak: hanem e tünemény okát ő sem tudta kimagyarázni.

163. Ha Toricelli csövének egyik végét előre beolvastjuk, aztán e csőt tiszta higanyval egészen megtöltjük, így a cső nyitott végét valami tiszta higanyval telt edénybe mártjuk, tehát úgy, mint ezt a 133 képben láthatni: ez által lejjebb száll a csőbeni higany, annyira t. i. hogy a csőben levő higanyoszlop súlya, mellyel a cső nyitott vége felé nyomul, épen akkora legyen, mint a külső légnak arra nyomulása. Ha ekkor szabatos mértékkel meghatározom, mekkora a higanyoszlopnak az *E* edénybeni higany felszine fölötti magassága, tehát hány vonal *ab*, s ezt *b* pontnál egy a csővel erősen egybekötött táblára följegyzem, aztán e vonalokat a mondott szabatos mérték szerint, bizonyos távolságig folytatom, úgy péld. hogy 324'''-tól mintegy 348-ig legyen a táblára rajzolva: így lesz egy készítményem, melly a légnomás nagyságát folyvást kimutatandja; azért e készítményt *légsúlymérőnek* nevezhetem. Alig ismertele néhány természettudós Toricelli e kísérletét, midőn csak hamar fölfedezve lón, hogy a csőbeni higanyoszlop magassága nem mindig egyenlő; néha leszáll az (tájunkon) egész a 324 vonalig, néha pedig egész a 348-ig emelkedik: ez oka a lépték imént mondott készítésének. Ebből egyszermind azt is láthatni, hogy a levegő súlya néha nagyobb néha kisebb, melly tüneménynek okát több majd a hévtauban előadandó körülményekben találjuk. Azonban a higanyoszlop magasságának ezen változása által a léptékre nézve egy nehézség származik. Ha t. i. a higanyoszlop száll: a csőbeni higany *E* edénybe jön ki, s így ebben a higany felszine magasabban fog állni annál, a mitől mértük előbb a mondott oszlop magasságát; mi által (minthogy a lépték erősen a csőhöz van szegezve) a higanyoszlop valólag kisebb, mint a mekkorának a lépték mutatja; ellenkező esetben, azaz, ha a higanyoszlop magasra hág, mint volt akkor, midőn a lépték készítettett, a higanyoszlop valólag nagyobb, mint a mekkorát mutat a lépték. E *hiba* tagadhatatlan; hanem ha *E* edény elég tág, a cső átmérete pedig csak mintegy 1''' : akkor a csőből kijövő higany, ha bár ez 2''' magas oszlopot tett is, e tág edényben olly csekélységet tesz, hogy ezt hiba nélkül, kivált közönséges használatban semminek vehetjük. Szabatos méréseken pedig e hibán is segítve van e következő készítmények által. *E* edény bőrrel van kibélelve, úgy hogy a higany úgy szólva egy bőr zacskóban áll, mellyet egy az edény fenekébe járó s a bőrt érintő csavar által fölebb vagy alább srófo hatni, s így a zacskó üregét szűkebbé vagy tágabbá tehetni. Van továbbá ez edénybeni higanyra egy kis deszka téve, s e deszkába függőleg egy kis kerek veszső verve; e veszső s deszkácska *E* benin higany felszínén

úszik, azért *úszónak* neveztetik. Az edény felső felén egy lik furatott, mellyben a mondott veszzöcske föl vagy alá könnyen mozoghat. A mint az így elkészített légsúlymérő először fölállítatik, s a lépték a csőhöz szegezett deszkára fölrajzoltatik: a veszzöcskének egy része kiér az *E*-ből, s ott, hol épen az edény felső lapját érinti, fekete vagy vörös karcolattal megjegyzetetik. Ha majd a légsúlymérő higanyoszlopa száll; a veszzöcskének bizonyosan nagyobb része érend ki *E*-ből mint előbb. Ez esetben tehát az *E* aljára alkalmazott csavar alább srófoltatván a bőredény tágulni, és így a veszzöcske szállni fog, jelesen szállíthatatik a mondott rovatig. Ellenben ha a higanyoszlop emelkedik: a veszzöcske szálland; s ekkor a csavart fölfelé kell srófolni, hogy a veszzöcske *E*-ből ismét szabályszerű karcolatáig érjen ki. E készítménnyel tehát a mondott hibán igazíthatunk.

De van még *más hiba* is. Tudjuk a (143. 3-)ből, hogy hajcsőben a higany lejjebb áll, mint kivülről; és így a légsúlymérő higanyoszlopa nem igaz mértéke a lég súlyának, jelesen rövidebb ez oszlop, mint a mekkora a légnyomásnak, ha nincs hajcsővesség, megfelelő. E hibán legegyszerűbben úgy segítnek, hogy a légsúlymérő csövének más alak adatik, jelesen olyan, mint a 134 képen látható. Már itt a cső rövidebb s hosszabb szára egyenlő átméretejű lévén, a rövidebben, épen annyival áll lejjebb a higany a hajcsővesség hatásánál fogva, mint a hosszabbban, s ez által a hibán segítve van. Mivel pedig ez esetben az előbb említett hiba igen nagyra ütne ki (mert azon pont, mellytől a higanyoszlop magassága mérendő, annyira emelkedik a rövidebb szárban, a menynyire száll a hosszabbban): ezért az illy csövek mozgathatókká tételnek a léptékekkel ellátott tábla fölött, s mind annyiszor, a mikor a higanyoszlop magassága méretik, előbb a cső (csavar segítségével) úgy emeltetik vagy szállítatik, hogy a rövidebb szárban higany felszíne a tábla azon pontjával (= 0), mellytől számítva rajzoltatott a lépték, tökéletesen megegyezzen.

Harmadik hiba a meleg hatására származik. A meleg kiterjeszt mindent, és így a higanyoszlopot is; pedig mi a légsúlymérőben, csupán a lég hatására fölnyomott oszlopot akarjuk tudni. A meleg ezen hatását tehát el kell a higanyoszlop magasságából számítani. Milly szembetűnő e hatás: tisztán láthatni (kivált télen) két olly légsúlymérőn, mellyek közül az egyik meleg, a másik pedig hideg szobában van fölfüggesztve; mert ha péld. a külső s belső meleg különbsége 25° R: a melegen álló légsúlymérő szinte $2'''$ -l fölebb fog mutatni. Azért az így származó hiba megigazítása végett hévmérőt is tartás légsúlymérődön, vagy e mellett, s így a megjegyztet légsúlymérői magasságon Réaumurnek minden fokára nézve $\frac{1}{1440}$, vagy Celsiuséra nézve $\frac{1}{8832}$ -re igazíts. Rendesen a melegség 0° -ra történik az igazítás, azaz, minthogy a meleg s hideg higanyat fajsúlyaiknál fogva különböző testeknek kell vennünk (ha ugyan a meleg hatására az anyagi részecskék egymástól távoznán, 1 köb láb abból kevesebbet nyom mint ebből), a levegő nyomását

olly higanynal mérjük meg, melynek melegsége az épen olvadó jég melegségével egyezik. Péld. mutasson a légsúlymérő 335⁰''-t; a hőmérő R. szerint ugyanott 20⁰-t. 1⁰-ra nézve $\frac{1}{4440}$ -l kellvén igazítani, 20⁰-ra nézve lesz $\frac{20}{4440} = \frac{2}{444} = \frac{1}{222}$. A mondott légsúlymérői állásnak = 335⁰''-nak enynyied részét kell venni, tehát 335 \times $\frac{1}{222} = \frac{335}{222} = 1,5$ '''. E 1 $\frac{1}{2}$ '''-t a légsúlymérő állásából le kell vonni, tehát 335 - 1 $\frac{1}{2}$ = 333 $\frac{1}{2}$ '''; így a légsúlymérő a hév 0⁰-ra van igazítva. Ha a hőmérő 0-n alúl áll, péld. - 20⁰: akkor az előbbi menetel szerint eredendő 1 $\frac{1}{2}$ '''-t a 335-höz hozzá kell adni (h_4).

h_4) Ha a légsúlymérő megjegyzett magasságát b -nek, a hév bizonyos számú fokát t -nek nevezzük: a légsúlymérő állása C.szerinti 0⁰-ra igazítva lesz = $b \pm b^t/5550$. — Azonban gondolóra kell vennünk azt is, hogy e meleg hatására a lépték anyaga is kiterjed, azaz péld. a 0⁰-n nem akkora 1⁰''', mint péld. a 20⁰-n. Ha a meleg által a higanyoszlop tériméje épen akkorával növekednék, mint ezen lépték anyagáé péld. sárga rézé: akkor, mint belátni könnyű, a melegség által kiterjesztetés miatt semmi hiba nem származnék. De mivel, mint alább a hévtanban meglátandjuk, a testek egyenlő melegre különbözően terjednek ki, jelesen a sárga réz kevésbé mint a higany: ezért (bár kisebb mint ha a lépték kiterjedését számba nem vesszük) hiba csakugyan származik. Azért a melegség ez összes (higanyra és léptékre) hatása által származott hibán e következő tábla segítségével igazítunk, fölvevén, hogy a hőfokok Réaumurféle hőmérőt illetik, a lépték sárga rézből van, s ennek vonaljai párizsi vonalok; ez utolsókat azért kell venni, mert a tudományos világban ezek használatnak, légsúlymérői jegyzeteink pedig arra is valók, hogy a földszin különböző pontjain tett jegyzetekkel egybeazonosítsanak. A mondott tábla im itt következik:

R.	320''	330''	340''	345''	R.	320''	330''	340''	345''
- 15 ⁰	+ 0,88	+ 0,90	+ 0,93	+ 0,95	+ 6 ⁰	- 0,49	- 0,50	- 0,52	- 0,53
- 14	0,81	0,84	0,86	0,88	7	0,54	0,57	0,59	0,60
- 13	0,75	0,77	0,79	0,81	8	0,62	0,64	0,66	0,67
- 12	0,68	0,70	0,72	0,74	9	0,68	0,70	0,72	0,74
- 11	0,62	0,64	0,66	0,67	10	0,75	0,77	0,79	0,81
- 10	0,55	0,57	0,59	0,60	11	0,81	0,84	0,86	0,88
- 9	0,49	0,50	0,52	0,53	12	0,88	0,90	0,93	0,95
- 8	0,42	0,44	0,45	0,46	13	0,94	0,97	1,00	1,02
- 7	0,36	0,37	0,38	0,39	14	1,01	1,04	1,07	1,09
- 6	0,29	0,30	0,31	0,32	15	1,07	1,10	1,14	1,16
- 5	0,23	0,24	0,24	0,25	16	1,14	1,17	1,21	1,23
- 4	0,16	0,17	0,17	0,18	17	1,20	1,24	1,28	1,30
- 3	0,10	0,10	0,10	0,11	18	1,27	1,31	1,35	1,37
- 2	0,03	0,03	0,03	0,04	19	1,33	1,37	1,41	1,44
- 1	- 0,03	- 0,03	- 0,03	- 0,03	20	1,40	1,44	1,48	1,51
0	0,10	0,10	0,10	0,10	21	1,46	1,51	1,55	1,58
+ 1	0,16	0,17	0,17	0,17	22	1,53	1,57	1,62	1,65
2	0,23	0,23	0,24	0,24	23	1,59	1,64	1,69	1,72
3	0,29	0,30	0,31	0,31	24	1,66	1,71	1,76	1,79
4	0,36	0,37	0,38	0,38	25	1,72	1,78	1,83	1,86
5	0,42	0,44	0,45	0,45					

Az első szeletben vannak a hőmérő fokai, 2, 3, 4, 5-dikben azon p. vonalok, vagy vonalrészek, melyeket az előttök álló jegy szerint vagy hozzá kell adni, vagy kivonni a légsúlymérőn jegyzett 320, 330, 340, 345 vonalból. Tegyük föl, hogy légsúlymérőd 340''-t, hőmérőd pedig - 7⁰-t mutat; e - 7⁰-nak a 340 alatti szeletben 0,38 felel meg; ezt tehát a 340-hez adván, 0⁰-ra igazított

1 J. Mindennapi használatra, ha nagy szabatosság nem kívántatik, alkalmas a 135 képbén látható légsúlymérő, mely *ab* edénye miatt körte alakúnak hivatik. Ebben sem a lépték 0 pontját illető, sem a hajcsövesség miatt származott hibán igazítva nincs; azért ez a légnyomás nagyságát szabatosan nem mutatja.

2 J. Jó légsúlymérő kellékei e következők: 1) a cső legalább a higanyoszlop vége körül belső üregére nézve jól egyenlített legyen. 2) A higanyoszlop fölötti tér légüres legyen, mit vagy úgy tudhatsz meg, ha látod, hogy a higanynak szép ércfénye van, vagy úgy, hogy ha a cső fölfordításakor a benne levő higany csattanva esik a cső végpontjára. A fénytelen higany, higanyrozsda, s azt mutatja, hogy Toricelli ürében levegő van, melytől rozsdásult meg az. 3) A higany tiszta legyen, mert higany a légnyomás mértéke, nem pedig horgany-, ón-, levegő- stb. keverék, mert ezek szoktak lenni a tisztátalan higanyban. Ezért tanácsos a higanyat magában a csőben izzó szén fölött addig forralni, míg látod, hogy többé semmi légbuborékok nem mutatkoznak. 4) A lépték a lehetőleg pontos, s parányosztóval is ellátva legyen.

3 J. Egyéb, légsúlymérőt illető tárgyokról alább a hévtanban.

164. Akarmi erősen föllítot hóllyagot újjoddal benyomhatsz; s ez által a benne levő levegő kisebb térbe szorúl; vagy ha valami egyik végéről zárt csőbe, mellyben csak levegő van, egy azon csőbe légzárólag illő köldököt (= valami vessző végire alkalmazott olly vastagságú s formájú tömött kis hengert, minő a cső belüregé, tehát olylyant, melly a csőn kivüli levegőt a belül levőtől tökéletesen elzárja) tolsz, látod, hogy ez alkalmas mélységre lenyomható: e kísérletek mutatják a *levegő összenyomhatóságát*. De ha újjodat a benyomott hóllyagról leveszed: látod, hogy a hóllyag előbbi alakjára visszazapattan; ha a köldöknek a mondott csőbe tolásával föl-

állítás leend 340,38. Ha pedig p. légsúlymérőd ugyanazon állásakor hévmérőd + 7°-t mutat: nézd meg, mi felel meg e hévfoknak a 340 alatti szeletben (0,59), s ezt légsúlymérőd állásából vond ki. Lesz tehát $340 - 0,59 = 339,41'' =$ légsúlymérődnek 0°-ra igazított állása. Ha légsúlymérőd nem épen e táblában följegyzett vonalokat, s hévfokat mutatja, hanem p. 336,4'' t 20,5°-nyi melegen: akkor az ezeknek megfelelő igazítást így számítsd. Nézd meg *először* 20°-nyi melegnek (az adott hévmérői állás egyik szomszédának) mi igazítási különbség felel meg az adott légsúlymérői állás két szomszédát, (mellyek a táblában adatvák) illetőleg. 336,4 két szomszédá 340 és 340; amannak a mondott 20°-n 1,44'' , emennek 1,48'' felel meg, a különbség tehát 0,04. Most ird ez arányt $10'' = 6,4''$ (mert ennyivel több 330-nál az adott légsúlymérői állás) $= 0,04 : x$, s így $x = 0,256''$. És így a 336,4 állást illetőleg a hévmérő 20°-ra nézve a 0°-ra igazítás lenne $1,44''$ (lásd a táblában) $+ 0,256'' = 1,696''$. *Torábbá* épen ez előadott módon keresd 21°-nak (az adott hévfok másik szomszédának) mi igazítási különbség felel meg az adott légsúlymérői állás két szomszédát illetőleg. 21°-nak, 330 szeletén 1,51'' , 340 szeletén pedig 1,55'' felel meg; a különbség tehát itt is 0,04. Tehát áll ez arány: $10'' = 6,4'' = 0,04 : x$, s $x = 0,256''$. És így a 336,4 állást illetőleg a hévmérő 21°-ra nézve a 0°-ra igazítás tenne $1,51 + 0,256 = 1,766''$. Következéleg a légszm. 336,4 állását illetőleg, a hév 16°-tól 17°-ig igazítás különbsége tesz $1,766 - 1,696 = 0,070''$. Itt is áll ez arány $1° = 0,5° = 0,07 : y$, s $y = 0,035''$. E fél fokot illető igazítást a 20°-t (az adott légszm. álláson) illető igazításhoz 1,696-hoz adván, az adott 336,4''-ra s 20,5°-ra tartozó egész igazítás lesz $1,696 + 0,035 = 1,731$, és így $336,4 - 1,731 = 334,669''$; ennyit az adott esetben a légszm.-nek 0°-ra igazított állása. Ez igazítást minden légszm. jegyzetkor meg kell tenni, ha azt akarjuk, hogy jegyzeteink másokkal egybeazonlíthatók legyenek.

hagysz: látni fogod, hogy a köldök visszanyomatik: ezekből a *levegő kiterjedhetőségét* következteted. Szabatos kísérletek s mérések után i_4) ez öszszenyomatást s kiterjedést illető e törvény

i_4) Ha vésszsz egy olly formán meghajtott üvegesőt, mint a 136 képen láthatui, mellynek egyik szára igen sokkal rövidebb mint a másik, s e rövidebb szár fönt zárt, a hosszabb pedig nyitott; e csőbe egy kevés higanyat péld. az II-ig töltesz (sajátképen csak annyit, hogy a két szárbani levegő egymástól elzárassék, s a higany magassága mind a két szárbán egyenlő legyen): ekkor a rövidebb szárbani levegőre a külső lég a maga egész súlyával, tehát 28" magas higanyoszlop terhével = egy légnyomással nyomuland. Ennyivel nyomul vissza a rövidebb szárbani levegő is: ezért egyenlő magas a két szárbani higanyoszlop = II vizirányos vonal. Ha most a hosszabb száron ismét higanyat töltünk a csőbe: látni fogjuk, hogy a rövidebb szárbani higanyoszlop emelkedik, hanem sokkal kisebb mértékben, mint a hosszabb szárbán, úgy hogy péld. amabban 2-ig emelkedett, midőn ebbenn II-ig. Ha megmérjük, mennyivel magasabb a hosszabb szárbani higanyoszlop a rövidebbénél, más szóval milly magas aII: úgy találjuk, hogy ez 28"; ugyan ekkor 1,2, fele az előbbi (rövidebb szárbán levő) légoszlopnak. Tehát mondhatjuk, hogy két ákkora nyomásra (mert aII = 28" = egy légnyomás, még ezen kívül a II-d-re nyomuló külső lég = másik légnyomás), felényi térbe tömetett a levegő. Ha a higanynak e csőbe töltését folytatván, látom, hogy a hosszabb szárbani higanyoszlop 28 + 28 = 56"-l magasabb, mint a rövidebb szárbán, s ekkor a 3-ig emelkedett higanyoszlop fölötti légoszlop hosszát megmértem: úgy találom, hogy ez az eredeti légoszlopnak (azaz annak, mely egy légnyomással súlyegyent tartott) $\frac{1}{3}$ át teszi. S mivel bIII 56" = két légnyomás: a III-e-re támaszkodó külső légnyomást ehhez adván, látom, hogy ez esetben tériméjének harmad részére szorított levegő három légnyomást áll ki. A higanynak e csőbe töltését folytatván, folyvást e megtelt tapasztalom; tehát négy légnyomásra a szóban levő légoszlop tériméjének $\frac{1}{4}$ -ére, öt légnyomásra, tériméjének $\frac{1}{5}$ -ére, hat légnyomásra $\frac{1}{6}$ -ára stb. öszszenyomatni tapasztalandom. Bebizonyodott e törvény a levegőnek hszzonlétszerezés öszszetömésénél, s nem csak a levegőre, hanem minden légneműekre nézve.

Szint ez eredményre jutunk, ha valami edényben a levegőt folyvást ritkábbá teszszük, tehát úgy, ha e levegő terjedékenységet illető kísérletet a földszinen levő levegőnél ritkább léggel teszszük. Végy e végre egy 30" hosszú üvegesőt *cs* (137 kép), mely *s*-nél nyitott, *e*-nél pedig csappal bezárható; végy hozzá egy szintolly hosszú de már tágabb csőt *CS*, jelesen olly tágat, hogy *cs* *CS*-be bőven bele férjen; *cs*-t egész hosszában öszd el hűvelyekre, s ezeket rajta jegezd meg. Most *CS*-t higanynyal megtöltvén, mártsd bele *cs*-t (úgy, hogy a csap nyitva legyen) annyira, hogy *cs*-ből mintegy 1" érjen ki. Most a csapot bezárván, látod, hogy a *cs*-ben s *CS*-ben levő higany egyenlő magasan áll (ha a csők átmérete elég nagy, hajcsövességnek helye nem levén). Ez azt mutatja, hogy *ca* földszinti levegő ép akkora erővel nyomul az alatta levő higanyra, mint a külső levegő ugyanarra. Most ha *cs*-t a *CS*-ből kifelé húzod (úgy azonban, hogy *s* vége a higanyból ki ne érjen): tapasztalod, hogy az előbb 1" magas légoszlop mindig hosszabbá lesz; tehát az ottani levegő kiterjed vagy is ritkul. Ha annyira emeltd föl, hogy a mondott légoszlop épen két akkora mint volt előbb, tehát 2" (138 kép): észrevedend, hogy ekkor *cs*-ben a higany magasabban áll, mint *CS*-ben, jelesen ennek a fölötti magassága 14", mely tényt így magyarázasz: *ugyanazon levegő két akkora térbe tágulván, tömörsége felényire lesz, mint vala előbb, és így ennek az alatta levő higanyoszlopra nyomulása csak felényi lehet mint előbb. ha higanyoszlop magassága 14" levén, ezt nem okozhatta egyéb, mint a külső légnak a *CS*-beni higanyra nyomulása; tehát a külső lég ezen nyomásával (mellyet*

állítatott föl: az *összszennyomott levegő által elfoglalt térimék viszás arányban állnak az ezen levegőt összszennyomó terhekkel*, azaz, péld. ha egy tökéletesen üregeenlített csőben 10 font teherre (melly péld. a köldökre nyomúl), a csőbeni levegő 12'' hoszszú: akkor 20 font teherre 6'', 30 fontra 4'', 40 fontra 3'' stb hoszszu leend, tehát $10 : 20 : 30 : 40 = 3 : 4 : 6 : 12$. Ugyan e törvény bizonyult be azon kísérleteknél, mellyekben a levegő nem összszennyomatott, de megritkítatott. *Ha ugyanazon légtömeg két akkora térbe tágult: akkor kétszer ritkábbá lett mint volt előbb; hanem ekkor egyszersmind kétszer kisebb nyomó erő felett meg annak.* E törvény, mellyet fölfedezőiről Boyle (1660) s Mariotte (1668) törvényének hívnak, így is kifejezhető: *a levegő terjedékenysége a nyomó erővel egyenes arányban nő, vagy, a légrézecskek taszító ereje olly viszonyban nő, a millyenben ezeknek egymástól távolsága kisebbedik; haugyan a légrézecskek annál nagyobb erővel törekcszenek előbbi állapotukba visszszamenni, minél inkább közeledtek egymáshoz a nyomás által, vagy minél inkább összszennyomatott a levegő.*

165. Növekedik a levegő terjedékenysége melegítés által is. Ennek meghatározására többen szabatos kísérleteket tettek. Gay Lussac egy jól kiszáradt hévmérőcsőt használt, melly hoszszábau egyenlő részekre osztva, s olly gömbbel ellátva volt, mellynek tériméje a cső tériméjéhez elég nagy viszonyban állt. Ezt a légsúlymérő bizonyos állásánál száraz léggel megtöltvén, s ezután a csőbe egy csepp higanyat öntvén, ez által a külső lég a csőbeni = az imént mondott higanycsepp alatti levegőtől el lett zárva. Most az így elkészített csőt higanyfürdőbe fektette, mellyet fokként melegítvén, tapasztalta, hogy a csőbeni levegő folyvást nagyobb térbe tágul, s e tért, ha egyébiránt már előbb a csőüreg tériméjét szabatosan kiszámította, mindig meg is mérhette, s a hévfokokkal egybehasonlíthatta. Illy úton jött ki a tény, hogy

vegyünk föl 28''-nek) hp higanyoszlop, s ch légoszlop nyomása tart súlyegyent, azaz $28'' = hp + ch = 14'' + ch$, tehát $ch = 28'' - 14'' = 14''$, más szóval a felényi tömött levegőnek felényi nyomás felel meg. Ha most cs-t addig húzod kifelé a higanyból, míg a levegő 3''-nyi oszlopot = ch-t (139 kép) foglal el: tapasztalandod, hogy ekkor hp higanyoszlopnak a CS fölötti magassága $18\frac{2}{3}''$; tehát ch légoszlop nyomása itt is mint előbb = $28'' - hp = 28'' - 18\frac{2}{3}'' = 9\frac{1}{3}''$, azaz ch légoszlop $9\frac{1}{3}''$ magas higanyoszloppal tart súlyegyent. S mivel itt a levegő már három akkora térbe tágul: tömötsége háromszor kisebb leend mint volt először; de háromszor kisebb nyomás is felel meg neki mint először, mert $9\frac{1}{3}''$, 28''-nek épen harmada. Így cs fölfelé húzását tovább folytatván, tapasztalod, hogy mikor a bezárt légoszlop a csőből 4'' magas tért foglal el, a cs-beni higanyoszlopnak CS higanya fölötti magassága 21''; 5'' magas légoszlopra a higanyoszlop $22\frac{1}{3}''$, 6'' magasra $23\frac{1}{3}''$, 7'' magasra 24'' magas; s ez esetekben a 4-szer, 5-ször, 6 szor, 7-szer ritkult levegőnek sorban 7'', $5\frac{1}{3}''$, $4\frac{2}{3}''$, 4'' magas higanyoszlop felel meg, mellyek a külső légnomásnak (28''-nek) sorban $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{6}$, $\frac{1}{7}$ -t teszik. Így is áll hát Mariotte törvénye „a levegő terjedékenysége a nyomó erővel egyenes arányban áll.“

Jegyezzük meg, hogy a levegőnek e tömését s ritkítását illető kísérletekben üregeenlített csőket kell használni.

ha a levegő tériméje C 0° -ánál 1: akkor az a hőmérsék minden egyes fokára, ezen 1-nek vagy mértéknek 0,00375-ével nagyobodik, más szóval ha a C 0° -áni lég tériméje 1: akkor annak 100° -ára melegített lég tériméje 1,375; így jött ki e törvény: *a levegő terjesztő ereje, hőmérsékletének nagyobbodásával egyenes arányban áll.*

J. Egyéb ide tartozó tárgyokról majd a hévtanban.

166. A közelében a levegő sűrítésének s ritkításának saját módjai vannak. Illyenek péld. e következők: ha valami edénybe ennek száján bele fúvsz; valami egyik felől zárt csőbe, egy ebbe légzárólag illő köldököt (mint ezt a bodzafa-puska-gyermekjártékban láthatni) letolsz; ha valami léggel tölt rugalmas falú edénynek kisebb térímét adsz — így ez edényekben a levegő megsűrűdik. Ha levegővel tölt edényből valami szájcső segítségével (ezt szádba fogván) levegőt szívsz ki; ha a levegőt valami edényben akármiképp nagyobb térímére jutni engeded: így megritkul az. Magától érthető, hogy ha a megsűrített léggel telt edényen egy kis nyílást csinálsz: az, mint a külső légnél tömöttebb, ki fog ezen rohanni; mert nagyobb erővel nyomul az erre, mint ez viszont. Ellenben ha ritkított léggel telt edényen csinálsz nyílást: a külső lég fog ez edénybe rohanni. E rohanás mind két esetben addig tart, míg az egymás ellen nyomuló erők közt súlyegyen nem lesz, azaz, míg a külső s edénybeni lég egyenlő tömötséggű nem leend.

J. Sok készítmény alapszik ez egyszerű törvényen. Pipázáskor a pipaszárban levegőt megritkítván, a külső lég az égő dohány füstét nyomja föl a pipaszáron. — A *topítók* (= néhány láb hosszú két felől nyitott, középen fölül alkalmas bő edényre tágtalt cső) egyik végét valami higba mártván, másik végét pedig szádba vevén, szívás által abban a leget megritkítod, a külső lég berohanna e csőbe, ha tudna hol; de mivel annak egyik nyílása a higba, másik a szájba ér, nincs nyílás, mellyen bemehetne, s így a külső lég csupán tömötségének megfelelő nyomulásban nyilatkozhatik. T. i. azon higba, mellybe ér a cső, nagyobb súllyal nyomul a külső lég mint a csőbeni ritkább lég, s így a hignak addig kell e csőben emelkedni, míg a csőbeni légnek a származott hígoszlopra nyomulása + e hígoszlopnak nyomása, egyenlő lesz a külső lég nyomásával. — Olly formán hajtott csőt, mint a 140 képen láthatni, *szűőnak* nevezzük, s ennek kellekei: 1) hogy egyik szára a másiknál hosszabb, 2) hogy a rövidebb szár 32° -nál kisebb legyen. Ha ennek rövidebb szárát valami higgal telt edénybe mártod, a hosszabb szár végét pedig szádba vevén, szívás által e benne levő leget megritkítod: a külső légnek a higra nyomulása, a belső ritkább légnek ugyan erre nyomulásánál nagyobb levén, a hig föl fog tolatni e rövidebb száron, s így a hosszabb mind addig folyand, míg csak a rövidebb szár a higba ér k_1). — Van egy rendszeren gömb

k_1) Ha a szívót valami higgal péld. vízzel megtöltöd, s ekkor lefelé fordítod: a víz a hosszabb száron egészen kifoly. E tünemény a víz s lég nyomásán alapszik. T. i. a víz a hosszabb száron T teherrel nyomul b lapra, ellenben a rövidebb száron a -ra t teherrel. A levegő egészen ellenkező irányban hat mind a -ra mind b -re; s mivel a és b egymáshoz közel vannak, a levegőnek mind két szájra nyomulását egyenlőnek vehetjük. A rövidebb szár 32° -nál kisebb levén, a lég nagyobb erővel nyomul fölfelé, mint a víz lefelé, s ha a lég nyomását E -nek nevezzük: akkor e rövidebb száron működő ellenkező erők kihatója $E - t$ leend. Ellenben a hosszabb száron a kiható $E - T$; s mivel amaz nagyobb (mert ugyanazon menynységből $[E]$ kevesebb van levonva $[t < T]$): a cső két végire nyomuló erők kihatójának a vizet a hosszabb száron kell lefelé hajtani.

alakú edény, melynek száján ennek egész fenekéig ér le egy mind két felül nyitott szűk cső; egyébiránt ez edény szája légzárólag be van csinálva: az így elkészített edény *Héro lapdjának* nevezetük (141 kép). Ha e készítmény *a* végét szűkbe vevén, az ebbeni leget megritkítod, s aztán hirtelen ez *a-t* valami vízzel telt edénybe merited, a külső lég fölnyomja a csőn a vizet az edénybe, annyira, míg utóbb a víz betódulása által az előbb megritkított lég olly kis térbe szorul, hogy ez által tömötsége a külső levegőével egyenlő lesz. Ekkor a csőt a vízből kivevén, fűj vele levegőt: meglátod, hogy a csőn a víz ki fog ugrani. Igen, mert a belefúvás által az edénybeni lég megsűrítettvén, nagyobb erővel nyomul az emebbeni vízre, mint a külső lég ugyanerre. — *Héro kútja* (142 kép) olly készítmény, melyben *L* Héro lapdája *K* edénnyel két cső által úgy kapcsolatik egybe, mint a képből láthatni. Ha *a-n* keresztül *L* mintegy féljig vízzel megtöltetik, aztán csappal elzáratván, *tr* tányérra víz töltetik, hogy ez *ov* csatornán *K*-ba folyjon: ekkor *K*-ból a lég *bc-n* keresztül *L*-be hat, s az itteni víz fölötti levegőt megsűríti. Ha ekkor a csap elfordítván *a* kinyitatik: az *L*-beni vízre nyomuló sűrű lég kiugratja a vizet *ga* csőn. *S* mivel a kiugrott víz *tr*-re esik, innen pedig *ov-n* keresztül *K* ba jut: természetes, hogy az *L*-beni lég sűrűsége folytonosan megmarad, s így a víz *ga* csőn folytonosan ugrik. — A *fútató* olly láda forma edény, melynek oldala bőrből, föle s alja pedig fából van; és így ollyan, hogy fölét s alját egymáshoz közelíteni, vagy egymástól eltávolítani lehet. Alján (143 kép) van egy lík, s e lík párkányának egy kis részére van ragasztva egy bőszelet, (szelepek hívják) mely az egész líkat befedi. Ha belülről nyomul valami e bőszeletre: akkor a lík bezáratik; ha kívülről: akkor kinyílik. Van továbbá e készítménynek *gc* csőve, s itt a cső végére olly formán van *v* bőszelet alkalmazva, hogy belülről ható erő által kinyílik, kívülről ható erő által pedig bezáratik. A képből látható *bog-t* most hagyjuk el, s vizsgáljuk az eddig mondott részeket. Ha a láda fölét fölemelem (a meddig lehet): a benne volt lég nagyobb térre tágul, tehát megritkul, s így a külső lég *cg* csőn *s a-n* mint a láda nyílásain igyekszik behorogni. Hanem *cg-n* minthogy *v* szeleppel az útát maga előtt bezárja, nem mehet; és így megy csak *a-n*, melyet kinyitván, a ládába mindaddig tódul, míg az abbaiban lég tömötsége a külső légével egyenlő nem leend. Ekkor a láda fölét lenyomván, az ebbeni lég megsűrűdik, s mint a külső légnél tömöttebb, a nyílásokon kimenni igyekszik, jelesen minthogy *a-t* maga előtt bezárja *g-t* kinyitván, *gc* csőn kirohan. Az illy fútatót *egyesnek* hívják. A *kettős fútatónak* *o* szeleppel ellátott *bg* közfala, s így az egésznek két kamarája van, melyek közül az alsót úgy tekintsd mint egyszerű fútatót, úgy hogy ez az előbb leírt módon levegőt vevén föl, ezt a sűrítéskor nem *gc* csőn, mint a melyre nyílása nincs, hanem *o* szelepen nyomja a felső kamarába, s az itt megsűrűdött lég fog aztán, *b* szelepet kinyitván, *gc* csőn kiömleni. E kettős fútató az egyszerűnél jobb, mert, mint szerkezetéből láthatni, ez légfúvatagot bocsát még akkor is, midőn az alsó kamra új levegőt vesz magába. Kovácsműhelyek, orgonák fútatói illyenek. — Az *emelő szivattyú* (144 kép) alkotó részei e következők: *efcd* henger, s ennek fenekére alkalmazott *rsgh* cső; a hengerbe illik *a* fölfelé nyíló szeleppel ellátott köldök *ik*, mely *imn* emelcső által föl s alá mozgatható; a henger fenekén a mondott cső felső végére van *b* szelep alkalmazva, mely szinte fölfelé nyílik ki. Ha e szivattyú csövét vízbe állítjuk, s fölteszszük, hogy ez abban *pq*-ig áll, s aztán a köldököt *cd* felektől a meddig lehet fölhúzzuk: a köldök alatti lég megritkul, s így *b* szelep kinyílván, a csőbeni lég is fölterjed a hengerbe. Minthogy ez esetben a külső lég a köldök alatti légnél tömöttebb: nyomul az *a* szelepre, ezt bezárja, tehát a köldök alatti lég ezen ki nem mehet. Azonban a köldök alatti lég ezen ritkultságánál fogva, a külső lég *pq* vízszinre nagyobb erővel nyomul, mint a köldök alatti lég ugyanerre: ezért a víznek a csőben fölfelé kell emelkedni. Majd *ik* köldök lenyomtatván, az alatta volt ritkás lég annyira megsűrűdik, hogy a külső légnél tömöttebb leend; ezért *a* fölött kinyílik s rajta a megsűrűdött lég a külső légbé rohan, *b* szelep ugyanekkor bezáratván. A

köldöknek egy új fölfelé húzása a köldök alatti léget újra megritkítja, s ez így megy mind addig, míg végre a víz a hengert el éri, *a*-n keresztül hat, végre az *o*-n kimegy. Kútakból az igen fáradságos vederhúzás helyett ilyen emelő szivattyúval szokás a vizet kihúzni. A nyomó szivattyúban (145 kép) *ik* köldök (melly egészen tömött) segítségével *efdc* hengerből *s* csatornán által *ahgr* csőbe kell a vizet nyomni, hogy az péld. *o*-n kifolyjon; *r*-nél *s* *b*-nél fölfelé nyíló szelepek vannak. Már ha a víz *pq*-ig ér, *s* a köldök lenyomatik: ez által *b* bezáratik, *a* pedig kinyílik, bocsátva a hengerből oda nyomott vizet. A köldök visszahúzásakor az alatta levő lég megritkúl, s így *b* szelep kinyílik s ezen keresztül az alatta levő vízforrásból (mellybe van a henger alkalmazva) a víz újra fölhág a hengerbe, a köldök által az imént leirt módon kinyomatandó. — Ha két nyomó szivattyút egy Hérod lapdájával, úgy mint a 146 képen láthatni, egybekötöz, *s* a Hérod lapdájára egy különbözőkép hajtható bőrcsőt alkalmazsz: azon *vizi puskád* leend, mellyet tűz oltásra szokás használni. Emelcsőt alkalmazván a köldökök léceire, egyik köldök száll akkor, mikor a másik emelkedik, s így vagy egyik vagy másik köldök által szakadatlanul nyomtatván víz Hérod lapdájába, ennek levegője is folyvást sűrűdni, s így belőle a víz szakadatlanul fog kilövetni. — *Cartes búvárának* vagy *ördögének* neveznek egy belül üres üvegbabot, mellynek farkán egy kis nyílás van. Ha e báb fejét gyenge tűz fölé tartod: a benne levő lég ritkábbá lesz a külső légnél, s ha ekkor a báb farkát víz alá merited: a külső lég nyomására víz menend a mondott nyíláson a báb üregébe. Minthogy a báb lábai igen csekélyek, s főleg csak hasa nagy: a nyíláson bement víz miatt a báb súlypontja igen alantára esvén, egyenest álland ez a vízben, mint sűrűmért. Azonban csak anyui viznek szabad a báb üregébe menni, hogy a vízbe merüléskor a bábnek mintegy fél homloka a vízből kiérjen. Az így elkészített bábót egy vízzel töltött palackba, mellynek szája hólyaggal, vagy (a mi jobb) kacsuk szelettel be van csinálva, tevéen, nyomd le újjaddal e kacsukot: meglátod, hogy e báb palackban lemerülend. Ugyanis e lenyomás által a víz fölötti, léggel tölt kis tér kisebb tételvén, a levegő sűrűbbé lön, s így a báb fejét a víz alá buktatta; egyszersmind így a vízben nagyobb mélységre jutván, nagyobb erővel nyomult a víz a báb üregébe légre, tehát egy kis víznek kellett a nyíláson beférközönni s a báb levegőjét összenyomni; mi által a báb még mélyebben jutott. Azonban e beférközött vízmenynység csekély levén, a mint ujjonat a kacsukról elveszem, s így a víz fölötti lég előbbi tömötségét visszanyerte, a báb súlydését okozó erő megszűnván, visszajön az a víz felszínére. Gyakori lebuktatás után azonban utóbb a nyíláson beférközödő csekély víz anynyira nő, hogy a báb végkepen elbukik, s így többé a felszínre feljőni nem tud. Ekkor, hogy ismét úszóvá tétethessék, a fölösleg vizet a mondott nyíláson ki kell színi.

167. A lég tömötségének megváltoztatására nevezetes eszköz az úgy nevezett *légszivattyú*, mellynek lényeges részeit a 147 képből, a mindjárt mondandók szerint, könnyű lesz kivenni. *AL* asztalba erősen becsinálva van *HR* belül üres rézhenger, mellyben *kd* tömött köldök, *ex* fogas léccel *P* forgatyu segítségével föl s alá mozgatható. A henger aljából *ogfn* csatorna megy az asztalban *s* *n*-nél ebből ki a levegőre. Az *n* lik környezete finomul fekkentessé köszörült üveg vagy kötábla szokott lerni, azért, hogy *U* üvegharang mellynek ide helyezése által a külső levegő a csatornában s köldök alatt levő levegőtől elzáratik, jól kiköszörült párkányával szabatosan rá illjék. A henger alatt van egy nevezetes csap *SB*, azaz, egy kúpalakú rézdarab, melly az asztalban levő szinte kúpalakú nyílásba tökéletesen bele illik. E csappon olly formán van egy lik fúrva, mint a képen láthatni, t. i. hogy a csap e helyzetében a köldök alatti lég közlekedésben van az *U* alatti léggel. Ha most e csapot *og* tengely körül egy kör-

negyednyire fordulni képzeled: a mondott lik v vége elfordul a mondott csatornától, tehát a köldök alatti légnak az U alatti léggel közlekedése elzáratik, ellenben ugyan e helyzetben v a külső légre érvén, a köldök alatti lég a külső levegővel jön közlekedésbe. E szerint e készítmény minden részét (*fgr* csatornán, s az e föltött álló eszközön kívül, melyekről alább szólándunk), ösmered. Ha most SB csapot oly helyzetbe állítod, mint a képen rajzolva van, s ekkor kd köldököt H felé a menynyire lehet fölhúzod: természetes, hogy a csatornában s az U alatti levő lég a hengerben is elterjed, és így az U alatti lég megritkul. Most BS csapot egy körnegyednyire fordítván told le kd köldököt; ez által az alatta volt lég a külső levegőre kinyomatik. BS csapot ismét előbbi helyzetébe állítván, húzd föl kd köldököt: ez által az U alatti már ritkult levegő ismét elterjed az egész hengerbe, s így még ritkábbá lesz mint volt. Ekkor a csapot ismét 90° -nyira fordítván, told le a köldököt, így a hengerbeni lég a külső levegőre nyomatik. Így megy ez folyvást, úgy hogy utóbb az U -bani lég oly csekély tömötséggel bírand, hogy ha benne egy légsúlymérő állna, a lég súlyát mutató higanyoszlop magassága alig lenne több $\frac{1}{2}'''$ -nál.

1 J . Meg kell jegyeznünk, hogy mikor kd letolatván, az alatta levő lég *ogv* csatornán (BS csap ekkor, mint tudjuk, a képen rajzolt állásától 90° -nyira levén elfordulva) a külső levegőre rohan, ekkor ezen csatornában mint a külső léggel érintkezőben oly tömötségű levegő maradand, mint a külső; s ha ekkor a csap előbbi helyzetére visszafordítatik, *ogv* levegője U -ba terjed. Ez oka, hogy mivel a köldök minden föl-s lenyomásakor az U -ba, *ogv* nagyságú légoszlop megy be a külső légből, az U alatti levegőt teljesen kiszivatni lehetetlen; azért a mondott kis csatorna terét *ártalmatlan térnek* nevezik. Azonban egyszerű fontolgatás után egyébkép is világos lesz, hogy az U alatti lég ritkításának határa van. Ugyanis a köldök letolásakor mi föltétel alatt jöhet ki v végnyíláson a külső légre a köldök alatti lég? nem de természetesen csak azon föltét alatt, ha e köldök alatti ritka lég a köldök lenyomása által kisebb térbe szorítatván tömöttebbé lesz mint a külső lég; mert ha csak oly tömötté lesz az mint a külső levegő, más szóval, ha HR -ben a köldök alatti ritka lég *ogv* csatornába szorítatván, még ekkora öszszetömetése után is csak oly tömötté lenne, mint a külső lég: akkor ez épen nem fogna kimenni, s így a levegőt U alatt tovább ritkítani nem lehetne. E szerint akarmi légszivattyúban a légritkítás határának ez a mértéke, tehát az a viszony, mely van *ogv* csatorna s a köldök alatti henger belüregének téríméje között.

2 J . Lehet e légszivattyút *légsűrítésre* is használni. Ha n nyílás nőcsavarrá van csinálva, s ebbe egy hímcsavarnál fogva egy belül üres rézgömb srófoltatik (e hím-csavar, hosszában a gömb belüregéig egészen átfúratván): ekkor a köldök alatti lég SB bizonyos fektében közlekedésben van a rézgömb levegőjével. Most a csapnak azon állásában, mely a képen rajzolva van, a köldök nem a henger alján, hanem fölén van; innen tolatik lefelé, s így a levegő a csatornán keresztül a gömb üregébe nyomatik. A köldök a henger aljára érvén, a csap 90° -nyira fordítatik, s ha ekkor a köldököt fölhúzod, a csatornán levegő fog a hengerbe tódulni, mi (ha a csapot előbbi állására visszafordítod) a lenyomandó köldök által ismét a gömb üregébe tömhetetik. Egyébránt légsűrítésre van más közönségesen ismeretes készítményünk. HR (148 kép) jól üregyenlített erős hengerbe jár egy köldök; e henger alján nőcsavarra oly formán srófoltható egy belül üres gömb, mint az imént leírók; a henger felső párkányához közel van n lik. Már ha G -ben a levegőt meg akarom sűríteni: c közönséges csapot úgy fordítván, hogy a köldök alatti lég közle-

kedésben legyen a gömb legével, letolom a köldököt egész fenekéig, mi meglevén az imént mondott közlekedést a csappal elzárom. Ekkor a köldököt fölhúzó $n-n$ fölül, mi által, ez $n-n$ keresztül, a henger külső léggel ismét megtelik; s így a köldököt a likon alul nyomván, ha a csap által a henger s gömb újra közlekedésbe hozatik, a fenekéig lenyomott köldök a gömb legét még inkább megsűríti; ez így megy folyvást. E csapnak ez alkalmatlan jobbra balra csavarása kikerülhető, oly szelep segítségével, mely a gömb felé irányzott légnyomásra kinyílik, a gömbből a henger felé irányzott nyomásra pedig bezáratik. Ha e szelep a gömb lika belső parkányának egy részére ragasztatik: a köldököt az előbb leirt módon föl s lenyomván, a gömb üregében sok levegőt összetömhetni. — A *szélpuskákban* összetömött lég az, mi a közönséges puskákban gázzá lett lőpor helyét betölti. Ezért a szélpuska a szokott puskával alkatására nézve egyébkép megegyezik, csupán hogy amannak agya erős rézből vagy vasból készül, mellynek belüregében ép azon módon tömetik össze a lég, mint az imént leirt légsűrítőben mondók. Ez agy szelepe a közönségesen ismeretes puskaszerszám által egy pillanatra kinyitvatván, az összetömött lég a csöbe rohan, s ez ált talál golyót vagy sörétet taszító erejének megfelelő messzeségre löki. Természetes, hogy a mint e szélpuskával több ízben lőttél, az agyba tömött lég sűrűsége ez által folyvást fogyván, lökö hatása is kisebbedik; ezért bizonyos számú lövés után mindig újra meg kell az agyat tölteni = az agyban levegőt összetömni. Jegyezd meg, hogy a levegő a meleg hatására kiterjed; ezért ha a megtöltött szélpuskát meleg szobában, kivált kályhához közel tartod: a betömött levegő feszítő ereje oly nagygyá nőhet, hogy az agyat szétrúgja, s ez által nagy veszedelmet okozhat. Ezért a szélpuskát fűtetlen szobában tartsd. — Forrásában elfojtott serből, borból, savanyú-vizekből szénsavany (= bizonyos gáz) fejlőd ki: ezért ha ezek légzárolag bedugott edényekben tartatnak, a nedv s dugaszt közli levegőt a fejlett szénsavanyval gyakran anynyira megsűrítik, hogy a dugaszt pattanva lökik ki, vagy ha ez nem enged, maga az edény rugatlik szét.

3 J. Guericke a légszivatyu feltalálója óta, folyvást igyekeztek a légszivatyu javításán. Csapok helyett, épen mint az imént leirt légsűrítőnél, szelepeket kezdtek használni. A 149 képen melly csak a hengert, köldököt s szelepeket ábrázolja (mivel egyébként e légszivatyu a 148 képen leirttal tökéletesen egy) a és o szelepet láthatni; a a henger alján a csatorna kezdeténél van, o pedig a köldök tetején. A mint a köldököt fölfelé húzod: a külső lég nyomására o bezáratik; ellenben, minthogy a fölfelé húzott köldök alatt ür származik, az üvegharangbani levegő nyomása kinyitja $a-t$, s így a levegő a hengerben is elterjed. Ha majd a köldök lenyomatik: a lenyomás által a köldök alatt megsűrűdött lég bezárja $a-t$, de kinyitja $o-t$, mi meglevén, a köldök alatti lég $o-n$ a kül levegőre jut. Majd a köldök ismétli fölhúzásával az üvegharangbani lég új ritkítását tehetni; s ez így megy folyvást. Korunkban rendszeren két hengeres légszivatyút szokás készíteni, s ezt úgy alkalmazni, hogy az egyik köldöke fölfelé menjen akkor, ha a másik száll, hogy így az üvegharangbani lég ritkítása meg ne szakadjon. Egyébiránt könnyű belátni, hogy e szelepes légszivatyúban sincs az ártalmas tér kikerülve: mert utóbb anynyira ritkul a lég, hogy azon lég, melly a köldök letolásakor az o alatti likban maradt, s mellynek, minthogy a külső léggel érintetben volt, tömötsége épen akkora mint e külső légé, a köldök felnyomásakor a hengerben elterjedvén, ekkor is bír anynyi tömötséggel, mint az üvegharangbani már megritkított lég, melly esetben a szelep többé nem nyílik ki.

4 J. Légszivatyúval a többek közt e következő kísérleteket tehetni: 1) az üvegharang az alatta levő lég ritkítása után oly erősen rányomatik a tányérra, hogy ettől elszakasztani csaknem lehetetlen. 2) ha az üvegharang henger alakú, s felső nyílt vége egy darab hólyaggal beköttetik: ez üvegharang alatti lég megritkítása után, e hólyag a külső lég hatására erősen benyomatik. 3) Ha ez üveghenger nyílt végét légzárolag oly fa dugasszal csinátod be, mellynek felső lapja csészéalakulag vajatott ki: az ebbe töltött higany a külső lég által e fán keresztül nyomatik (higany-eső). 4) Ha e henger felső végére

légzárólag illő oly érclevelet téssz, melynek alján egy klyülről mozgatható csipetető van; s e csipetetőbe különböző fajsúlyú testeket p. ércdarabkát, papírost, tollat fogatsz; a henger alatti lég megritkítása után a csipetítő szétválasztván, azon testek egyenlő idő alatt esnek le. 5) Ha a helyett, hogy a tányérra üvegharangot tennél, a cső n végére egy fölfűt hóllyagot alkalmazsz (a hóllyagot egy himcsavaros csőhöz kötvén): akkor e hóllyagbani léget megritkítván, a külső lég által erősen öszszenyomatik az. 6) Van két rézfélgömb, mellyek egymásra légzárólag illenek, s egymásra tétetvén belül üres gömböt képeznek. Az alsó félgömbön van egy csapos cső, mellynél fogva az a csatorna n végére csavarható. Ezt megtevén, fordítsd ez alsó félgömb csapját úgy, hogy az egymásra tett két félgömb ürege a csatornával közlekedésbe jöjön, s ekkor ritkítsd meg e gömb üregébeni levegőt. Ez meglévén fordítsd el a félgömb csapját, s csavard le a gömböt a csatornáról: meglátod, hogy e külső lég által öszszenyomott félgömböket csak nagy erő képes egymástól elválasztani. 7) Egy lappadtan bekötött hóllyag földagad az üvegharang alatt, ha ennek levegője megritkítatott, mert ez esetre a hóllyagbani lég az üvegharang alattnál tömöttebb levén, addig terjed, míg mind kettő egyenlő ritkságú leend. 8) Héro lapdája az üvegharang alá tétetvén, ugrik: mert a lapdában vizre nyomuló lég az üvegharang alatti légnél tömöttebb. 9) Higak, s higba tett szilárd testek az üvegharang alatt levegőt bocsátnak magukból; mert a ritkított lég kisebb erővel nyomulván rájok, a mondott testekben lenni szokott lég kiterjedvén, egy rész a testeket elhagyja, s légbuborék alakban mutatkozik. Egy tojásból péld. ha azon részét töröd meg, mely sós vízben legalantabb állt, tartalmának egy része kifoly az üvegharang alatt, minthogy a ben levő lég tömötsége, az őt környező levegőjénél nagyobb. Az üvegharangba külső levegőt bocsátó csapot fölnyitván, a tojás kiömlött része visszatolatik. Így a víz ritkított légben olly sok buborékot ad, mintha forrana. 10) Égő gyertya elalszik, állatok elvesznek a ritkított légben.

5 J. A levegőnek U alatti ritkulását meg is mérhetjük. Tudva van, hogy légnök súlya a légsúlymérő higanyát rendszeren $28''$ -re nyomja föl; tudva az is, hogy ha a légnymók kisebbedik, a higany száll. Ha tehát egy magas üvegharang alá rendes légsúlymérőt állitanánk: ennek higánya a légszivatyú köldökének minden hűzására szállni fogna. Azonban csaknem minden kísérleteinknél nem a légnymók lassankénti fogyását, hanem a ritkulás végfokát akarjuk tudni, mely végre $1''$ magas légsúlymérő is elég. Ha 49 cső (148 kép) V üvegharang alá nyúlik; s ez üvegharang alatt csak egy pár hüvelyk magas légsúlymérő áll, mely ép úgy töltetett meg, mint a rendes légsúlymérő: ternesztes, hogy a higany a hosszabb szár csúcsáig, a -ig érend a külső lég nyomására; mert hiszen tudjuk, hogy ennek nem 2 , de $28''$ magas higanyoszlop felel meg. Ha fölveszszük, hogy mi előtt V alatt a lég ritkítatnék, az itt levő kurta légsúlymérőben a -nak c fölötti magassága $2''$, s ekkor elkezdjük a légnök V alatti ritkítását: mind addig, míg a V alatti lég akkora tömötséggel bír, hogy $2''$ magas higanyoszlop fel bír tartani, más szóval, míg a V alatti lég a külső légnök $\frac{2}{23} = \frac{1}{14}$ -t teszi, a higany e kurta légsúlymérőben meg sem moztzan. Hanem a mint a V -beni lég tovább ritkítatik: már nem bír el többé $2''$ magas higanyoszlopot, s ekkor elkezd szállni a higany a -nál, c -nél pedig emelkedni; így a két higanyoszlop magassági különbsége kimutatja a V -beni lég nyomását. Van sok kísérlet, mellyre elég, ha e légsúlymérő $\frac{1}{2}''$ -re száll; hanem vannak olyanok is (péld. a víznek ritkított légbeni megfagyalása), mellyek csak akkor sikerülnek, ha a légsúlymérő higanyoszlopainak különbsége 1 , vagy legfőlebb $1\frac{1}{2}''$ l_4).

1) Számítással a légszivatyú üvegharangja alatti légritkulást így határozzuk meg. Tegyük föl, hogy az üvegharang s a henger belüregéi egyenlők: ekkor a levegő tömötsége az üvegharang alatt az első köldökhűzás után = $\frac{1}{2}$; mert ez esetben az U alatt volt lég két akkora térbe tágt. Ugyan ez oknál fogva a második köldökhűzás után = $\frac{1}{4}$, a harmadik után = $\frac{1}{8}$ stb. tömötsége leend az U alatti légnök a külső léghöz képest. Vagy általában,

168. Ha véssz egy gömböt mellynek belüregét tudod, s azt így, a mint levegővel telve van, valami érzékeny mérlegen megméried, azután szivatyúval a levegőt belőle kiszívattván, ismét megméried: így megtudod mekkora súlya van azon földszinti légnak, melly a gömb üregébe fér. E súlyt fontban kifejezvé, s a belüreg tériméjével (melly k. lábban legyen kifejezve) elosztván, kijön a lég fajsúlya (e. VII). Már most vizsgálód, hányad része a lég e fajsúlya a víz fajsúlyának: úgy találod, hogy az mintegy 770-d része ennek; és így mondhatod, hogy a víz 770-szer tömöttebb a földszinti levegőnél m_2). ... Ha ugyan ezen gömbből a levegőt kiszívattván, nem levegőt, hanem más gázt bocsátasz abba: így a gáz fajsúlyát s tömörségét tudandod ki. A gázok tömörségét a levegő tömörségéhez szokás mérni, tehát ez utóbbit 1-l szokás kifejezni, a többi gázokat pedig tömörségöknek megfelelő számokkal, mint ezt a következő tábla mutatja:

Higanygőz	6,976	Lang-gőz	4,613	Lámpagáz	0,921
Kéngőz	2,586	Szénsavany	1,524	Vízpara	0,623
Zöldeny	2,470	Eleny	1,403	Hugyany	0,597
Folyó savany	2,270	Levegő	1,000	Szénpara	0,416
Kénes savany	2,247	Fojtany	0,976	Vizeny	0,069

169. Már Aristoteles próbálta illy formán a lég súlyát megmérni. Egy tömlőt léggel megtöltvén, megmérte, majd a léget belőle

ha a henger belürege = a , az üvegharangé = b : akkor az üvegharang alatti lég tömörsége az első köldök-húzás után = $\frac{b}{a+b}$, s mivel ennyire ritkul a szóbani lég minden köldök-húzás után: a második után az U alatti lég tömörsége = $\left(\frac{b}{a+b}\right) \times \left(\frac{b}{a+b}\right) = \left(\frac{b}{a+b}\right)^2$; tehát a harmadik húzás után $\frac{b^3}{(a+b)^3}$, az n -d. húzás után $\frac{b^n}{(a+b)^n}$. Maga e képlet mutatja, hogy a légnak az üvegharang alul teljes kiszívása lehetetlen, még akkor is, ha az ártalmas térre nem tekintünk: mert e töredék $\frac{b^n}{(a+b)^n}$ igen kicsinyvé lehet; de 0-vé nem.

m_4) Végy egy gömböt, mellynek belürege péld. 1 k. láb, s ezt, miután az e célra szükséges készítményvel ellátott, a légszivatyú csatornájának n végre csavarván, szívasd ki belőle a levegőt, a mint csak lehet. Ekkor, csapval, a belüregét a külső légtől elzárván, csavard le légszivatyúdról, s valami érzékeny mérlegen a lehető szabatossággal mérd meg. Tegyük föl, hogy az $160\frac{3}{17}$ latot nyomott. Most nyisd fel az előbb elzárt csapot, hogy a külső (földszinti) lég a gömbbe tódulhasson, s így levegővel telten mérd meg. Tegyük fel, hogy így $162\frac{11}{17}$ latot nyomott. Ha fölveszszük, hogy a lég kiszívásakor olly parányi lég maradt a gömbben, hogy azt bizton semminek tarthatjuk: akkor, természetesen, földszinünkön anynyi lég, mennyi a gömbbe fér, tehát 1 k. láb lég = $162\frac{11}{17}$ — $160\frac{3}{17}$ lat = $2\frac{8}{17}$ lat. Most ezt fontban kifejezendők írjuk ez arányt: 32 lat : $2\frac{8}{17}$ lat = 1 font : x font, s ekkor $x = 2\frac{8}{17}$: $32 = \frac{40}{17}$: $32 = \frac{40}{544} = \frac{5}{68}$ font. Ezt tériméjével (= 1 k.l.) elosztván, kijön fajsúlya $\frac{5}{68}$ font. Úgyde (e. IX) $S : s = D : d$, mit (ha S , D a víz, s , d a lég fajsúlyát s tömörségét jelölik) számban így fejezünk ki: $56\frac{1}{2} : \frac{5}{68} = 1 : d$, s így $d = \frac{5}{68}$: $56\frac{1}{2} = \frac{1}{170}$ szinte.

kinyomván újra megmérte azt, s úgy találta, hogy a léggel telt tömlő anynyit nyom, a menynyit az üres. Kicsinyben ezt így próbálhadd meg. Mérj meg egy felfútt hólyagot, aztán a levegőt belőle kinyomván újra mérd meg azt: meglátod, hogy a hólyag súlya mind két esetben ugyanaz. Ez oka, hogy Arisztoteles után egész Toricelliig a levegő súlytalannak tartatott. Azonban az eddig előadottak szerint mi a levegőt súlyosnak tudván, vizsgálunk kell, mi okozhatja e törvény-elleniséget. Főlebb (139) láttuk, hogy hígba merített szilárd test súlyából anynyit veszít, menynyit a helyéből kiszorított híg tömeg nyom. Már a lég ugyan nem csepegős, de terjedékeny híg levén, e törvénynek a légbé merített testeket is illetnie kell. A tömlőnek vagy hólyagnak vékony bőre levén, mondhatjuk, hogy a beléjük fútt levegő épen anynyi, a menynyit az általok e fölfútt állapotban kiszorított lég: tehát a hólyag vagy tömlő a belefútt levegő súlyát elveszté azzal, a mit helyéből kiszorított. Innen következik, hogy a levegőben megméréndő testek egész súlyát csak úgy tudhatjuk ki a szokott módon, ha a fontok, mikkel mérünk, a megméréndő testtel teljesen egyenműek, tehát ha vasat vassal, sótt sóval, húst hússal stb. mérünk. De ha, mint a közéletben tenni szoktuk, húst péld. vasfonttal mérünk, a hus mint a vasnál ritkásabb test, több levegőt szorít ki helyéből, mint ugyan akkora tömegű vas, tehát a hús többet veszít mint a vas; és így egy font hús melyet a mérlegen vasfonttal mértünk, valólag egy fontnál több, nevezetesen anynyival több, a menynyit tesz akkora térimejű lég súlya, mekkora a megméréndő test és mérő font térimei különbségének megfelelő.

J. E törvényen alapszik a *tömöttségmérleg*, mely a lég tömöttségének fogyását vagy növekedését jelöli ki, s tulajdonképen egy mérlegről áll, mellyen igen tömött test, péld. vasdarab, valami üres levegőtlen golyóval van a lég közép tömöttségekor súlyegyenben. Mihelyt a levegő ritkul: a golyónak szállni kell, minthogy súlyvesztése kisebb, mint azon testé, mely vele súlyegyenben áll; mihelyt tömöttebbé lesz a levegő: a golyónak emelkedni kell. *Gurik* találta föl e műszert.

170. A lég részecskéi terjengenek, azaz mindegyik törekszik távozni a másiktól; hanem súlyosok levén, a föld vonzereje által mégis egybetartatnak. Ha levegőnket, mint főlebb mondók, 10 mérföld magasnak képzeljük: természetesen azon légrétegre, mely földszinünket érinti, legmagasb légoszlop támaszkodik. Ha 100' magasan képzelsz egy a földszinre támaszkodóval közegyen légréteget: erre már 100'-l rövidebb légoszlop nyomuland; következőleg nem is lehet a lég a nevezett magasan olly tömött, mint a földszinen. Már e fontolgatásból kitetszik, hogy a mint a légben egyes helyeket mindig magasabbra vészsz föl, ezekre mindig kisebb a légnyomás, s így ezeken ennek tömöttsége is folyvást kisebbedik n_4).

n_4) E ritkulásról szabatos törvényt alkotandók, képzeljünk légkörünkben *abcd* légoszlopot, *ab* a földszint, *cd* a lég felső határát jegyezvén; képzeljük továbbá e légoszlopot végetlen sok egyenlő rétegre *af, fg, gh* stb. osztatva,

J. Légünk milly magas, ennek meghatározásával még nem vagyunk tisztában. Ha veszszük, hogy annak tömötsége a magasság növekedése szerint tértani sorzatban fog; természetesen, végtelenül nagy ritkaságánál fogva, utóbb nem fog az érzékeinkre hathatni. Már a lég ritkulásának ezen pontjára kell tennünk annak határát, bár, meglehet, hogy az még fölebb esik. Így ha légünk egy mérföldnyi magasan csak $14''$ -re nyomja föl a légmérő higanyoszlopát: ott a lég tömötsége felényi mint földünk színén, e szerint két mérföldnyi magasan a lég tömötsége $\frac{1}{4}$ -nyi, három mérföldnyi magasan $\frac{1}{8}$ -nyi stb. — — — 10 mérföldnyi magasan pedig $\frac{1}{1024}$ -nyi, s ennyire mi a levegőt a legjobb légszivattyúval sem vagyunk képesek megkritikálni. Mondhatjuk tehát, hogy a lég magassága 10 mérföld, annyival inkább, mivel azt a hajnal kezdete vagy végzete tekintetéből is ennyire kell tenni o_4). Ellenben más tünemények, minők a lidéreck,

s ez egyes rétegek magasságát oly csekélynek, hogy mindegyik tömötségét (a réteg alján, közepén, fölén) egyenlőnek vehetni. Jelentse d_1 az első (= alsó) d_2 a második, d_3 a 3-dik, d_n az n -dik réteg tömötségét; továbbá t_1 az első, t_2 a 2-dik, t_3 a 3-dik, t_n az n -dik réteg súlyát; végre T_0 az egész légoszlopnak földszinre T_1 az első, T_2 a 2-dik, T_3 a 3-dik, T_n az n -dik rétegre nyomulását. Ekkor természetes ez arány: $t_1 : t_n = d_1 : d_n$ I) s mivel az egyes rétegek tömötsége, a rájuk nyomuló légoszlop magasságától függ, természetes ez is: $T_1 : T_n = d_1 : d_n$ II) s így az I s II-t egybekötve $t_1 : t_n = T_1 : T_n$ vagy (Mtan 53 §) $t_1 : T_1 = t_n : T_n$ vagy (Mtan 55 §) $t_1 + T_1 : T_1 = t_n + T_n : T_n$. Úgy de $t_1 + T_1 = T_0$ (a fölebbi elnevezés szerint) $t_n + T_n$ pedig = T_{n-1} .

Következőleg $T_0 : T_1 = T_{n-1} : T_n$; és így $T_n = \frac{T_1}{T_0} \cdot T_{n-1}$ III). Ha most n helyett egymásután 1, 2, 3, 4 stb. irsz: T_n jelenti az 1, 2, 3, 4 stb. rétegre nyomulás nagyságát, és így ha n az első réteget jelenti, vagy is ha $n = 1$, lesz a III ból T_1 (azaz az első rétegre ef -re nyomulás) = $\frac{T_1}{T_0} \cdot T_{1-1} = \frac{T_1}{T_0}$.

× T_0 IV); ha $n = 2$, lesz T_2 (azaz gk -ra nyomulás) = $\frac{T_1}{T_0} \cdot T_1$, vagy a IV-ből T_1 értékét elcserélvén = $\frac{T_1}{T_0} \cdot \frac{T_1}{T_0} \cdot T_0 = \left(\frac{T_1}{T_0}\right)^2 \cdot T_0$ V); ha $n = 3$,

lesz T_3 (azaz hl -re nyomulás) = $\frac{T_1}{T_0} \cdot T_2$, (vagy az V-ből T_2 értékét átvevén) = $\frac{T_1}{T_0} \cdot \left(\frac{T_1}{T_0}\right)^2 \cdot T_0 = \left(\frac{T_1}{T_0}\right)^3 \cdot T_0$ stb. És így a T_1, T_2, T_3 stb. értékei: $\frac{T_1}{T_0} \cdot T_0, \left(\frac{T_1}{T_0}\right)^2 \cdot T_0, \left(\frac{T_1}{T_0}\right)^3 \cdot T_0$, tértani sorzat tagjait képezik,

mert mindegyik következő $\frac{T_1}{T_0}$ -szor nagyobb az öt megelőzőtnél, midőn a rétegek 1, 2, 3 stb. számtani sorzat tagjai. És így föllálíthatjuk e légünk fölfelé ritkulását tárgyazó törvényt: ha levegőnkben egymás után fölvett álláspontok magasságai a földszintől számlálva számtani sorzatban (péld. 100', 200', 300' stb.) nőnek: akkor az ezen álláspontokon levő lég tömötségei tértani sorzatban fogyandnak.

o_4) A fénytánban majd meglátjuk, hogy láthatárunkon már látszik a nap sugára (hajnal), midőn a nap még 18° -nyira van láthatárunk alatt = még (150 kép) B-ben van s már AOL irányában mutatkozik. Világos ezen arány: AC :

OC = $\cos 9^\circ : 1, \frac{AC}{\cos 9^\circ} = OC$ úgy de OC — aC = Oa , és így $\frac{AC}{\cos 9^\circ} -$

aC = Oa , vagy (R a földpálya félátméretejét jelölvén) $\frac{R}{\cos 9^\circ} - R = Oa =$ a lég magassága, mely számmal kifejeztetvén köi ülbelül 10 mérföldet tesz.

tűzgömbök, éjszaki fény stb. ha t. i. ezek a levegőben vannak, azt mutatják, hogy még 100 mérföldnyi magasan is kell lenni levegőnek. Annyi bizonyos, hogy ott meg kell szűnni a föld légkörének, a hol a föld vonzereje annak forgásából származott röperével egyenlővé válik, mi alapos számítás szerint 5590 mérföldnyire történik. És így mondhatjuk, hogy légkörünk 5590 mérföldön túl nem hághat p_1).

171. Tapasztalásból tudjuk, hogy a tenger színéről 73'-nyi magasra kell menni, ha azt akarjuk, hogy a légsúlymérő egy vonalnyt essék. Már a lég tömötsége fölfelé folyvást kisebbedvén, annak felsőbb tájain 73'-nál magasabbra kell hágnunk, ha azt akarjuk, hogy légsúlymérőnk egy vonalt szálljon. Ha ezzel olly magasra mennénk, hogy nem 28, hanem 14''-en állana: ott a lég tömötsége felényi lenne, mint ide alant, és így itt kétszer anynyi, azaz 146' magasra kellene emelkednünk légsúlymérőnknek egy vonallal lejjebb szállítása végett. Másként ezt így fejezhetjük ki: 73' magasra kell mennünk, hogy az alant 28''-t mutató légsúlymérő 335 vonalt mutasson; hogy ugyanez 334 vonalt mutasson, e végre újra $\frac{336}{335}$ -szer 73'-ra kell mennünk, továbbá $\frac{336}{334}$ -szer 73'-ra, hogy az ismét egy vonalt essék, $\frac{336}{108}$ -szor 73 = 2. 73 lábra ha azt akarom, hogy légsúlymérőm 167''-t mutasson, s így tovább q_4). Így készült e következő s akárki által is folytatható tábla:

Légszm. állás.	Magasság lábokban.	Légszm. állás.	Magasság lábokban.	Légszm. állás.	Magasság lábokban.
336''	0,000	329''	515,623	322''	1042,316
335''	73,000	328''	590,176	321''	1118,490
334''	146,218	327''	664,956	320''	1194,900
333''	219,655	326''	739,965	319''	1271,551
332''	293,313	325''	815,204	318''	1348,441
331''	367,193	324''	890,674	317''	1425,573
330''	441,296	323''	966,378	316''	1502,948

p_4) Tudjuk (111), hogy a föld nehézségeje a távolságok négyszögeinek növekedése szerint fogy; azt is tudjuk, hogy a nehézség hatása a földszíne (és így a föld félátmérőjének távolságára) 15' egy mpercben: és így bizonyos, hogy x távolságra annak hatása = k így fog a földszíne telt hatásával egy-

behasonlítani: $x^2 : 1^2 = 15' : k = 2160'' : k$; és így $k = \frac{2160''}{x^2}$. A főlebb

említett röperő egy testet a földszínen 7''-ra (kerekszámmal) taszítva el. Mint-hogy pedig ezen erő a félátmérő arányában nő: x távolságra így fogy a röperő = r kifejezetten: $r = 7x$ (minthogy 1 : $x = 7'' : r$). A hol a röperő a nehézségerővel egyenlővé válik: ott egymást semisíteni, s a légkör megszűnni tar-

tozik. Ha így $r = k : \text{lesz } \frac{2160''}{x^2} = 7x$, vagy $\frac{2160''}{7} = x^3$, $x = \sqrt[3]{\frac{2160''}{7}}$

azaz, $\log. x = \log. 2160 - \log. 7 \times 3 = 6, 5$ föld félátmérő = 5590 mfd.

q_4) Képzeljünk egy kocka láb levegőt (mellyben a légsúlymérő 28'', a hővmérő pedig 0° mutat), egy üvegharangba bezárva, képzeljük ez üvegharangot egy légszivattyún, melynek hengerének belülrége, az üvegharangnak anynyiad részét tegye, a hányad részét teszi egy kocka láb levegő súlya az egész lég egy négyszög lábra nyomásának. Minthogy a lég tömötsége annak nyomásával egyenes arányban nő: ezért akármi magason egy kocka láb lég súlya, mindig anynyiad része a lég azon magason levő lapra nyomásának, a hányad része a földszíneni k láb lég az erre ható légnomásnak. Vegyük föl, hogy

J. Magas hegyeken oly ritka már a lég, hogy az ember életére nem alkalmas. Ha az ember csak 1500' magasra megy: szokatlanul elfárad, nyugodni kénytelen csak nem minden 100 lépésre, fülében nagy szúrást érez, s veheti észre, hogy időről időre apró buborékok fejlenek ki belőle, alig hall 10 lépés-

egy kocka láb lég a földszínen az egész légnyomásnak $\frac{1}{1000}$ -t teszi: úgy e nyomás egy láb magason az előbbinek csak $\frac{999}{1000}$, mint a mellynek $\frac{1}{1000}$ -t csekélyebbnek kell lenni. E fölvtétel szerint a légszivattyú hengerének tére is egy kocka lábnak $\frac{1}{1000}$ -t teszi; és így az első köldökvonat után a harang alatt az előbbi légnek csak $\frac{999}{1000}$ -e marad: a levegő tömötsége tehát a harang alatt az első köldökhúzat után épen akkora, mint a mekkora volt előbb egy láb magason. Így mondhatjuk, hogy a második köldökhúzat után akkora tömötséggel bír a lég, mint két láb magason; 100 húzat után pedig mint 100 láb magason. Ha a harang téríméje = 1, a hengeré $\frac{1}{t}$: akkor a légnek a harangbani menynysége az első húzat után $1 - \frac{1}{t} = \frac{t-1}{t}$, s ha eredeti tömötsége szinte = 1 volt, mostani tömötsége hasonlóan = $\frac{t-1}{t}$. Ha e tömötséget x -nek nevezzük, tehát $x = \frac{t-1}{t}$: akkor egy új húzat után tömötsége lesz = $x \cdot \frac{t-1}{t}$, vagy ha x -nek előbbi értékét vesszük = $\left(\frac{t-1}{t}\right)^2$; hasonlóan a 3-dik vonat után = $\left(\frac{t-1}{t}\right)^3$, az n -dik húzat után pedig = $\left(\frac{t-1}{t}\right)^n$ szinte az m -dik után = $\left(\frac{t-1}{t}\right)^m$. Ha a légsúlymérő állása, melly a légnyomást kimutatja, a földszínen $28''$: akkor n láb magason = $28 \times \left(\frac{t-1}{t}\right)^n$, m láb magason = $28 \left(\frac{t-1}{t}\right)^m$. Ha amazt B -nek, ezt b -nek nevezzük. akkor $B = 28 \left(\frac{t-1}{t}\right)^n$ s $b = 28 \left(\frac{t-1}{t}\right)^m$; tehát $\frac{B}{b} = \left(\frac{t-1}{t}\right)^{n-m}$; következőleg $\log. B - \log. b = (n-m) \log. \left(\frac{t-1}{t}\right)$. Úgy de $n - m$ két hely magasság különbsége, mit ha k -nak nevezünk, lesz $k = (\log. B - \log. b) : \log. \left(\frac{t-1}{t}\right)$. Már mivel a lég 770-szer könnyebb a víznél, s a víz 13,598 szor könnyebb a higyanynál; e szerint a levegő $770 \times 13,598 = 10470$ -szer könnyebb a higyanynál. Tehát egy kocka láb lég 10470-szer nyom kevesebbet mint egy kocka láb higany, s ismét $2\frac{1}{3}$ -szer kevesebbet mint $28''$ vagy $2\frac{1}{3}'$ magas higanyoszlop, következőleg $t = 10470 \times 2\frac{1}{3} = 24430$. Innen következik, hogy $k = (\log. B - \log. b) : \log. \frac{24429}{24430} \cdot I$. E szerint egy helynek más hely fölötti magasságát e képlettel határozzuk meg párizsi labakban; hol B a légmérőnek a hegy tővében, b ugyanannak a csúcsán állását mutatja. — Azonban e képlet csak akkor áll, ha mind a két helynek ugyanazon hőmérséklete van. Minden lehető esetben szabatos képleteket *Gauss* és *Oltmanns* készítettek. A hol igen nagy szabatoság nem kívántatik; e következő képlettel beérhetni: $k = 56470 (\log. B - \log. b) (1 + 0,002 [T + t]) II$. hol t s T a két hely C szerinti hőmérsékletét mutatja. E képletből láthatjuk, hogy a lég tömötsége 100 mérföld mélyen az arányét meghaladja, s 5 mérföld magason sokkal kisebb, mint a millyent legjobb légszivattyúval előállíthatunk. (Lásd bővebben e tárgyra M. t. t. névkönyvben 1810. Magasságmérést *Vállástól*.)

re, a lélekzés nehezen esik, gyakran hányás erőlteti, a seb sokkal lassabban gyógyul, s a gyógszereknek kisebb hatásuk van.

172. Gázba merített testek, mint fölebb látok, súlyaikból abban annyit veszítenek, mennyit a helyéből kiszorított gáztömeg nyom. Ha levegőnk meglehetősen súlyos volna, péld. a víznél csak 3—4-szer súlyosb: a földi testek annak nyomása által fölemeltetnének; sőt minmagunkat is oly fönn hordozna az, mint kéregfákat a víz, s addig nem tudnók magunkat súlygyegeben tartani, míg oly magasra nem tolatnók föl, mint a milly magasak a legföntebebb úszó fellegek. Hanem levegőnk oly könnyű, s ennél fogva a testek oly keveset veszítenek benne súlyaikból, hogy valóban mérészség volt azon gondolatra jöni, hogy az ember levegőben tán uszkálhatna is. *Montgolfier* testvérek voltak az elsők, kik 1783-dik évben e gondolatra jöttek. Mivel, így gondolkoznak, a füst fölmegy a levegőben: lehető volna tán valami vékony anyagból készíthető testet is meleg levegővel megtölteni, s ennek mint könnyebbnek a levegőben fölemelkedni. Így készült a legelső 35' átméretű léggömb (papirosból), mely nemcsak maga ment föl, hanem magával szembetűnő terhet is vitt. A vizeny gáz, melynek fajsúlya, még ha levegővel van is keverve, ennek csak $\frac{1}{6}$ -t teszi, *Cavendish* által föltaláltván, *Charles* ezzel töltötte meg léggömbét, mely valóban legalkalmasnak is mutatkozott. *Pilate de Rosier* 126' magas és 102' átméretű léghajót készített, s rajta hat ember emelkedett föl a levegőbe. Lehet gondolni, mi nagy volt a csodálkozás, mi nagyok a remények, melyek ez új tünemény látására mindenekben mutatkoztak. *Charles* a Tuillériák közepéből emelkedett föl; Párizs egész népsége mozgásban; a közpiacok, háztetők, s minden magasb térek nézőkkel fedvék voltak; egy álgylövés adott jelt az indulásra, mire a léggömb mint valamely légtűnet felszállni kezdett a láthatár fölött; a lég magas tájain is lehete még látni a hajó napfény sütötte lobogót, s a bennülőknek a földhöz intézet köszöntéseit r_4).

Jegyezd meg, hogy hegymérésre oly légsúlymérő használtatik, minőt a 176-dik lap alján leírtunk, mert annak bélelt edényét a cső aljához erősen hozzá srófolván, a csőbeni higany ki nem jöhet; az úszós léc lika is bizonyos fedő által tetszés szerint bezárható, és így az illy légsúlymérőt a megméréndő hegy tövéhez vivén, valami kampós fára vagy botra állítsd föl úgy, hogy erről szabadon függhessen. Ekkor az edény s fedő csavarjait egymásután felszabadítván, nézd, hány vonalt mutat a légsúlymérő, tegyük föl, hogy 336''-t. Ekkor előbb a fedőt ismét a likra srófolván, aztán az egész légsúlymérőt fölfordítván csavard le a bélelt edényt, a meddig lehet, s víd föl a hegy csúcsára. Itt ismét úgy, mint előbb mondók, a légsúlymérőt föllállítván, nézd, hány vonalt mutat ez; tegyük föl 330''-t. Tegyük föl egyszermind, hogy a légsúlymérőni hévmérő mind a két helyen egyenlő fokot mutatott. Ekkor a hegy magasságát az I képletből így számítsd ki: $k = (\log. 336 - \log. 330) : \log. \frac{2^{1429}}{2^{1430}} = (2,5263393 - 2,5185139) : (4,3819057 - 4,3879235) = 0,0078254 : - 0,0000178 = 78254 : - 178 = - 439,629$ láb. — Ha pedig különböző fokokat mutatott a hévmérő a hegy tövében s csúcsán, jelesen amott péld. 20° , emitt 18° -t; akkor használd a II képletet; tehát $k = 56470 (0,0078) (1 + 0,002 [38]) = 440,466 (1 + 0,076) = 473,84$ láb.

r_4) E tárgy tudományos oldalát vizsgálólag nézzük, mi terhet tud egy bi-

J. Nevezetesek a léghajózók némely tapasztalatai a lég felső vidékein. *Sadler* Irlandból Angolországba útatyakor tapasztalta, hogy bizonyos magasságon kedvező volt a szél; főntebb vagy alantabb épen nem. Szép azon megfigyelés, midőn az alatt uszkáló felhők egyes nyílásain keresztül a földet megpillanthatni; ellenben alkalmatlan a vastag felhőkön keresztül utazás iszonyu szelvezsek, ritka levegő stb. *Gay Lussac* és *Biot* 1804-ben tudományos tekintetből tettek ily léghajózást, a lég melegének, nyomásának, nedvességének, villanyosságának kikémlésére. Egy második utazásában *Gay Lussac* egyedül ment föl 7000 metrenyi magasságra, és így a legmagasabbra, melyen valaha ember volt. Ily magason szörnyű csipő a levegő hidege, a hőmérő — 10°-ra szállt, midőn a föld színén + 30°-t mutatott; a levegő szárazsága oly nagy, s a nedvmerői testek oly hirtelen elveszítik nedvességüket, hogy azok mindenfelé öszsze viszsa tekerednek; az ég sötét kéeknek, sőt némileg fekete alakot öltönek mutatkozik. Ily ritka levegőben, s a földtől s egyéb érezhető testektől oly nagy távolságban függve nem hall az utazó semmi hangot, nem lát semmi tárgyat, s most teljes mértékben érzi a társas embert leverő magány kellemetlenségeit, mint ezt *Gay Lussac* képes leg-

zonyos nagyságú léggömb fölemelni, mi magasra képes hágni, mi eszközökkel lehet szállását vagy emelkedését kormányozni. A léggömböket könnyű fénymázzal bekenet fatotákból készítik. Már ha egy 30"-nyi átmérőjű s 25' magasságú gömböt (mint *Garnerin*é volt), és így olyant, melynek tartalma 10400 kocka láb, a külső levegőnél egy hatod részzsel könnyebb, vizenyvel megtöltünk; ez, ha 11 kocka lábra egy fontot számítunk, 950 font levegőt fog helyéből kiszorítani; a vizeny, mellyel ez megtöltetnék, e szerint mintegy 160 fontot nyomna, a léggömb takarója 70 fontot, a kötelek s hajó 200 fontot. Így a levegő 950 fontnyi nyomásának mintegy 430 fontot kellene tartani, mihez e szerint még szemebetűnő terhet lehet adni. Ha e végre két ember = 300 font ülne a hajóba: még 200 fontnyi emelkedő erővel menne föl felé s még ekkor is 7—8 lábat haladna egy perc alatt. A mint a léghajó fölebb megy: mindig ritkább, és így kevésbbé nyomó levegőre ér (172). Ha hát alul egészen megvolt töltve: nagyon erősen ki fogja azt nagyobb magasságon feszíteni, s szétrugással fenyegetni. A léghajózóknak tehát egy a léggömb tetjére alkalmazott s tetszés szerint kinyitható szelep segítségével kell egy kis levegőt kibocsátani. Nyilván van, hogy a léghajó sebessége fölfelé folyvást kisebbedik. Lássunk egy példát. Ha a léghajó 8000'-nyira emelkedett, a hol a levegőnek csak $\frac{3}{4}$ tömötsége van, mint alul: még 720 fontot fog az helyéből kitolni, és így a léghajó már nem sokat fog hághatni. Hanem ha a teher kisebb volna, péld. ha csak egy személy emelkednék föl: akkor még a léghajó csaknem 18000'-nyi magasra fogna emelkedni. Ezen magasságon ugyanis a légsúlymérő állása 14" levén, a levegő tömötsége csak felényi volna mint alul. — A léghajó emelésére és szállítására két eszközt használnak a hajózók t. i. a már említett szelepet és bizonyos tehernek, péld. homoknak lassankénti elhajtását. Egő lámpával lehet a gömb gázát melegíteni, mely esetre kiterjedvén, a léggömb emelkedni fog. Hanem mind ezzel kell vigyázva kell bánni, hogy a leszállás nagy sebességgel ne történjék, mint a mi nagyon veszélyes volna. Minden esetre visznek a hajózók magukkal 15' átmérőjű erős ernyőt, mellynek segítségével, veszedelem esetére a légben lebecsátkozhasanak. Mind ezen eszközök csak függélyes mozgásra valók, vízirányos haladásra szolgálókat még eddig nem ismerünk. Evezőket vagy kormányt mint a vízben, itt használni nem lehet. Az egyetlen eszköz, mit *Zambecari* után a léghajó lehetőleg célszerű irányzására használni tudunk, abban áll, hogy a különböző magasságokon egészen különböző szelek irányai között, azokat választja az ember, mik céljára kedvezőbbek. Mivel pedig ez egészen bizonytalan, találhatni-e oly szelet, mely a kívánt irányban fú; nyilván van, hogy ez eszköz nem elég arra, hogy az ember a levegőben mindenféle irányban útzalasson.

inkább leírni. Hat órai utazás után, mely alatt vízirányos vonalban 30 mérföldnél többet elvégezett, esőndesen szállt le Rouen táján.

173. Ha véssz két üveggömböt (151 kép), melyek egy közcsatornával egybekötötték, s e csatorna a két gömb közlekedésének elzárása vagy helyreállítása végett csappal ellátva van; aztán a felső gömböt a szájon keresztül szén-savanyval, az alsót pedig b -n keresztül vízenyvel megtöltöd (ez alatt a két gömb közlekedése elzárva levén); majd a csapot fölnyitván, kevés idő múlva vizsgálod, mi van az alsó és felső gömbben: észreveded, hogy mind kettőben ugyanazon gázkeverék van vízenyből és szén-savanyból; tehát a szén-savany, melynek fajsúlya a vízenyénél mintegy 22-szer nagyobb, fölterjedt a felső edénybe, a vízeny pedig ez alsóba. E szerint a gázok nincsenek a csepegősöket illető azon törvény alatt (138), hogy tömötségeik vagy fajsúlyaik szerint foglalnának helyt egymás fölött, más szóval a gázok terjengési oldala vagy tulajdonsága erősebb, mint ugyanazoknak súlyossági tulajdonsága. Azonban jegyezzük meg, hogy ha valami gáz olly térbe terjed, melyet már valami egyéb gáz foglalt el, e terjedés lassabban megy véghez, mint ha az üres térbe terjedne, egy gáz a másik terjedésében olly akadály levén, mint homok a vízében. Elterjed a gáz még a szilárd s csepegős testek likacsába is; így az égetett szén, likacsos fa, tajtékkó, gyapjú, selyem, higany, víz stb. beszívnek abból bizonyos mennyiséget. Ebből következik, hogy a légsúlymérő higanyát időről időre újra ki kell főzni, mert a levegő a higany likaain keresztül, utóbb egész Toricelli üréig terjedvén, a légsúlymérőnek meg kell romlania. Ugyanebből következik, hogy olly gáznak, mely víz vagy higany által a külső légtől sokáig el volt zárva, tisztaságára semmit nem lehet adni. — Ha valami híg testtel sok gázt fölakarok vétetni: ezt lehetőleg öszsze kell nyomnom. Így csinálják a mesterséges ásványvizeket.

J. A szén-savany s vízeny helyett vehetsz akármi gázokat; csak hogy ezek ne elegyüljenek egymással.

2. Fejezet. Légmoztan.

174. A légneműek mozgásának törvényei sokban megegyeznek azokkal, melyeket fölebb (144—159) a csepegősökre nézve meghatároztunk. Ha egy gáz valami nyíláson üres térbe tódul: számítás s_4) s kísérletek után tudjuk, hogy annak sebessége tömötségének négyzetgyökével viszás arányban nő, azaz, ha péld. higanygőzt, s közönséges levegőt, melynek tömötsége amazénál hatszor kisebb (168) bocsátás valami üres térbe, emez kétszer s_{10} -szer olly sebesen tóduland mint amaz (mert 6-nak négyzetgyöke 2,4).

s_4) Ha valami gáz egy nyíláson üres térbe tódul: sebességét úgy számítjuk, mint a csepegős testekét (146); azon különbséggel mégis, hogy itt a sebességnek megfelelő oszlop magasságát nem a valódi gázoszlop, hanem az teszi, mely azon esetben lenne, ha az egész gáztömeg olly tömötséggel bir-

175. Ha levegő tódul ki valami edényből: a nyílásnak ellenében álló edényfalat, a lég folyásával ellenkező irányzatban igyekszik a falra nyomás, taszítani. Ha könnyen mozdítható az edény ezen irányzatban: be is következik a mozgás, a mint ezt a puszkák rugásán, az álglyúk viszszaelőketésén (132. J.), rakéták emelkedésén s forgásán láthatni.

176. Ha mozgó lég valami szilárd testre ütközik: erre bizonyos erővel nyomul; s ha e nyomulás annak ellentállásánál nagyobb, megmozdul ez. E természetes tényen alapszanak a hajóknak vitorlákat által hajtattása, a szélmalomok stb. A mozgó lég ezen hatására még szabatos törvényünk nincs, minthogy az az ütközet alatt bizonyos változásokat szenved, jelesen az első pillanatban ösztönyomatik, erre kiterjed, s így a nyomás nagysága változik. — A mozgó légnak ez ütő hatását illetőleg feltűnő e következő tünetemény. Végy néhány vonal átméretű csőt; irányozd ezt függőleg a földszínrre, tartsd alá a cső alsó nyílásától bizonyos távolságra egy pléhlevelkét; ekkor a mondott csőn keresztül bocssás egy légfuvatagot e levelkére: tapasztalni fogod, hogy a levelke nem esik a földre, hanem a levegőben megáll. E tüneteményt, melyet az újabb időben *Clement*, *Faraday* stb. oly szabatosan vizsgáltak, így magyarázhatni. A mint a légfuvatag a bádoglevelkerekre ütközik: igyekszik ezt tova lökni, de ugyanazon pillanatban a bádoglevelke körületén elsuhan, s így a bádoglevelke fölötti levegő ritkásabbá lesz mint az alatta levő, s így lehet aztán a levegőben fentartatnia.

J. Ha a lég súlygyene megháboríttatik: mozgásba jön az. E háborítást kitűnőleg az egyes helyeken hő-különbségek okozzák. Bizonyos földterület

na, minővel a mondott nyílásnál bír. Ha péld. levegő tódulna valami edényből a mondott üres térbe: e kérdésbeni egyenlő tömötségű légoszlop magasságának meghatározására a légsúlymérő állását b , a higany tömötségét D , a légnak nyílásnál tömötségét d kell tudnunk. Ekkor ha a kitalálendő magasságot m -nek nevezzük, lesz $d : D = b : m$, és így $m = \frac{Db}{d}$. Főlebbi (c_1)

$c = \sqrt{2hm}$ képletünkben, m e mondott értékét helyettesítvén lesz $c = \sqrt{\frac{2hDb}{d}}$.

Más gázt mellynek sebessége c' , tömötsége d' vevén föl, erre nézve lesz

$c' = \sqrt{\frac{2hd'b}{d'}}$, és így $c : c' = \sqrt{\frac{2hDb}{d}} : \sqrt{\frac{2hd'b}{d'}} = \sqrt{d' : d}$. Péld. legyen a légsúlymérő állása $340''$, a higany tömötsége $13,6$, a levegőé pedig

$\frac{1}{770}$: ekkor $c = \sqrt{\frac{2hDb}{d}} = \sqrt{\frac{120 \cdot 13,6 \cdot 340''}{\frac{1}{770}}} = \sqrt{\frac{554880}{\frac{1}{770}}} = \sqrt{427257600} =$

$20670'' = 143,5$ láb. — Ha fölveszszük, hogy egy gáz oly edénybe tódul, melly már valami más gázzal van megtelve: akkor a c iménti képletében a légoszlop magassága m helyett, a kérdésbeni gázok nyomásainak különbségét tesszük. Azonban itt is mint a csepegős testeknél, ugyanazon oknál fogva, melyet főlebb e csepegősöket illetőleg előadtunk, a légnak így számított sebességétől a valódi hátramarad, úgy, hogy ez amannak mintegy 0,5-ét teszi, ha t. i. a gáz vékony falú edény likán tódul ki; ellenben 0,6-ét, ha e likra hengeralakú szájszó alkalmaztatik. Kúpalakú szájszón e sebesség még nagyobb.

fölött jobban meglegylvén a lég mint másutt, kiterjed, tehát ritkásabbá lesz; mire a súlygyen megváltozván a hidegebb lég minden oldalról rohan a ritkás levegő térbe, az előbbi súlygyent helyreállítandó. A mozgó leget *szétnek* nevezzük, miről alább a hévtanban.

3. Fejezet. Léghullámtan.

177. Képzeljünk egy egyenlően tömött hengeres légoszlopot *AB* (152 kép), mellynek végén valami rezgő test van, s vegyük föl, hogy ennek *A* nyílás felé fordult lapja, természetes állásában *cc'*-ban, hintázásának legnagyobb fokán pedig *aa'*-ban van, a mozgás ezen *aa'*-n kezdődvén. A mint már ezen test az *aa'*-n kilép, s a légoszlopra ütődik: a legközelebb hozzá eső részeket megsűríti; ugyanezt teszi a másodikkal, ezt a harmadikkal, egyszersmind olly sebességet ad e részeknek, melly megsűrűdésökkel arányban van. Ez mind addig így megy, míg a rezgő testnek nevezett lapja *bb'*-a ér, a hol sebessége 0-é lesz. Most már ez a megsűrített légoszlop, melly az *aa'*-ból *bb'*-ba lett mozgás által származott, foglalja el a mozgó lap helyét, ez sűrít meg egy második, épen akkora területet, ez egy harmadikat stb. A lap visszatértekor egy megritkított, szintolly hoszzú mint a megsűrített volt, légoszlop támad, s épen ezen helyre esik, mellyen előbb a megsűrített volt, épen ennek irányában terjed tovább a hangzó testtől mindinkább távozva, bár a levegő részecskéinek ellenkező irányzatuk van. Így hoz elő a rezgő test minden hintázata a levegőben egy megsűrített, s egy szintakkora megritkított oszlopot, úgy, hogy ez abba általmegy, következőleg ketten egy hullámot képeznek. E hullám mind két darabjának két végén legkisebb a szélessége, valamint rendes tömörségétől eltérése is, minthogy a mozgó test is *aa'*-ban s *bb'*-ban = 0, *cc'*-ban legnagyobb sebességgel bír.

Már a természetben nem mehet így a hang terjedése, mint a hol a levegőnek illy hengeresője nincs. Itt hát a hangnak mindenfelé kell terjedni. Vegyünk föl péld. egy pontot *a*. Ez megmozgattatván, köröskörül megsűríti a levegőt, majd megritkítja, s ezen változások által új meg új üres egy központú golyók képződnek. Látni való, hogy ezen golyós hullámok a golyó sugárainak irányzati szerint terjednek, és *ay* az, mellyet *habsugárnak* nevezünk. Nyilván van, hogy mivel a test nem egyéb, mint több pontok öszszege, akármi test rezgéséről is igaz az, a mit egy pontról meghatároztunk.

178. Ha két különböző pontról kiindult léghullámok egymással találkoznak: vagy egészen szemközt mennek egymásnak, vagy bizonyos szöglet alatt egymást keresztülmetszik. Ha egyirányuak: akkor az egész hatás akkora, mint az egyes légrészek hatásainak öszszege. Ha szemközt s egyenlő sebességgel mennek egymásnak: az öszszes hatás = 0. Ha pedig szemközt mennek s különböző sebességgel: az öszszes hatás anynyi, mint a kettő kü-

lőnsége. Végre ha a kettő iránya szögletet képez: ekkor a hatást az erők egyenközének tanja szerint kell meghatározni.

Ha léghullám valami szilárd falra ütközik: ebből egy visszahajtott hullám származik, mely a fal mögött egy olly pont-ról látszik jöni, mely épen anynyira van a fal mögött, mint a hullámgerjesztő pont az előtt.

Ha két szilárd fal között (153 kép) *a* pontban levő légrézshintázatba ejtetik, s az így támadt hullámnak bizonyos időcskére van szüksége, míg *a*-ból *b*-be terjedjen, s ez időcske végén *a*-ban ismét egy másik hullám támasztatik: e két hullám, miután az első visszahajtatott, öszszetalálkozik, s e találkozás eredménye ugyanaz, mi a hígaknál volt, azaz, szinte hintázatsomók s álló hullámok képződnek.

Szilárd s csepfolyós testek légneműekkel érintetbe jöven, hintázataikat ezekkel közölhetik; szintezt teheti hintázó híg vagy légnemű test is szilárdal, s ezt anynyival inkább, minél tömöttebbek s rugalmasabbak azok.

Negyedik szakasz. Hangtudomány.

1. Fejezet. Hang származása.

179. Ha két szilárd testet alkalmas erővel egymáshoz ütsz; ha esőcseppek vízre hullanak; ha valami likas ku'csba vagy sípba kellőleg belefúvsz: mindenynyszer bizonyos hangot hallasz; s ebből látod, hogy mind a szilárd- mind a csepegős- mind a légnemű testek hangzásra képesek. — Ha hangzó szilárd testet (péld. üvegtáblát) ujjoddal gyengén érintesz: annak rezgő vagy hintázó mozgását rögtön észreveszed; de még világosabban kitűnik e mozgás, ha (129) a hangzó táblára fövenyet vagy korpafüport hintvén, e porszemek mozgását nézed. A vízbe eső cseppek, abban, mint fölebb láttuk, hullámokat támasztanak, melyeknek lényege szinte hintázó mozgás (159). — Végre, ha hangzó síp szája elébe valami keskeny papiroslevelkét tartasz: ez is rezgő mozgásba jő, mi a sípbani levegőnek hasonló mozgását mutatja. Mind ezekből következtetnünk kell, hogy a hang lényegét hintázó vagy hullámozó mozgás teszi.

Ha jó hosszú kötelet vagy húrt kifeszítesz, s ezt úgy mint a 154 képbén rajzolva van, helyezetéből ujjoddal kimozdítod: az kereszthintázatokba fog esni (127); sőt ha, mint mondók, a húr elég hosszú, e hintázatokat pusztá szemmel meg is számlálhadd. Azonban a húrnak illy megszámlálható hintázásakor semmi hangot nem vészsz észre. Ha e húrt folyvást rövidíted, úgy azonban, hogy az azt feszítő terhen semmit nem változtatsz: észreveszed, hogy a húr hintázása e rövidítés szerint folyvást sebesedik, anynyira, hogy a hintázatokat utóbb megszámlálni nem tudod. Az illy sebes hintázatok alkalmával már hangot is hallasz. Ebből követ-

kezetned kell, hogy nem minden, hanem csak azon hintázás okoz hangot, melly tartozott sebességgel bír.

180. Ha már egy test a mondott kellő sebességgel hintáz: szintilly hintázatba ejti azon közeget, mellyben van, péld. levegőt vagy vizet; s ha aztán e hintázat a fülig terjedt: ebben a hang érzetét fölbreszti. E szerint három dolog kívántatik meg a hanghoz, u. m. 1) bizonyos sebességgel hintázó test, 2) valami közeg, melly e hintázást elterjeszse. E közeg lehet szilárd, péld. föld, csepegős és légnemű. 3) Hallás életműve. A hangforrástól a fülig húzott egyenes vonal *hangsugár* nevet visel.

1 J. A hallható hintázatoknak igen különböző hatásuk van a fülre; emberi hangnak, madáréneknek, pattanó ostornak vagy puskának, suhogó szélnek stb. különböző hatásai vannak. E különböző benyomatok kifejezésére, tömördek szó van nyelvünkben (cseng, peng, zeng, dong, kong, pattan, roppan, durran, sziszeg, susog, suhog, zörög, dörög, morog, zúg, süvölt stb.), a nélkül mindazáltal, hogy a hang minden egyes nemeit szabatosan megnevezni tudnók. Mind azt a mi hallható, *hang*; ha tartós e hang, s ez alatt bizonyos egyneműség észrevehető, millyen péld. üvegeken s ércleveleken hallható, akkor *csöngé*; ellenben ha a hang tartós ugyan, de nem egynemű, akkor *moraly*; a hirtelen elmúló hangot *pat*; végre a hangot magasságára s mélységére tekintve *zöngé* névvel nevezhetnök. E zöngét illetőleg jegyezzük meg, hogy azt, mellyhez egy másikat hasonlítunk, *alapszöngének*, azt pedig, melly ezzel annyira megegyez, hogy alig lehet őket egymástól megkülönböztetni, ez alapszöngé nyolcadikának nevezzük, minthogy a kettő közé még hat oly hangot tehetni, mellyeknek egymásután következőése a fülnek kellemesen esik. Ezeket az alapszöngétől távolság szerint 2 d-nak, 3d-nak, 4d-nek stb. hívjuk, s bizonyos betűkkel jegyezzük meg, úgy hogy ha az alapszöngé C: akkor a következők sorban D, E, F, G, A, H nevet viselnek; a 8-dikat c-nek mondjuk, az utána következőket pedig szinte mint előbb, hanem kis betűkkel írva; a c-hez 3-d zöngét \bar{c} , az ez után következő 6 zöngét pedig az előbbi betűkkel, de szint ily keresztvonással jegyezzük. Így kell érteni a \bar{c} , $\bar{\bar{c}}$ stb. zöngéket, a hozzájuk tartozó 6 hanggal. C alsó 8-d zöngéjét \underline{c} -nek, ennek 8-dát $\underline{\bar{c}}$ -nek nevezik, ép ily keresztvonással jegyezvén az illető nyolcadba tartozó egyéb zöngéket is.

2 J. Jegyezzük meg, hogy akarmi testnek egyszerű hintázása által nem, hanem csak úgy származik hang, ha az egyenes hullámok a visszahajtottakkal találkozáván álló hintázatot képeznek (127), a mikor a hintázatesomók (mellyeket ezentul hangcsomóknak nevezhetünk) a hintázó testet oly részekre osztják, mellyek egymáshoz s az egész testhez egyszerű viszonyban állanak (lásd 127 — 130). Arra pedig, hogy a visszahajtott hullámok az egyenesekkel találkozásukban álló hintázatot szűljenek, megkívántatik, hogy a hullámzó test elég rugalmas legyen, mert különben a visszahajtott hullámoknak a mondott célra elég erejük nem leend. Ez oka, hogy zongora-hüroki acél vagy sárgaréz mint igen rugalmas éreek vétetnek. Ezek egyszer megpendítvén, tartósan zöngének (sokkal tovább mint a kevésbbé rugalmas bél-hürok), minthogy rugalmasságaiknál fogva az egyszer hintázatba hozott hürok sokára mennek nyugalomba.

181. Hangszereinkben a zöngék többféleképen támasztatnak: 1) egy már létező hangnak valami rugalmas testtel közlödése által. 2) hüroknak, 3) rugalmas rúdoknak s leveleknek, végre 4) a levegőnek, mint igen rugalmas testnek álló hintázatba ejtése által.

Hangközlés. 182. A hangzó testek hintázó mozgása nem csak úgy közlödik azon testekkel, mellyekkel azok érintetben vannak, hogy ez által a hang tovább terjesztessék, hanem úgy is, hogy ök

maguk is hangozzanak, s így a hangot megerősítsék. E tünetény valódiságáról több tapasztalatok által meggyőződhetni. Ha a hangvillát valami szilárd testhez ütés által mozgásba hozván, a levegőben szabadon tartod: igen gyöngye hangot hallandasz; de ha azt valami rugalmas fából készült ládához, péld. egy hegedű fájához érteted: erősebb s tartósabb hangot hallasz. Itt hát a fa hangzó hintázatba jött. Az úgy nevezett doromb rezgését a szájon kívül nem hallhatni: de a szájbán, hol az ebbeni lég s ajakak is hangzó mozgásba hozatnak, igen. Rugalmas deszka fölé húzott húr hangzásakor, azon deszkára szórt por rezgésbe jön, s ha e deszka elég rugalmas és vékony, még a esomóvonalokat is (129) kimutatja; mi a deszka hangzását világosan mutatja. A levegőben kifesztett húr, ha alatta rugalmas deszka nincs, igen gyöngye hangot ad. Két egymás melletti egyenlően hangolt hurok közül egyiket megpendítvén, a másik ugyanazon hangot adandja, mit az által, ha a megpendítetlen hurra vékony papír-levelkéket raktál, s a másik megpendítésekor látod, hogy e levelkék a pendítetlen húrrol leestek, kimutathatni. Az üveg pohár valami léccel megütetvén bizonyos hangot ad. Ha e hangon az üveg pohárba jó erősen belekiáltasz: megcsendül a pohár, sőt elég erős kiáltásra, kivált ha az üveg vékony volt, szét is zuzatik. Az ember hangja erősebb a szobában, mint künn a szabadban. Mind ezen tapasztalatokból kétségtelen, hogy a rugalmas testek közlés által hangzásra bírathatnak. Ezért van dobja vagy rezgő alja minden hűros hangszerünknek: zongorának, hárfának, hegedűnek stb. E dob rugalmas vékony deszkából készült s levegővel telt láda; e fölé vannak a hurok kifeszítve. A húr hangzása hangoztatandja a rugalmas deszkát s ládabani leget is, mi által a hangszer hangja tetemesen erősül. A dobokon szinte hintázatsomók képződnek, még pedig a hosszas gyakorlat után bizonyos álló helyeken: ezért bizonyos, hogy kijátszott hegedűk, zongorák stb. újajknál jobbak. Ha a dob megreped: ez által megszűnik az, egy egész test lenni, s így megszűnik annak a hűrokkal együtt hintázása is. Milly gyöngye hangot ad a megrepedt dobu hangszer!

Húrhangok. 183. Ha olly hosszú hűrt vészs, mellynek hintázatait megszámlálhadd: tapasztalni fogod, hogy felényi hosszu húr ugyanazon idő alatt két anynyit hintáz, s így kísérlettel győződhetsz meg e törvényről, hogy *egy húr hintázatszámá a különben egyenlő körülmények mellett* (u. m. egyenlő feszítő teher, egyenlő vastagság, egyenlő idő) *a húr hosszával viszá arányt képez t_1*). E törvényt rövidleb, és így olly hűrokra is, mellyeknek

t_1) E törvényt így fejezhetjük ki: $n : N = L : l$, l hosszú húr hintázatszámát n , N pedig L hosszú hűrét jelöltvén. Ezt tudva kiszámíthatjuk azt is, hányat hintáz a legalsó hangot adó test. Pél. legyen 20' hosszú azon húr, mellyet a 179-ben kísérletre használtunk, s tegyük föl, hogy 1" alatt 8-t hintázott. Tegyük föl, hogy ezt 5'-ra kellett röviditnünk, hogy hangot adjon. Ekkor az előbbi $n : N = L : l$ arányban három tag ösmeretes lesz; mellyből n -t kiszámíthatjuk; nevezetesen lesz $n : 8 = 20 : 5$, és így $n = \frac{8 \times 20}{5} = 32$. Így

híntázását megszámlálni nem, csak hallani lehet, általvivén, azt tapasztaljuk, hogy felényi hosszu húr, a különben egyenlő körülmények mellett, kétszer olly hosszu húr zöngéjéhez legközelebb következő fölső nyolcadik zöngét adja; tehát ha a hosszabb C-t, akkor a rövidebb c-t ad. És így mondhatjuk, hogy akarmi zöngéhez 8-adíknak mindig két akkora híntázatszám felel meg; ha péld. C 1'' alatt 128-t, akkor c 256-t, \bar{c} 512-t, $\bar{\bar{c}}$ 1024-t $\bar{\bar{\bar{c}}}$ 2048-t stb. vagy ha C 1-t, akkor c 2-t, \bar{c} 4-t, $\bar{\bar{c}}$ 8-t stb. híntázand.

184. Van egy a hangtudományban igen nevezetes egyszerű ké-szítmény, melyet *egyhúrosnak* nevezhetünk, mi nem egyéb, mint valami rugalmas tábla fölött bizonyos terhekkel kifeszített húr; e-hez tartozik egy húrláb is, mely a rugalmas tábla között föl s alá mozgatható, s arra való, hogy a húr, ez vagy amaz pontján tet-szőleg föltámasztathassék. Ha ez egy húr a mondott lábbal közép-föltámasztatik: akkor a húr egyik fele hegedűvonóval meghú-zatván 8-d zöngéjét adja annak, melyet a támaszatlan egész húr adott. Ha e hürt három részre osztván, a húrlábbal a húr $\frac{1}{3}$ -át s $\frac{2}{3}$ -át különválasztom, s ekkor a $\frac{2}{3}$ -át vonómmal meghú-zom: ez az egész húr zöngéjének ötödikét adandja. Szint ezen módon a hürt 4, 5, 6, 9, 15 egyenlő részre osztván, kiviláglik, hogy a húr $\frac{3}{4}$ -e 4-dik, $\frac{4}{5}$ -e 3-dik, $\frac{3}{5}$ -e 6-dik, $\frac{5}{6}$ kis 3-dik, $\frac{6}{5}$ -e 2-dik, $\frac{8}{15}$ -e 7-dik zöngét adandják. Egyszerű számítás után kijön u_n), hogy ha az egész húr híntázatszámát vesszük mértékül, akkor a 2-dik zöngé ugyanazon idő alatt azon híntázatszámnak $\frac{9}{8}$ -át, a kis 3-dik $\frac{6}{5}$ -ét, a nagy 3-dik $\frac{5}{4}$ -ét, a 4-dik $\frac{4}{3}$ -át, az 5-dik $\frac{3}{2}$ -ét, a 6-dik $\frac{5}{3}$ -át, a 7-dik $\frac{15}{8}$ -át híntázandja; tehát azon töredékek, melyek a húr han-goztatott részeit jelölik, megfordítva az illető zöngék híntázati vi-szonyzásáit teszik. E szerint ha C 1'' alatt 32-t híntáz, D ugyan az alatt 32-nek $\frac{9}{8}$ -t = 36-t, G 32-nek $\frac{3}{2}$ -t = 48-t stb.; *más szó-val*: míg C 1-t, addig D $\frac{9}{8}$ -t, G $\frac{3}{2}$ -t stb. híntáz; *ismét máské-p*: míg C 8-t, addig D 9-t, míg C 2-t, addig G 3-t stb.

185. Azon viszonyt, mely az egy nyolcadban előljövő szom-széd zöngék közt van, *zöngétárnak* nevezhetjük. E zöngétárnok különbözők, más szóval, bár D szintűgy 2-dik C-hez mint E, D-hez, e távolságok még sem egyenlők, mit híntázati viszonyzásaimkból mindjárt kitudhatunk. Osszszuk el ugyanis C viszonyzásával

lesz, hogy rendes hallású emberekre nézve a hallható híntázatok száma 1'' a-latt 32-t tesz. Azonban ne véljük, hogy e számon fölül akármennyit híntáz-zék valami rugalmas test 1'' alatt, e híntázás mind hallható lenne; a föltötte sebes híntázást szintűgy nem halljuk, mint az igen lassút; *Chladni* szerint ha valami rezgő test 1'' alatt 12000, *Savart* szerint pedig 48000 nél többet híntáz, semmi hangot nem hallunk.

u_1) A t_1 szerint $n : N = L : l$. Ha az egész húr-hosszát, s ennek 1'' alatti híntázatát mértéknek, tehát 1-nek vesszük: lesz $N = 1$, $L = 1$. Az n -t tehát, a szerint a mint l sorban $\frac{8}{9}$, $\frac{4}{5}$, $\frac{5}{6}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{2}{3}$ stb.-nak tetetik, a mondott arányból fölszámíthatjuk. Péld. $n : 1 = 1 : \frac{2}{3}$. És így G híntázati viszonyzásama $n = \frac{3}{2}$; vagy D-re nézve $n : 1 = 1 : \frac{9}{8}$; tehát D n -e = $\frac{9}{8}$ stb.

D-t: lesz $\frac{9}{8} : 1 = \frac{9}{8}$; továbbá oszszuk el D viszonyszámával E-jét $= \frac{5}{4}$ -t, lesz $\frac{5}{4} : \frac{9}{8} = \frac{40}{36} = \frac{10}{9}$. Most oszszuk el a kis 3-ik viszonyszámát (mint a mely a D és E közt van) D-jével, lesz $\frac{6}{5} : \frac{9}{8} = \frac{48}{45} = \frac{16}{15}$. Végre oszszuk el E viszonyszámát a kis 3-ikéval, lesz $\frac{5}{4} : \frac{6}{5} = \frac{25}{24}$. Látjuk az eddigi számításból, hogy C-nek D-től távolsága $\frac{9}{8}$, D-nek E-től $\frac{10}{9}$, D-nek a kis 3-iktól $\frac{16}{15}$, kis 3-iknak az E-től $\frac{25}{24}$; s ha e nyomon a többi zöngétávot is számítjuk: kétségtelen lesz előttünk, hogy a zöngétávok különbözők. $\frac{9}{8}$ nagy egész, $\frac{10}{9}$ kis egész, $\frac{16}{15}$ nagy fél, $\frac{25}{24}$ kis fél zöngétávnak hivatik; azonban gyakorlatban a nagy és kis egész, valamint a nagy és kis fél zöngétávok is megkülönböztetve nincsenek. Ezt tudva a zöngétávokat vizsgáló könnyen észreveszi, hogy egy nyolcadban a 3-dik és 4-dik, 7-dik és 8-dik zöngék közti táv fél, a többiek közti pedig egész. Az itt következő táblában a zöngétávok, valamint az egyes zöngék viszonyszámai is egybeállítvák:

Név	Viszonyszámok, illetve				
	a zöngétávokat	a hír hosszát	a hintázatok menynységét		
			rendes lőre dékében	lizedes lőre- dékében	egész szá- mokban
alap zöngé C	) $\frac{9}{8}$	1	1	1,000	24
2-dik D	) $\frac{10}{9}$	$\frac{8}{9}$	$\frac{9}{8}$	1,125	27
3-dik E	) $\frac{16}{15}$	$\frac{4}{5}$	$\frac{5}{4}$	1,250	30
4-dik F	) $\frac{9}{8}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{4}{3}$	1,333	32
5-dik G	) $\frac{10}{9}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{3}{2}$	1,500	36
6-dik A	) $\frac{9}{8}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{5}{3}$	1,667	40
7-dik H	) $\frac{16}{15}$	$\frac{9}{15}$	$\frac{15}{8}$	1,875	45
8-dik c	)	$\frac{1}{2}$	2	2,000	48

1 J. Az előadott nyolcadban nincs meg minden zöngé, mit onnan is látunk, hogy azokon kívül akárcsi, még egyéb zöngéket is tud adni. De a gyakorlati zenére sem elég e nyolcad: mert, ha nem C-t, hanem péld. G-t akarom alapzöngévé tenni, s mégis a kijelölt zöngétávok szerint (tehát úgy, hogy a 3-dik és 4-dik, 7-dik és 8-dik fél, a többiek pedig egész távolságra legyenek egymástól) haladni: F és G közé új zöngét kell szúrnom. Ugyanis, ha a nyolcadot G-n kezdem, s a zöngéket úgy hagyom mint voltak előbb, például így: G A H c d e f g rögtön kitetszik, hogy ez nem lesz olly nyolcad, minőt főlebb (180.1.J.) mondtunk; haugyan e az f-hez (6-dik a 7-dikhez) fél távolságra van, holott egészre tartoznék lenni, f a g-hez (7-dik a 8-dikhoz) pedig egész távolságra van, holott félre tartoznék lenni. E két hibán egyszerűen úgy segíthetünk, ha f-t fél zöngétávval főlebb emeljük, tehát értékét (= hintázati viszonyszámát) $\frac{25}{24}$ -l sokszorozzuk. Illy emelést kell tenni egyéb zöngékkal is, ha alapzöngéül D, A, E, H stb. vétettek föl, jelesen, ha D az alapzöngé: f-t s c-t; ha A az alapzöngé: c-t, f-t, g-t; ha E: akkor F-t, G-t, H-t, c-t, d-t stb. — Ha pedig olly zöngét veszünk alapul, mely a C alatti 5-ik zöngék sorában esik, péld. F-t: akkor némelly zöngéket fél távolsággal alább kell nyomni, tehát értékeiket $\frac{25}{23}$ -l sokszorozni, péld. F G A H c d e f nem

maradhat meg, mert A, H-hoz (3-dik 4-dikhez) fél távolságra tartoznék lenni, pedig egésznyre van, H a c-hez pedig félre van, holott egészsre tartoznék lenni; mely két hibán úgy segítünk, hogy H-t fél zöngetávrá lejjebb nyomjuk. Akármí zöngé fölemelését megjegyezzük azzal, hogy nevéhez is szótagot, lenyomását pedig azzal, hogy nevéhez *es* szótagot ragasztunk, péld. cis, dis, fis, — es, hes, ges Igy minden nyolcadban 22 zöngé lesz, melyeknek nevével s értékét = hintázati viszonyszámát mutatja e következő tábla:

Név	Érték	Név	Érték	Név	Érték
c	1 = 1,0000	cis	$1^{25/96} = 1,3020$	aes	$8/3 = 1,6000$
cis	$2^{25/24} = 1,0416$	fes	$3^{25/25} = 1,2800$	a	$5/3 = 1,6666$
des	$2^{27/25} = 1,0800$	f	$4/3 = 1,3333$	ais	$1^{25/3} = 1,7361$
d	$9/8 = 1,1250$	fis	$2^{25/8} = 1,3880$	hes	$9/2 = 1,8000$
dis	$7^{25/64} = 1,1718$	ges	$3^{6/25} = 1,4400$	h	$1^{15/8} = 1,8750$
e	$6/5 = 1,2000$	g	$3^{2/2} = 1,5000$	his	$1^{25/4} = 1,9531$
e	$5/4 = 1,2500$	gis	$2^{25/16} = 1,5625$	ces	$4^{8/25} = 1,9200$
				c	2 = 2,0000

Mínhogy két olly zöngé, melyek közöl egyik bizonyos zöngének féllal emelése, másik egy szomszéd fölsőnek féllal lenyomása által származott, mint p. cis és des, fis és ges nagyon keveset különböznek egymástól: a gyakorlatban csak egy értéket kapnak, e szerint e 12 zöngé c, cis, d, dis, e, f, fis, g, gis, a, ais, h fog lenni egy nyolcadban.

2 J. Ha az ember több nyolcados hangszerezen, a főlebb előadott viszonyszámok szerint, nem mellőzvéen el még a legkisebb küiönbségeket is, a míllyen van péld. a cis és des között, fölfelé megy: azt fogja tapasztalni, hogy mind inkább eltávozik az alapzöngetőli tiszta viszonytól. Ha péld. tiszta ötödökön akarna C-ből fölfelé menni: az első tiszta ötödnek becse G lenne = $3/2$, a másodiké d = $(3/2)^2 = 9/4$ (mert természetes ez arány: úgy van C alapzöngé az ötödökhöz G-hez, mint az alapzöngéül veendő G, az ehhez 5-dhez = d-hez, tehát viszonyzámaikban kifejezve $1 : 3/2 = 3/2 : x$, s ez x azaz d viszonyzáma = $9/4$) — a harmadiké a = $(3/2)^3 = 27/8$. Már mivel a egyszersmind nyolcada = a, kétszer enynyi, azaz $10/3$, következőleg e $10/3 - 1$, $27/8$ -nak meg kell egyezni, ha ez ötödviszony tiszta akar lenni C alapzöngére nevezé is. Ha $27/8 = 10/3$: akkor áll ez arány: $27 : 8 = 10 : 3$, s ekkor $27 \times 3 = 8 \times 10$ tartozik lenni. Azonban 81, 80-l nem egyenlő, következőleg már a 3-dik ötödre is hiba származik, mely főlebb menvé szüntelen növekedik v_4). Mivel e szerint nem lehet minden nyolcad s ötöd egyszersmind tiszta; azonban ezeknek a tiszta viszonytól eltérése kiállhatatlan lenne: a hangszerek hangolásakor e hiba szétosztatik, azaz, egyes zöngék úgy mérsékeltetnek, hogy egy se legyen tökéletes tiszta ötödviszonyban a másikhoz. E szétosztást *zöngemérséklésnek* nevezik, mi, a mint látjuk, azért szükséges, mivel a zöngék távolságai egyenlőtlenek.

186. Egyenlő hoszsu s vastagságu egynemü húrokat vevén, ha egyiket 16, másikat 4 font teherrel feszíted ki: úgy tapasztalod, hogy amaz 4-t hintáz, az alatt, míg emez 2-t. Ha amazit 25, emez 9 fontnyi teherrel feszíted: amaz 5-t hintáz addig, míg emez 3-t. Melly kísérlethől e törvényt fogod következtetni: *a húrok hintázatszámá, a különben egyenlő körülmények között, úgy áll egymáshoz, mint az azokat feszítő teher négysszöggyöke*. Mivel pedig a főlebbiek szerint, annál magasb egy húr hangja, minél többet hintáz

v_4) Ha 12 ötödön ment föl az ember: ez által az alaphang hetedik nyolcadára ért. Már mínhogy a 12-dik ötöd becse = $(3/2)^{12}$, a hetedik nyolcadé pedig = 2^7 : az egész hiba = $(3/2)^{12} - 2^7$.

az bizonyos idő alatt: világos, hogy az erősebben feszített húrnak magasabb zöngét kell adni.

Ha két egynemű, egyenlően feszített s hoszszu, de különböző vastagságu húr véssz, úgy péld. hogy egyik körülete $2''$, másiké csak $1''$: akkor amaz (vastagabb) egyet hintáz addig, míg emez kettőt. Ha úgy állnak vastagságaik egymáshoz mint $5;3$ -hoz: addig amaz 3 -t hintáz míg ez 5 -t. E kísérlet eredményét tehát illy törvényben fejezed ki: *különböző hurok hintázatszámá a különben egyenlő körülmények közt, azoknak vastagságával viszás arányt képez.*

Rúdak s levelek hangja. 187. Rugalmas rúdak péld. üveg, acél vagy fa, ütés vagy zsurolás által álló hintázatba ejtethetnek szint-úgy mint a hurok, s így megzendülnek. Egynemű, egyenlő hoszszu, de különböző vastagságu rúdakkal, melyek vagy egyik vagy mind két végről föltámasztva voltak, kísérlet tetetvén, kijött, hogy kereszthintázataik annál számosabbak minél vastagabbak. Ha pedig különben egyenlő körülmények közt különböző hoszszaságu rúdakat véssz, legyen péld. egyik $2'$ másik $3'$ hoszszu: akkor amaz 9 -t hintáz az alatt, míg emez 4 -t; és így kimondhatod e törvényt: *a különböző hoszszaságu rúdak kereszthintázatai viszás arányt képeznek illelő hoszszaik négyszögével.* Azonban, mivel ugyanazon rúd egy vagy több hangcsomóval, vagy épen hangcsomó nélkül hintázhat: ez esetben a hangcsomó nélkül hintázó rúd hangja lesz legmélyebb, s minél több csomója, annál magasabb hangja.

1 J. Az úgy nevezett *vashegedűn* különböző hoszszu acél rúdak egyik vége egy dobba van csinálva, másik végük szabadon áll; a rúdak félkört képeznek, hogy vonóval mindegyikhez külön hozzá lehessen férni, s hoszszaik úgy vannak találva, hogy a szokott zöngesorban előjövő zöngéket adják. Az úgy nevezett *szalma-hangszerben* szalmakötélre fektetett s fakalapáccsal ütött fenyő rudacsok adják a hangot, a rúdak két vége s közepe szabadon állván. Sokkal kellemesek azon hangok, melyeket szinte így összetartó irányu falecékre fektetett, s különböző hoszszaságu üveg vagy acél-szalagok adnak. (üveg-harmonica.)

2 J. Görbe rúdakkal tett kísérletek azt mutatták, hogy a csomók helyzete más, mint egyenes rúdon, ha bár ezek egyéb tekintetben egyenlők legyenek is; és így a különben egyenlő körülmények közt más hangja van az egyenes, más a görbe rúdnak. Van egy görbe rúd, mely a húros hangszerek hangolására nézve igen fontos műszer; ez a *hangvilla* (villa alakjaért nevezetik így). E villának egyik ágát valami kemény falhoz, péld. fához ütven bizonyos hangot ad; mely hang, miután a hangtámasztás is mindig ugyanaz, soha sem változik. — Ha e hintázó villa ágait víz felszínéhez érinted: hullámokat származni látsz, melyek egymást találkozásaikban nagyobbítják vagy semmitik. Hihetőleg e találkozás oka azon tűneménynek is, hogy ha a hintázó hangvillát fűled elébe tartván, egyszersmind a villát tengelye körül egyszer körül fordítod: észre veszed, hogy a hang négy ízben teljesen elfogy, ugyan anynyiszor erősül és gyengül.

3 J. Az egyenes és görbe levelek hintázásáról, már fölebb (129) szóltunk: itt még csak azt jegyezzük meg, hogy némi hangszerekül alkalmazva vannak ezek a dobban, a török zenei réztányérokban s a harangokban.

188. Miután látjuk, hogy a testek rezgésének, hangzásának alapja, azoknak rugalmassága: természetesen megfordítva e hangzásból lehet azoknak rugalmasságára következtést húzni. Ha péld. egy testből különböző irányban teljesen egyenlő leveleket vágunk,

ezeket egészen egyenlően hintázatba hozzuk: a származott hangképekről következtést húzhatunk; nevezetesen ha e levelek kör alakúak, a rajtuk előállott hangkép egy kört ábrázol, mellynek két egymásra függőleg álló átmérete van: akkor, ez átmérőket a körlevél minden pontjain keresztül vihetni (a pontot, mellyen a körlevelet fogod, s azt, mellyen ezt vonóddal érinted, köröskörül mindaddig változtatván, míg a kiindulás pontjára visszaértél), s ez átmérők folyvást függőleg állnak egymásra, ha a hangoztatott körlevél tömege mindenütt egyenlően rugalmas, mint ezt az érc és üvegleveleken tapasztalhatni. De ha fa- vagy jegőc-leveleket veszünk e célra, s ezeket az előadott módon hangoztatjuk: az átmérő helyzete változik, miből következtetjük, hogy ezeknek rugalmassága is más irányban más.

Lég hangzása. 189. A fuvó hangszerekben levegő a hangzó test; mi nyilván kitetszik abból, hogy azok mindaddig ugyanazon hangot adják, míg csak a bennök levő légoszlopnak ugyanazon mérete van, már akarmi anyagból legyenek is azok készítve. A levegő hintázatai e hangszerekben a következő 4 módon támaszthatnak: 1) ha a bezárt levegő egy felől belefúvás által hirtelen megsűrítettetik, mint ez a vadászkürtökön s trombitákon történik, 2) ha a bezárt légoszlop mellett egy keskeny légfolyam zsurlódik el. Így van ez a fuvolyás orgonasípoknál; így ad hangot egy fuvolya vagy kules; 3) ha egy légfolyamot olly hízakon keresztül fúvok, mellyen valami rugalmas levelke van. Ez ugyanis a fúvás által hintázatokba esik, s így a hízakot váltogatva, most bezárja majd kinyitja, s e szerint a síp levegőjének rendes s egymás után következő hintázatok ad. Ez eset van a nyelves orgonasípoknál, s mind azon fúvó hangszereknél, mellyeknek nyelvök van, ha egy már hintázó test hat a síp levegőjére. Így megszólamlík az orgona-síp, ha nyelve elébe egy hintázó hangvillát tartunk.

Akarmi módon hozott a síp levegője hintázatba: arra, hogy zengjen, mulhatlanul megkivántatik az, hogy a hintázó lég a síp végénél visszahajtatván, olly álló hintázat származzék, minőt már fölebb a szilárd s csepegős testeknél láttunk. Ha a síp vége valami fedővel be van zárva: a lég hullámok visszahajtását képzelni könnyű; de másként van a dolog, ha a síp vége nyitott. Illy esetben is szól a síp: és így a lég hullámnak vissza kell hajtania. Fölvilágosítást nyerünk e tárgyban, ha *Sawart* után illy nyitott síp kísérletet teszünk. T. i. vékony hártya-levelkét téven e síp legébe, tapasztaljuk, hogy az egy bizonyos helyen megáll, nevezetesen a síp közepén; ellenben nyitott végén a mondott hártya elöketik, annak világos jeléül, hogy középen hangesomó, a végén pedig vagy hullámhegy, vagy hullámvölgy (= sűrűdött vagy ritkult lég) van. Tehát a végén vagy sűrűbb vagy ritkább lég van a külső levegőnél; miből következik, hogy itt a lég hullám különböző tömörségű légre érven, visszaveretik. A kísérlet ez eredményéből könnyen kivethetjük azt is, hogy a különben egyenlő körülmények mellett a fedetlen síp egy nyolccaddal ad magasabb hangot

mint a fedett; ha ugyan láttuk, hogy a fedetlen sípban középen hangcsomó van, a fedettben pedig nincs, és így amaz ugyanannyi idő alatt két anynyit hintáz mint ez. Megjegyezzük azonban, hogy a síp levegőjének az előadott módtoni hintázata csak egy és legegyszerűbb eset. Ha ugyanezen sípok erősebben fúvatnak: magasabb zöngét adnak, mert az erősebb fúvás által a síp levegője úgy szólva rövidebb hullámokká oszlani kényszerítettet.

J. Ha a sípnek csak egy része van fedve: akkor zöngéje magasabb, mint ha egészen fedett, és mélyebb, mint ha egészen nyitott az. Innen lehet a kürtösök azon fogását kimagyarázni, hogy kezeiket a hangszer tölsérébe különbözőképp dugják, úgy t. i. hogy a síp végét most kisebb majd nagyobb mértékben zárják be.

190. Ha oly sípokat vészsz, mellyek legalább 6-szor oly hosszúk, mint a milly szélesek, jelesen oly kettővel tézsz kísérletet, mellyek közül egyik 2', másik 1' hosszú: észreveend, hogy amaz egy nyolcaddal ad mélyebb zöngét mint ez. Mondhatod tehát, hogy *minél hosszabb a síp, annál mélyebb zöngét ad.* Azon hangszerekben (péld. furulya, fuvolya), mellyeknek oldalnyílásaik vannak, a hintázó légoszlop hosszát azoknak bezárása vagy kinyitása által változtathatni, s így a zöngét mélyebbé vagy magasabbá tehetni. A fuvolya e szerint legmélyebben szól akkor, ha minden oldalnyílását befogtad, s legmagasabban, ha legfőlső nyílását is szabadon hagyván, a hintázó légoszlopot legrövidebbé tetted. Ezért több sípneknek toldó csöveik vannak, mellyeket a sípolók, ha mélyebb zöngét kell adniok, sípjaira csavarnak, hogy így a hintázó légoszlopot hosszabbá tegyék. Ezért a trombitások kisebb nagyobb mélységre dugják be kezeiket trombitáik végein, hogy mélyebb vagy magasabb zöngét adhassanak.

191. Ha oly sípokat vészsz, mellyek szélességökhöz képest igen rövidek, péld. nem sokkal hosszabbak mint a milly szélesek: tapasztalod, hogy *zöngéik a fuvás módjától, a fuvó lik nagyságától, s a síp falának rugalmasságától* nagy mértékben függenek. Ha veszed azon vadász sípot, mellyel az erdőszök a különbözőféle állatok hangjait utánozzák (4''' hosszú, 8—9''' átméretű csőből áll e hangszer, melly csőnek két vége vékony síklevéllel van bezárva, s mindegyik levél mintegy 2'''-nyi átméretű likkal ellátva): a szerint, a mint kisebb nagyobb erővel fúvsz bele, 14—15 hangot, tehát két nyolcaddal adhatsz vele. Ha fuvó lika nagyobb mint mondtuk: akkor legalsó hangja mélyebb leend, de a rajta adható zöngék száma nem változik.

Sawart négyszög rámákat papirossal vagy pergamennel bevonván, s 6 illy négyszögből egy köb-alakú sípot csinálván, tapasztalta, hogy ha e papiros- vagy pergamenlevelek igen erősen feszülve voltak, oly magas zöngét adának, mint ha az egész síp szilárd anyagból lett volna. Majd a leveleket vízzel megnedvesítvén s így feszültségöket lejobb szállítván, látta, hogy a mondott köb-alakú sípok mélyebb zöngét adnak, jelesen annál mélyebbet, minél kisebb a levelek feszültsége. Így két nyolcaddal mélyebbé lehet e sípok zöngéjét tenni. A levelekre fövenyt hintvén, nevezetesen a

függőleg állókra nedves fővenyet (azért, hogy ez rajtuk megmaradhasson) tevén: kör vagy körönyalaku csomóvonalokat vehetni észre, miből e leveleknek a síp legéveli együtt hintázása egyenesen következik. Mondhatjuk e szerint, hogy *a rövid sípok zöngemagassága az oldalfalak rugalmasságától is függ.*

192. Tudja minden zenész, hogy ha húros hangszer valami síppal, péld. fuvolyával hideg levegőben tökéletesen egybe hangoltatott: meleg szobában, tehát ha a hideg helyett meleg lég jött a sípba, már a két hangszer nem illik együve, jelesen a síp zöngéje emelkedett. Miután a meleg lég ritkább, s rugalmasabb a hideg légnél: természetes e tüneménynek azon magyarázata, hogy a magasabb zöngét a nagyobb rugalmasság okozta. E nyomon, ha ugyanazon sípot először csupa élennyel, aztán csupa vizennyel fúvod: tapasztalod, hogy az első esetben a síp zöngéje szinte két nyolcaddal mélyebb lesz mint az utolsóban. A vizeny tömölttsége az élenyénél sokkal kisebb (168), tehát abban egyes részek társító ereje, tehát rugalmassága is sokkal nagyobb mint ebben. És így mondhatjuk, hogy *a síp zöngemagassága függ azon gáznak, mellyel fúvatik, tömöltségétől is.*

193. Végezetül legyen itt egypár szó néhány közönségesen ismeretes sípnemről:

a) *Közönséges síp* (fűzfa síp). Ezt mutatja a 155 kép; *gf* hengeralakú cső, mellyen *a*-nál bevágás van, s e bevágás *b* felé folytatva; *a* és *e* közt a cső valami dugasz segítségével annyira megszűkül, hogy *acde* csatorna származik. Már most ha *ed*-nél e csőbe fúvsz: *b*-hez egy keskeny légfolyam ütközik, egyszersmind megszegetik, úgy hogy a légfolyam egy része *bf* csőbe jut, s itt a zöngétet támasztja. Vége lehet fedett vagy nyitott.

b) *Közönséges orgonasíp* vagy *fuvolyasíp* mutatja a 156 kép, mellyben *abcd* henger vagy hasáb-alaku cső, melly *ab*-nél lehet fedett vagy fődetlen; ennek végén *c*-nél van egy nyílás, egy bevágat, melly formájánál fogva felső és alsó ajakat képez. Ezen alul van *cdl* lábja a sípnek, melly belül üres, *l*-nél nyitott, *dc*-nél pedig csaknem egészen bezárt. E lábánál fogva van a síp az orgona szálladájára alkalmazva, mellyből az *l*-nél befűt s *c*-nél kisuhanat levegő a síp levegőjét hintázatba hozza s így szólásra bírja.

c) Némely sípnek, péld. a klarinétnak *nyelvsípa* van. Ez már maga képes zöngeni, s áll kerek fa- vagy érc-csőből, melly *ab*-nél nyitott, *f*-nél pedig fedett. E csőből hosszában egy vékony szalagnyi rész ki van vágva, s erre egész hosszában vékony rugalmas levelke, péld. bőrből van feszítve, még pedig *cd*-ig erősen, ezen alul pedig *ef*-ig szabadon áll, s akkora, hogy a nyílást épen befedi. E nyelvcsípót *ef*-nél szádba vevén, s itt megfűván, a rugalmas bőrszelet, mellyet *nyelvenek* neveznek, sebes rezgésbe jön, s így a sípbani levegőt megzendíti. Minél rövidebb a nyelv szabadon álló része: annál magasabb zöngét adand a nyelvcsíp. — Az így elkészült nyelvcsíp egy dugaszforma tömött hengeren keresztül dugatván, e henger olly csőbe, mellyet épen légzárólag elfog-

lal, beleillesztetik; e cső egyik vége kúpalku s nyitott, mert ez fogatik a szájba, másik vége, mely a nyelvcsipet magában tartó hengertől különbféle távolságra lehet, szinte nyitott. E sip külső lapjára egy horgas drót van alkalmazva, mely belülről a nyelvvel van összeköttetésben, s ezt a szerint a mint kívántatik hosszabb-bá vagy rövidebbé, s így a sipot mélyebb vagy magasabb zöngén szólóvá teszi. Illy szerkezete van a *nyelves orgonasipnak* is.

1 J. Minél hosszabb a nyelvcsiphez kötött cső: a sip zöngéje annál mélyebb. A nyelv hintázata épen azon törvény szerint megy végbe, mely szerint a rugalmas rúdé, tehát hintázatszáma egyenlő vastagság mellett a hosszúság négyszögével viszás arányt képez.

2 J. A *doromb* egy néma a nyelvcsipoknak. Ebben az acélnyelv hintázata hozza a szájbani levegőt, mely a nyelv által kisebb nagyobb térimejűvé tétethetik, s így különböző magasságu zöngéket okozhat. A doromb nyelve ugyan magában igen mély hangot ad: hanem *Wheatstone* szerint zengő hintázata ejtethetik egy légoszlop a nélkül, hogy a nyelv egy hintázata addig tartson, mint a légoszlopé, ez utóbbié ugyanazon idő alatt néhányszor többet hintázhat. Végre jegyezzük meg, hogy mivel a dorombzás alatt azon közegyenes két rúd, mely közé van a nyelv zárva, erősen a fogakhoz illesztetik, így hihetőleg nem csupán a száj lege, de ezek is hintázatba ejtettek.

3 J. Sokan a *trombitát* a fuvolyasipok közé számítják: de hihetőbb az, hogy az nyelvcsip. Ugyanis a trombita fuvókája kúpformán van kivájva, s alább folyvást szűkül; ennek párkányára illesztetnek az ajakak, melyeknek különböző mértékbeni összenyomásától függ a zöngé magassága; e szerint az ajakak viszik a *sipnyelv* szerepét. Minden sipra általában megjegyezhető, hogy a sip csövének görbesége a zöngén semmit nem változtat: és így az igen hosszú sipokat célszerű több karikákban görbíteni, hogy könnyebben kezelhetők legyenek. Végre mivel sipokban, lég a hangzó test: mindegy akárhol érinted azokat kezeiddel.

d) A sipok közé tartozik az *ember hangműve is*, melynek részei e következők: *gögfefj, torok s száj*. A tüdő fútató, a légső pedig szélcesatorna gyanánt van. A *gögfefj* nem egyéb mint a légső felső részének porcogókból s bőrből képzett tágulata, melynek felső nyílására úgy van két egyenlő *bőrszelet* (*hangszalagoknak* hivatnak) alkalmazva, hogy a légsőn csak igen keskeny nyílást = *hanghízakot* hagyjanak. A hangszalagok feszíthetők levén, e szerint a hanghízakot is tetszés szerint változtathatni. Ha csendesen megy a levegő a tüdőből a tágan kinyílt hanghízakon: hang nem származik; de ha erővel taszítatik az ki, rendetlen hang (köhögéskor) lesz hallható; ha pedig előbb a hanghízak megszükitetvén, a lég ezen sebesen hajtatik ki: ekkor rendes hang származik. Bár ez emberi hangmú térfogata igen kicsiny: mégis sok zöngét képes az adni, mivel alsó részének rugalmas falai különböző feszültséget vehetnek föl, s mivel a száznak kisebb vagy nagyobb kinyitása által a légoszlop nagyságán szembetűnőleg változtathatni; végre, mivel az ajakak segítségével az egész hangszert most bezárni majd kinyitni lehet, következőleg hatása olyan mint fedett majd fődetlen sipé. A torok boltozatja, a nyelv különböző hajthatása, kivált pedig a hintázó légben szabadon függő hangszalagok okozzák az emberi hang különböző módosításait, mi mint a hang minőségi oldala leírhatatlan, hanem egy embert mástól olly világosan megkülönböztet.

1 J. Emberi zöngé ritkán terjed 3 nyolcadnál tovább (*Catalinié* $3\frac{1}{2}$ nyolcad). A férfié az aszszony és gyermekzöngénél mélyebb, mivel a férfi-hangszalagai hosszabbak. A legmélyebb férfizöngé (ha C, 8 lábos orgonásip legmélyebb hangja) G-től f-ig, a legmagasb nő-zöngé d-től h-ig terjednek.

2 J. Az állatok hangműve nem egyenlő. Sajátképeni hangja csak tüdővel ellátott állatnak van, tehát az emlősöknek, madaraknak és kétéltűeknek. Az emlősök és kétéltűek hangműve általán véve az emberével egy, azonban egyes részek méretei s alkatásai különbözök. A madarak hangművének alkatása más: mert a hangszalagok s hanghizak mindjárt ott vannak, a hol a légsző a tüdőből kijön, légszővük pedig sokkal hosszabb és terjedékenyebb, mint kevés kivétellel az emlősöké.

2. Fejezet. Hang terjedése.

194. A hozzánk közel támadó hangokon nem vesszük ugyan észre, hogy azoknak levegőben terjedésére idő kell: hanem ha péld. csak 500'-nyi távolságra is karókat látunk leveretni; az ilyenkor származott hang egy kis elkésését észrevehetjük, s így kétségtelen előttünk, hogy a hang terjedésére idő kívánatik. Menynyi utat végez a hang 1'' alatt, vagy is a hang sebességét kielégítő szabatosággal határozták meg *Moll* és *Beek* tanárok 1823-ban. Egy pontosan kimért távolságnak mind két végén egy egy álgút sütöttek el, ezek föllobbanásának látásától (fölvevén, hogy a fény a föllobbanás helyétől a kimért távolság másik végére egy pillanat alatt jutott, mit akkora távolságra hiba nélkül tehettek, lásd 17. IJ.) az adott moraj hallásáig lefolyt időt (harmadperceket mutató órákat használván), mind két helyen följegyezték. A kimért távolságot a följegyzett idővel elosztván, egyébiránt a lég nedvességét s melegét is számba vevén (f. I.) kijött a hang sebessége, 1022,5 pár. láb = 1050,7 bécsi láb (lásd b), azaz, a hang 1'' alatt száraz és 0°-ú meleg levegőben enynyi utat végez el. E célra ugyan, úgy látszik, elég volna egy álgút is, ha ezt a kimért távolság egyik végére állítván, ennek másik végére egy a föllobbanásra s az ezt követő moralyra figyelmező vizsgáló állna: hanem a nevezett tanárok azon előföltétből indulván ki, hogy a szél, melly kisebb nagyobb mértékben mindig van a levegőben, gátlólag vagy siettetőleg hathat a hangra, két álgút vettek, s így egyszerre két eredményt nyertek, mellyek közül ha egyik kisebb mint a másik, ezt az egy irányban hátráló, az ezzel ellenkezőben pedig siettető szélnek kell tulajdonítani, s így a hang való sebességének kitudására e két eredmény közép értékét kell venni. Jegyezzük meg, hogy R. fele hévmérő minden fokára mintegy $2\frac{1}{2}$ '-t kell a sebességhez adni, ha a hangot terjesztő levegő melegsége 0°-n fölül áll.

1 J. A hang magassága vagy mélysége annak terjedési sebességére semmit nem tesz: innen van, hogy egy zenemű zöngéi, közelről vagy távolról hallatva, mind két esetben ugyanazon rendben hallatszanak. Viszszahajtott hang sebessége is ép akkora mint az eredetié.

2 J. *Delaroché* és *Dunal* kísérletei szerint a hang irányában fuvó szél azt nem siettet (195. G): e szerint *Moll* és *Beek* főlebb mondott előföltét nem való.

3 J. A hang sebességéből kiindulva kiszámíthatni x_4), bizonyos hosszúságú sípnak (ha levegője egyszerűen = csomók nélküli hintáz) milly hintázatszám felel meg, s a legmélyebb zöngé hányat hintáz $1''$ alatt. Az eredmény im ez: $32'$ -os nyitott orgonasíp adja a \underline{c} (subcontra C) zöngét, s $1''$ alatt 32 -t hintáz; ugyan ollyan $16'$ -nyi hosszúsú sip \underline{c} -t (contra C-t), 64 -t hintázva; $8'$ hosszúsú szintolly sip a C-t (nagy C-t), hintázva 128 -t; így a $4'$ -os sip c, (hintázatszám = 256), $2'$ -os sip \underline{c} (hintázatszám = 512), $1'$ -os sip $\underline{\underline{c}}$ (hintázatszám = 1024), $\frac{1}{2}'$ -os $\underline{\underline{\underline{c}}}$ (hintázatszám = 2048) stb. zöngéket adják. Ha így a nyolcadok alapzöngéinek (c-knek) viszonytalan hintázatszámait tudjuk: azon viszonzyszámok szerint, melyeket főlebb (184) előadánk, minden egyes zöngé viszonytalan hintázatszámát kitudhatjuk. Így péld. g hintázatszám = $256 \times \frac{3}{2} = 384$, \bar{a} hintázatszám = $512 \times \frac{3}{3} = 853\frac{1}{3}$ stb. Rendesen \bar{a} azon zöngé, melyet a hangvillák adnak; a különböző hangszerek tehát ahöz hangoltatnak.

195. Nem csak légnemű, de csepegős testek is terjesztik a hanghullámokat, még pedig mint ez *Colladon* és *Sturm* szabatos kísérleteiből kitetszik, a légneműeknél sebesebben. A gení tóban tett kísérlet szerint $1''$ alatt $4417,6'$ -nyira terjedt a hang. — Ha alkalmas hosszú rúd, henger vagy sodrony egyik végét kis kalapáccsal megütöd, vagy valami szeggel gyöngén horzsolod, másik végéhez pedig füledet illeszted: az ütés vagy horzsolás által származott hangot tisztán meghallod; midőn, ha füledet a mondott helyről elvevén a léghen próbálad a hangot észrevenni, ezt épen nem veszed észre. És így szilárd testek még a víznél is sebesebben terjesztik a hangot, jelesen *Chladni* kísérlete szerint az ón $7\frac{1}{2}$, réz 12 , vas 17 , üveg 17 , különböző fák 11 — 17 -szer sebesebben mint a lég.

J. Szilárd testek hangterjedése elmésen van alkalmazva az úgy nevezett *stethoscopban*, mely a test belüregi péld. mellnyavalyáinak külsőkép észrevehetőjére szolgál. Egy láb hosszúsú s mintegy $1''$ vastag henger az, kemény fából, melynek egyik vége a beteges helyre, másik pedig az orvos füléhez illesztetik. Az ekkor hallható hang sajátágából, s egy egészséges mell hangjától eltávozásából következés húzatik a mell nyavalyájára.

196. Főlebbről (160. 6) tudjuk, hogy szilárd falra ütköző hullámok visszahajtatnak, még pedig azon törvény szerint, hogy az esetszög a visszahajtás-szöggel egyenlő. Miután láttuk, hogy a hang lényege valami rugalmas testnek bizonyos sebességű hullám-

x_4) Képzeljünk egy 1024 pár. láb hosszúsú fedett orgonasípot: ekkor miután egy hullám, hegyből s völgyből áll, fölvevén, hogy e sip levegője csomók nélküli hintáz, addig, míg a hullám a sip elejéről annak végeig ér, $1''$ múlik el, tehát $1''$ alatt a mondott sip $\frac{1}{2}$ -t hintáz. Ha $512'$ hosszúsú sípot veszünk, s ennek levegőjét mindig egyszerűen hintázni képzeljük: ebben $1''$ alatt a levegő épen 1 -t hintáz, azaz, $1''$ alatt a hullám a sip elejéről végére, s innen ismét elejére visszaérkezik. Ebből következik, hogy $\frac{1}{2}'$ hosszúsú sip $1''$ alatt 1024 , $1'$ hosszúsú sip 512 , $2'$ hosszúsú 256 stb. hintázatokot teend. Általában véve tehát ha a fedett sip hosszúsát l -nek nevezzük, abban a lég $1''$ alatt $\frac{512}{l}$

hintázatot tesz. Ha péld. $l = 16'$: akkor $\frac{512}{16} = 32$, azaz, $16'$ os fedett orgonasíp $1''$ alatt 32 -t hintáz, s az így adott zöngé az általunk hallottak közül legmélyebb (Subcontra C). Tudjuk (189), hogy egy fedett sípall egyenlő hosszúságú nyitott, ugyanazon idő alatt kétanynyit hintáz: következőleg $32'$ hosszúsú nyitott sip adandja azon zöngét, melyet $16'$ -os fedett sip adott, más szóval $32'$ hosszúsú nyitott sípnak 32 -t hintáz a lég, $16'$ -osban 64 -t, $8'$ -osban 128 -t, $4'$ -osban 1024 -t stb. $1''$ alatt.

zásában áll: természetesen következtetnünk kell, hogy a hang szilárd falra érvén, ettől visszahajtatik y_k). Innen van, hogy azon hang, mely a szabadban gyöngé, szobában elég erősen hallatszik: mert a szoba terét bekerítő szilárd testektől visszahajtott hanghullámok (minthogy illy kis távolságra lehetetlen a sebesen terjedő eredeti és visszahajtott hanghullámok közti különbséget észrevenni) az eredetiekkel egybe jöven, ezeket megerősítik. Nagy teremben vagy templomban, mint a hol a hangot visszahajtó fal távolabb van, az eredeti és visszahajtott hang közti különbséget észrevehetni, s illy esetben a visszahajtott hangot *utóhangnak* nevezük. Végre ha a hangot visszahajtó fal távolsága olly nagy, hogy a visszahajtott hang csak akkor érkezik a fülbe vissza, mikor már ez egy másik hang elfogadására is tökéletesen fogékony: a hang kettősen hallatszik, s ez az a mit *viszhangnak* (echo) nevezünk. Minthogy tapasztalat szerint az emberi fül 1'' alatt 9 hangot képes tisztán felfogni, s egymástól jól megkülönböztetni, tehát $\frac{1}{9}$ percben csak 1-t: bizonyos, hogy ha az eredeti hang után ennek visszahajtott hangja hamarabb fülünkbe jön, mint $\frac{1}{9}$ '' , akkor legfőlebb utóhang hallatszik; ha pedig épen $\frac{1}{9}$ perc folyt le e két hangnak fülünkbe érkezése között: akkor az egy hangot egymástól teljesen elválasztva kétszer hallom. Ez $\frac{1}{9}$ perc alatt kell tehát a hangnak a hang forrásától péld. szájból a hangot visszahajtó falig s innen ismét a hangot hallóig visszajöni; következésképp a visszahajtó fal felényi távolságra tartozik lenni, mint a menyinyit halad a hang $\frac{1}{9}$ mperc alatt, más szóval anynyira, a menyinyit a hang $\frac{1}{18}$ mperc alatt elvégez. Már ha a hang 1'' alatt 1050 $\frac{1}{18}$ -t halad: akkor $\frac{1}{18}$ '' alatt 58,3'-nyi útát ($1050 \frac{1}{18} = 58,3$) végez. Ha a hangot visszahajtó fal 2-szer 58,3 = 116,6' távolságra van: akkor két hang hallatszik viszhang formában, vagy: a viszhang két szótagos; következésképp 174,9'-ra három szótagos stb.

y_4) Alább a fénytánban szó lesz a homoru vagyis ollyan tükrökről, melyeknek kisímitott felszine kerekded, péld. egy belül üres gömbnek születét képezi. E tükröknek az a sajátysága, hogy a naphól jövő s közegyeneseznek vehető sugárokat egy pontban össszegyűjti. Illy tükrör péld. (158 kép) *aob*, mellynek görbületének központja *k*. Ha fölveszszük, hogy *lp*, *ng*, *ho*, *mx*, *zy* közegyenes sugárok a naphól jönnek, *s* *p*, *g*, *o*, *x*, *y* esetpontokra (53) az illető eset-függelyeket *hp*, *kg* stb. meghúzzuk; végre előlegesen fölveszszük, hogy a fényre nézve is áll a rugalmas testeket illető azon törvény, hogy $i = r$ (53): akkor a tükrör által visszahajtott sugárokat e törvény szerint meghúván, kiviláglik, hogy ezek *t* pontban össszesejőnek. E pontot, mellyen anynyi sugár össszesejővén, nagyobb fény *s* így nagyobb meleg is támasztatik, *tűzpontnak* nevezik. Imént (194) látók, hogy a hang a rugalmas testek törvényei szerint hajtatik vissza. Ha tehát a mondott képben *lp*, *ng* stb. fény-sugárok helyett hangsugárokat (180) képzelünk: ezek *t* pontba hajtának összsze. Ha pedig képzeljük, hogy valaki *e* *t* pontba tevén száját, a tükrör felé fordulva beszél: az így támasztott hangsugárok *tp*, *ty*, *to* stb. *u*, *gn* irányban hajtának vissza; *s* ha most *aob* tükrörrel szemközt egy más homoru tükrör *ehd* képzelés: természetesen ez utóbbi által is e hangsugárok egy pontban jelesen *f*-ben gyűjtenek összsze. Ha a *t*-beni száj olly lassan susog, hogy *k*-ben, *r*-ben, *v*-ben levők semmi hangot nem hallanak: az *f*-ben levő, ha ide

J. Tapasztalás bizonyítja, hogy nemcsak szillárd, hanem csepegős és lég-nemű testek is, legalább részben, visszahajítják a hangot; ha ez egy közegből másba, péld. levegőből vízbe, vagy levegőből felhőbe, vagy tömöttebb légből ritkább légerületre stb. és megfordítva ütközik. Hangot illető kísérletek alkal-mával Franciaországban észrevették, hogy álgyu hangja tiszta ég alatt egyszerűen, ha pedig csak kevésbé volt is az ég beborulva, mennydörgés formán hallatszott. — Hogy néha kisebb távolságra is sok szótagú viszhang hallatszik (Ebell írja, hogy ő a hangot visszahajtó faltól 600'-nyira 27 szótagú viszhangot hallott): bizonyosan onnan van, hogy a viszhang a többszöri visszahajítás után, és így hosszabb útat menve jut a fülbe. — Ha több visszahajított fal van, melyek közül egyik egy, másik két vagy három szótagú viszhangot támaszt: ekkor kettős vagy hármass viszhang származik. — Hogy a viszhang néha az egyenes hangnál erősebb: bizonyosan onnan van, hogy több visszahajított hanghullámok egy pontban egyesülnek; sokszor a visszahajított fal is alkalmas a hang megerősítésére. — Vannak, már régi időtől fogva nevezetes viszhangok. Crassus neje Metella sirjánál viszhang Aeneis első sorát 8-szor ismételte, más Coblenzhez közel egy szótagot 17-szer ismételt; másik Maltlandtól nem messze 56-szor ismételt egy szótagot; a tihanyi viszhang 17 szótagot ad viszsza.

197. A hangnak a mint a levegőben szabadon terjed, folyvást gyengülni kell (159), haugyan azon ütésnek, mely a hang forrásánál csak az ezt környező kis légtömeget hozta rezgésbe, a szerint a mint e rezgés tovább terjed, mindig nagyobb légtömeget kell mozgásba hoznia. Elméleti okoknál fogva mondhatjuk, hogy a hang erőssége, a hang forrásától távolság négyszögével viszás arányt képez, azaz, ha péld. *A* a hangforrástól egy ölnyire van, *B* két ölnyire: akkor *A*-nak négyszer erősebb lesz a hang mint *B*-nek \approx_4).

A hallónak a hangforrástól távolságán kívül függ még a hang erőssége e következő okoktól:

1) *Minél tömöttebb a lég: annál erősb a hang; ezért gyengébb ez ritka légben, magas hegyeken, vagy légszivatyu harangja alatt, hideg időben pedig erősebb.*

2) *Ha a hangot terjesztő közeg idoma olyan, hogy a származott hanghullámok elterülését meg nem engedi: erősebb a hang. Ez oka, hogy egy hangzó testre, péld. szóló zongora dobjára tartott pálcán keresztül erősebb a hang mint levegőn keresztül. Ebből ért-*

egy hallót képzelünk, tisztán megértend mindent. — Két homoru tükrrel tehát a hang visszahajtatását kétségtelenül bebizonyíthatni. Illy tükrök szolgálatát sokszor csupa homoru boltozatok, öblös üregek kipótolják. Dyonis úgy nevezett füle ilyen volt a syracusi kőbányákban.

\approx_4) A hangnak a légben bizonyos irányban terjedését úgy vehetjük, mint péld. egy kádban a víz hullámozását, ha e víz felszínének központján a már fölebb előadott módon hullám támasztatott, tehát úgy, hogy a hangforrástól távolság szerint folyvást nagyobb nagyobb körlapokon levő légrészek hozatnak mozgásba. Ha *a* (128 kép) a hangzás központja, *cd* az első hullám hegynek, *ef* a másodiknak kérélyát képezi, melyek közül tegyük föl, hogy az első $1'$, a második $2'$ távolságra van *a*-tól: mondhatjuk, hogy *ka* az első körlap, *ab* pedig a második körlap félátmérjeje. Úgy de a körlapok úgy vannak egymáshoz, mint félátmérők négyszögei. Tehát a mondott példában az első körlap úgy van a másodikhoz, mint 1 a 4 hez; következőleg a második körlapban 4 anynyi pontot kellett ugyanazon erőnek megmozgatnia, hatása tehát csak negyedrésznyi lehet itt mint amott.

jük meg, miért oly erős a hang közlöhengeren keresztül. A *közlő henger* nem egyéb, mint egy tetszés szerint hosszu cső, mellynek egyik végén támasztott hanghullámok a cső fala miatt ki nem kerülhetnek.

3) *Egynemű közegen keresztül terjedő hang erősebb*: mert valahányszor a hang egy közegből másba megy által, mindanynyszor egy része visszahajtatik. Innen van, hogy két deszkán keresztül jött hang gyengébb, mint egy, de két olyan szélesen keresztül jött; gyapju, fűrészpör, könyvek s minden oly testek, mellyeknek részecskéi levegővel szagztatják, gyengítik a hangot; ezért oly gyenge a két ablakon keresztül jött hang.

4) *A hangforrást környező szűk és csepegős testek*, ha a hangsugárnak bizonyos irányban szabad út engedtetik, *visszahajtó hatásaiknál fogva erősítik a hangot*. E célra valók a hangfedők egyházakban, vagy általában szószékek fölött, színházakban egyes helyeknek függönyökkel beaggatása; így érthetni a *Morland* által 1670-ben föltalált *szócsőt*, mi nem egyéb, mint egy kúpalakú belül üres edény, mellynek szűkebb nyílásán gerjesztett hanghullámok a cső falai által visszahajtatván, még ezeknek elhagyása után is nagyobb távolságra megtartják erősségüket. Tapasztalás szerint 18—24' hosszu szócsőn keresztül férfihang 18000'-ra hallható. A *hallcső* nem egyéb, mint a szócsőnek megfordítása, tehát oly tölcseralakú edény, mellyben a tágabb nyíláson beható hanghullámok a sokszoros visszahajtás által szinte megsűrűdnek, úgy, hogy ki e készítmény szűkebb nyílását füléhez tartja, a tág nyíláson támasztott susogást is oly jól hallja, mint ha valaki épen fülébe szólt volna. Így kell érteni a hangot adó vagy halló *török főket* is, mellyeknek szája egy halleső tág nyílását képezi, mellyből megy aztán egy mindig szűkülő cső a mellékszobába rejtőzött s minden a töröklőhöz intézett kérdést meghalló, s erre jósoló emberhez. Így történi, hogy eső előtti órákban a harangok hangja erősebb: mint-hogy ilyenkor a légben különböző hőterületek levén, az alatt származott hang minden terület által visszahajtatik, s így nagyobbodik.

5) *Éjjel erősb a hang mint nappal*. Ennek több okai lehetnek: éjjel a fül érzékenyebb, mert más zörely által nem ingereltetik; s mert a szem többnyire nyugalomban van; a lég egyneműbb (lásd a 3. pontot). Innen van, hogy Niagara zuhatagát éjjel I mérfölddel meszszebbre hallhatni, mint nappal.

6) *A szélnek a hang erősségére hatása nevezetes*. Míg a hallott hang a hangforrástól 20'-nál tovább nincs: addig a szélnek annak erősségére semmi befolyása. Nagyobb távolságra, ha a szél a hang irányával szemközt fú: ennek terjedése igen akadályoztatik; de ha mind kettő egy irányú, e terjedés nem mozdítatik elő: mivel, csendes időben, vagy ha a szél függőleg fútt a hang irányára, ez távolabb hallatszott, mint mikor a kettő iránya egybeesett. Ez *Delaroché* és *Dunal* kísérleteinek eredménye.

1. J. Nem csak a hangot terjesztő közegtől, hanem magától a *hangzó testtől* is függ a hang erőssége. Így: *minél több rész hintáz egyszerre: annál e-*

rösb a hang. Hoszszu ostor nagyobbat pattan, mint rövid, álgyu mint puska; vastagabb hurok hangja erősb; zongoráinkon ezért van 3—4 húr húzva egy kalapács fölé; ezért tekernek vékony rézsodronyt selyemre vagy bélhúrra; ezért nagy az orgona hangja, ha minden változatai kihúzottak. Továbbá: *minél nagyobb kiugrással hintáznak a részek: annál erősb a hang.* A vonókat gyanútával kenik, hogy így a zsurlodás nagyobbodása által nagyobb kiugrás esz-közöltessék, mit hárfán s gitáron közvetlenül tehetni.

2. J. Irják, hogy sz. vincenti (Antillákon) tűzhányáskor 75 mérföldre, az antwerpi álgyúzászkor pedig 80 mérföldre hallatszottak a kilövetek. Az orosz kürt-zene 1 mérföldre, puskalövet 8000 lépésre, csendes éjjel egy zászlóalj gyalog katonaság menése 1400', lépve menő lovasosztályé 1800, vágatóé pedig 2600'-ra, erős férfi hang szabad s szokott melegű légben 800'-ra hallik el.

3. Fejezet. Hang felfogása.

198. A hallható benyomatok felfogására rendelt életmű a *fül*, mit külsőre s belsőre szokás osztani. A külső részei ezek: *fülcsiga, halljárat*; a belsőé pedig ezek: *dobhártya, dobüreg, tömkeleg, hallideg.* A *fülcsiga* egy porcogós forma nyujtvány, mellynek több ki s beálló tekervényei vannak, s mellyek egész a halljáratig terjedvék. Ezen *halljárat* először egy porcogós, azután csontcsatorna, mellyet a *dobhártya* zár be. E mögött kezdődik a *dobüreg*, miben vannak már a *hallesontocskák*, t. i. a *kalapács*, az *ülő*, a *kengyel*, s az úgy nevezett *Sylvius kerek csontocskája*. A *kalapács* mint valami szögletes rúd két félre oszlik, mellyek közül egyik végével a *dobhártyához* nőtt, másikkal pedig az *ülőre* dült. Az *ülő* egyik vége *Sylvius csontocskája* által a *kengyelhez* van kötve, úgy hogy minden csontocskák szinte egy rúdrendszert képeznek, s a mozoghatás végett saját izmokkal ellátvák. A *dobüreg* az úgy nevezett *körkörös és kerek lik* által van a *tömkeleggel* egyesülve. Amazt a *kengyel* véglapja zárja be, emerre pedig egy *hártya* van kifeszítve, melly *második dobhártyának* is nevezetik. Van a *dobüregnek* közlekedése a *szájüreggel* is, az úgy nevezett *Eustach* kürtje által; s innen van, hogy annak *levegőjének* a külső levegővel egyenlő feszültségben kell lenni. A *tömkeleg részei* e következők: *körkörös likkal ellátott cinterem, három félkörforma csatorna*, s a *csiga*, mellynek $2\frac{1}{2}$ tekeredése van, s ennek belseje ideganyaggal van ellátva; egyébiránt az egész *tömkeleg víznedvvel* teljes.

J. Ez életmű által a hallás leghihetőbben így történik. A *fülcsiga* fölveszi a hanghullámokat, s ezeket (mint a *hallesőben*) mintegy összesűriti. A *halljárat* azután elvezeti a hanghullámokat a *dobhártyára*, azt mozgásba hozza, ez ismét a *kalapács* által a többi *hallesontokat*, úgy hogy innen ez a *körkörös lik* kon keresztül egész a *hallidegig* terjed. Egy a *kalapács*on álló izomnak az a rendeltetése, hogy a *dobhártyát* az igen erős benyomatok ellen ótalmazza. A *dobüregbeni* levegő, változatlan hőmérséklete által azt cselekszi, hogy minden részek azon egy rugalmasságukat megtartsák, s így a *fül* a már egyszer hallott hangokat újra megösmérje, ezen kívül mint *dob* ládájába zárt levegő, együtt is hangzik. — A hanghullámok irányzatától függ a hangzó test helyezetérfői itéletünk, mellynek e szerint mindannyiszor helytelenek kell lenni, valahányszor a hangságár egyenes irányzatától elhajtatik. Innen terdöben valami hang forrását kitalálni igen nehéz. — A hang magasságáról ité-

letünk az egymás után következő taszítások sebességétől függ, mellyeket az érzésnek magába kell venni s mintegy összekötni. Ha több ütés történik egyszerre: azoknak érzete annál kellemesebb lesz; minél kevesebb ütések után találkozik kettő vagy több össze, azaz, minél egyszerűbb viszonyban állnak hintázatszámuk. Így az *alapszöngye a nagy 3-dik, s az 5-dik*, minthogy hintázatszámuk úgy állnak egymáshoz, mint $4 : 5 : 6$ szép *öszhangot*, és így kellemes érzést okoznak.

Foglalat.

Bevezetés. 1) Tünetény, test, anyag, tömeg, térime. — 2) Törvény. 3) Természet, természeti tudományok, természettan. — 4) Tapasztalás, szemlélet, kísérlet. Gépek. — 5) Mértani oldal. — 6) Erő. — 7) Természettan története, a hajdan korban, közép korban, új korban.

Súlytan.

Első szakasz. Súlyos testekről általában.

1-ső Fejezet. Köztulajdonságok. 9) Köztulajdonságok. — 10) Áthatlanság. Parányiskolások, erőiskolások. — 11) Terjedtség. Mértékek, parányosztók. — 12) Hévmérő. — 13) Oszthatóság. — 14) Likacsosság. 15) Súly, nehézség. Fajsúly. — 16) Tehetlenség. — 17) Mozgékonyosság. Út, sebesség. — 18) Mozcás okai, egyszerű, összetett, egynemű, különmemű erők. Tömeg és sebesség hatása. Erők mértéke. Mozcás közlésére idő kell. Altalányos és viszonyos nyugvás és mozcás. — 19) Két erő hatása egy pontra, ha egy irányban, szemközt, és bizonyos szöglet alatt hatnak. Szögerőmű. Kiható. Erők egyenköze. Erők egyberakása, szétbontása. Két erőnek egy test két pontjára hatása.

2-dik Fejezet. Különbségek. *Első cikk. Külső különbségek.* 20) Szilárd: kemény, puha, hajlékony, rugalmas, nyújtható, törékeny testek. — 21) Hígak: csepegősök és terjengők; párák, gőzök, gázok. Szerkezeti állapot. — 22) Jegőc; alaptermet, benső külső termet. *Második cikk. Belső különbség.* 23) Bellemek, elemek, ércek, ércvények. Rokonság. — 24) Az elemek életművetlen egyesületei. — 25) A súlyos testek három szakasza s fejezete.

Második szakasz. Szilárd testek.

1-ső Fejezet. Szilárd álltan. *Első cikk. Külön testek közti súlyegyen.* 26) Súlypont, súlyvonal. — 27) Test nyugvásának föltételei. — 28) Testek erős és gyöuge állása. — 29) Súlypont meghatározása. — 30) Földi testek súlyának oka. — 31) Mozcany. — 32) Emelcső fogalma s nemei. — 33) Mértanos emelcsőbeni súlyegyen. — 34) Természeti emelcsőbeni súlyegyen. — 35) Két egyenlő karu emelcső. Mérleg. Álló inga. — 36) Két egyenlőtlen karu emelcső. Mázsa. Hengerkerék. Malmok. Óraművek. Kerékcsga. — 37) Egykaru emelcső. Mozcó csiga. Csigasorok. Karcsonok. — 38) Lejtő. — 39) Ék. — 40) Csavar. *Második cikk. Egy test részecskéi közti súlyegyen.* 41) Rugalmasság, egész,

részletes.—42) Rugalmasság kitudása.—43) Rugalmas mérleg. Regnier erőmérője. Coulomb sodormérlege.—44) Rugalmasság nevelése.—45) Általános erősség.—46) Viszonyos erősség.—47) Viszszaható erősség.—48) Tapadás.

II-ik Fejezet. Szilárd moztan. 49) Földi, égi mozgás. Pillanati s folytonos erő. 1. cikk. *Földi mozgás.* a) pillanati erő hatása.—50) Központi, közhagyó, egyenes, dült ütközet.—51) Rugalmatlan tömegek ütközetének törvénye.—52) Rugalmas testek ütközetének törvénye. Ütmozgony.—53) Központi dült ütközet. Tekejátzás.—54) Közhagyó ütközet. b) Folytonos erő hatása. 55) Egyforma és egyformán sebesező mozgás. Végsebesség.—Szabad esés.—56) Szabad esés tüneménye.—57) Szabad esés törvényei. Vízkalapács.—58) Atwood esmozgonya.—59) Lejtőn esés törvényei. Ingán esés. 60) Természeti, mértanos inga. Egyhíntázat. Egyformátlanul sebesező mozgás.—61) Inga törvényei.—62) Öszszetett inga. Percinga.—63) Ingák használata. c) Vegyes erők hatása. 64) Egyenemű s különemű erők hatásának eredménye.—65) Függélyes hajtás.—66) Vízirányo s hajtás.—67) Féltség hajtás. *Függelék. Moztás akadályai.*—69) Közeg ellentállása.—70) Zsurlódás.—71) Zsurlódás törvényei.—72) Zsurlódás meghatározása.—73) Kötél merevénysége.

2. cikk. *Égi moztás.* 74) Égrajz képzete s felosztása. **A. Látszó Égrajz.** *Általános észrevételek.* 75) Kelet, nyugot, delelés, göncölök.—76) Folyvást dél felé útazó tapasztalása a csillagos égen. Közegyenek körök, délkörök, látkör, fejpont, lábpont, magasság, délmeszsz.—77) Csillagzatok. Tejtűt. *Földet illető észrevételek.*—78) Földünk gömb.—79) Földünk nagysága. Behorpadtság.—80) Földrajzi szélesség s hosszúság. Ellenlakók. Ellenlábuk. Körüllakók.—81) Égi külle. *Napot illető észrevételek.*—82) Nappálya.—83) Napéjgyen. Fordulatpontok. Csillag elhajlása, derék emelkedése, szélessége, hossza. Hátrálás. Napév. Tekék látkörei. Gyakorlati feladatok.—84) Földövek. Két árnyuak, árnyatlanok, körárnyuak. Eghajlatok.—85) Eg gömb szabályszerű fölállítása. Derék, közegyenek, dült gömb. Gyakorlati föl adatok. *Holdat illető észrevételek.* 86) Hold csillagkerengése. Holdpálya. Csomók. Hold forgása.—87) Hold fényváltozatai. Aranyszám. Tele hold télen s nyáron, őszszel s tavaszszal.—88) Hónapok.—89) Holdfogyatkozás.—90) Napfogyatkozás.—*Bolygók körüli észrevételek.* 91) Bolygók.—92) Hölgy és hirnök.—93) Hős, menyinyúr, övönc, csillányok.—94) Üstökösök.—*Csillagokat illető észrevételek.* 95) Csillagok távolsága.—96) Csillagok nagysága.—97) Kettős csillagok. Csillagköd. Fényköd. Csodacsillagok. *Függelék.* 98) Tábla a naprendszer égi testeinek távolságára s nagyságára. **B. Való Égrajz.** α) *Föld forgása.* 99) Földforgás valószínűsége.—100) Egyenes bizonyok a földforgásra. Csillagnap. β) *Föld kerengése.*—101) Földkerengés valószínűsége.—102) Egyenes bizony e kerengésre.—103) Földnek évi pályáján egyenlőtlen sebessége. Időegyenlet.—104) Évszakaink magyarázata.—γ) *Bolygók moztása.* 105) Kőrörök.—106) Alsó és felső bolygók moztásának magyarázata.—107) Alsó bolygóknak naptól távolsága, fényváltozataik.—108) Felső bolygóknak naptól távolságai.—109) Kepler törvényei. **C. Természettani Égrajz.** α) *Általános nehezkesés.* 110) Központi erők.—111) Központhozí erő helye s hatása.—112) Röperő. Röpmozgonyok. Szabad tengely.—113) Háborgás. β) *Az égi testek tömege s tömötsége.* 114).—γ) *Az égi testek természettani tulajdonságai.* 115) Nap.—116) Hírnök.—117) Hölgy.—118) Föld.—119) Hadúr.—120) Egúr.—121) Övönc.—122) Végör.—123) Holdak. *Függelék. Naptári ősmerek.* 123) Nap-hónap, hold-hónap. Napév, holdév. Évpót.—124) Vasárnap-betű. Napkör.—125) Husvét kiszámítása.—126) Változó s állandó ünnepek.

III-ik Fejezet. Szilárdbullámntan. 127) Húrullámzás. Egyhíntázati idő. Híntázat sebessége. Haladó álló hullámok. Híntázat-csomók. Kereszt és hossz-híntázatok.—128) Rűdhullámzás.—129) Rugalmas levelek híntázata. Chladni hangképei.

Harmadik szakasz. Híg testekről.

1. Fejezet. Hígálltan. 130) Hígálltan képzete s felosztása. **1. cikk.** Csepegős test súlygyeene önmagával. 131) Csendes víz felszine. — 132) Vízrészek le föl s oldal felé nyomulása. — 133) Vízcepp a tömegben minden irányban egyenlően nyomatik. — 134) Nagyobb mélységre nagyobb a nyomás. — 135) Közlő edények. Vízszimmerés. — 136) Hígnak alra nyomása függ a fenek magasság s fajsúly nagyságától. Bramah sajtója. Boncemelő. Hígálltanos fuvó. Reál sajtója. — 137) Víz oldalra nyomása. **2. cikk.** Különfajú csepegősök súlygyeene egymás közt. 138) Egymással nem vegyülő hígak egymás fölé rendezkedése. Víziránylók. Tengervíz nem egynemű híg. **3. cikk.** Csepegősnek szilárd testtel súlygyeeneről. 139) Szilárd testeknek csepegősökbeni súlyvesztése. — 140) Szilárd test úszása vízben. — 141) Csepegős s szilárd testek fajsúlyának meghatározása. — 142) Sűrűmérték. — 143) Hajcsövesség.

2. Fejezet. Hígmoztan. 144) Felosztás. **1. cikk.** A víznek edényszájon kifolyása. 145) Híggal töltött edények két nyomást állnak ki. — 146) Toricelli törvénye. — 147) E törvénynek a tapasztalatban módosulása. Vízugár. Szájcsovek. — 148) A víznek az edény oldalán kifolyása. Artézi kútak. Montgolfier ütő szivattyúja. **2. cikk.** Csatornában mozgás. 149) Csövek és csatornák. — 150) A csöbeni víz sebessége, s ennek akadályai. — 151) Sebesség és hőmérséklet hatása a csöben folyó vízre. — 152) Cső görbületei. Csők szelelői és rakládái. — 153) Folyam sebessége mitől függ? Ennek akadályai. — 154) A víz közép sebessége. — 155) A folyam bizonyos átmetszetén keresztül folyó víztömeg. Meder szűkülés. — 156) A víz kiöntésének okai. Ezeknek elhárítása. — 157) Csatorna-huzást illető szabályok. Zsilipek. Rétöntözés. — 158) Folyamnak szilárd testhez ütközése.

3. Fejezet. Híghullámstan. 159) Hullámozás. — 160) Hullámozás törvényei.

Negyedik szakasz. Légnemű testekről.

1-ső Fejezet. Légálltan. 161) Levegő, légkör, pára, gőz. — 162) Toricelli csöve és üre. — 163) Légsúlymérték. — 164) Levegő kiterjedhetősége, összenyomhatósága. Mariotte törvénye. — 165) Meleg hatása a levegő terjedékenységére. — 166) A levegő sűrítésének s ritkaságának közönséges módjai. Lopótök. Szívó. Hérsó lapdája. Fűtató. Emelő szivattyú. Nyomó szivattyú. Cartes buvára. — 167) Légszivattyú. Ártalmas tér. Légsűrítő. Szélpuska. Légritkítás megmérése. — 168) Lég fajsúlya és tömörsége. — 169) A testek súlyvesztése léghen. Tömörség-mérleg. — 170) A lég fölével ritkulásának törvénye. Légtök magassága. — 171) Hegymérés légsúlymérővel. — 172) Léghajózás. — 173) Különböző tömörségű gázokat illető törvény.

2-dik Fejezet. Légmoztan. 174) Gáznak valami nyíláson tódulása. — 175) Gáznak edény falára nyomulása. — 176) Mozgó lég mozditó hatása.

3-dik Fejezet. Léghullámstan. 177) Léghullámozás terjedése. — 178) Léghullámok találkozása, szilárd falra ütközete, álló hintázata.

Ötödik szakasz. Hangtudomány.

1-ső Fejezet. Hang származása. 179) A hang lényege bizonyos sebességgel hintázó mozgás. — 180) A hang kiválmái. Zöngé, zöngesor. — 181) A zöngék támasztásának módjai hangszereinkben. — 182) Hangközlés. — 183) Hír hosszának hatása a zöngé magasságára. — 184) Egy híros. Egyes zöngék viszonyszámai. — 185) Zöngétáv. Egész, fél zöngé. Különböző

alaplöngék. Zöngemérséklés. — 186) A húr zöngéje a feszítő teherhez s a húr vastagságához képest. — 187) Rugalmas rúdak kereszt-hintázatai hosszaik szerint. Vashegedű. Szalma hangszer. Hangvilla. — 188) Hangzásaikból a testek rugalmasságára következtetés. — 189) A lég hintázatba ejtésének módjai. Alló-hintázat. — 190) Sipok hossza. — 191) Vadász-sip. Sawart négyszög rámai. — 192) A sip zöngé-magassága függ azon gáznak, mellyel fúvatik, tömörségétől. — 193) Fűzfa sip, közönséges orgona sip, nyelv-sip, doromb, trombita, emberi hangmü.

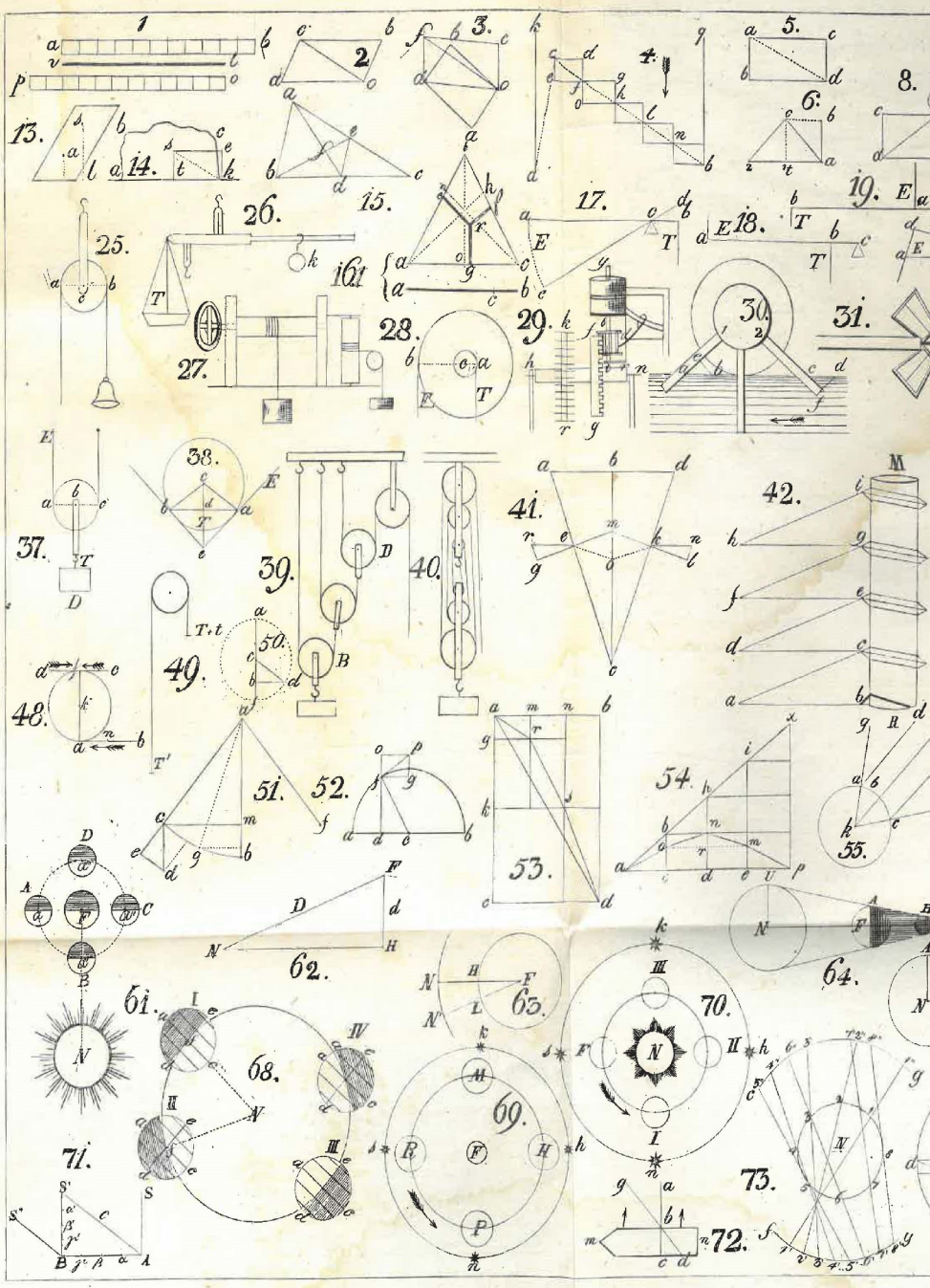
2-dik Fejezet. Hang terjedése. 194) Hang sebessége levegőben. Egyes hangokat illető viszonytalan hintázatszámok. — Hang sebessége csepegős és szilárd testekben. Sthetoscop. — 196) Utóhang. Viszhang. — 197) Hang gyengülését illető törvények.

3-dik Fejezet. Hang felfogása. 198) Fül alkatása. Öszhang.



Rövidítések:

mf mérföld
 p. vagy péld. például
 mp. másodperc
 Mtan Mértanom
 számok melletti magános n , nap
 „ „ „ „ „ o , óra
 mérföld, öl, láb, hüvelyk melletti k , köb



Igazítások.

24	lapon. fölülről	13	sorb.	<i>átallóját</i>	helyett:	átallója
25	—	28.	29	— <i>cos</i>	180 — <i>q</i>	— <i>cos</i> (180 — <i>q</i>)
—	—	alul.	8	—	<i>evők</i>	— <i>erők</i>
31	—	—	22	—	<i>elszármaznak</i>	— <i>származnak</i>
34	—	—	1	—	<i>Első szakasz</i>	— <i>Második szakasz. A kö-</i>
41	—	al.	13	—	<i>h. q cos. f. q sin</i>	— <i>h. q cos. — f. q sin.</i> [vetkező
42	—	föl.	11	—	<i>o-n</i>	— <i>a-n</i> [szakaszok
48	—	—	3	—	38	— 39 [e szerint
—	—	—	5	—	<i>ade</i>	— <i>adc</i> [igazitan-
—	—	—	30	—	39	— 40 [dók.
61	—	—	3	—	<i>dc</i>	— <i>de</i>
64	—	al.	18	—	XII-ből	— XIII-ből
—	—	—	17	—	XIII-ből	— XIV-ből
65	—	—	4	—	(<i>h — th'</i>) <i>t</i>	— (<i>h — h'</i>) <i>t</i>
67	—	föl.	22	—	<i>f₁</i>	— <i>n₁</i>
—	—	—	29	—	<i>f : F</i>	— <i>F : f</i>
69	—	—	19	—	<i>dck</i>	— <i>dce</i>
—	—	al.	2	—	<i>gf + fp</i>	— <i>fp + gf</i>
70	—	—	7	—	1/H	— 1/h
—	—	—	6	—	<i>r₁</i>	— <i>n₁</i>
83	—	—	10	—	<i>földszínek</i>	— <i>földszíneni délkörnek</i>
85	—	utolsó sor végibe	teendő:	<i>d^o-t az f₂. szerint</i>	határozzuk meg.	
86	—	al.	20.	sorb.	<i>délkörtől</i>	után: kelet felé.
97	—	al. 2 sor.	235	<i>csillag kerengése</i> (86)	helyett: 235	<i>napirányi kerengése</i> (88)
99	—	al.	5	sorb.	$12\frac{3}{4}$	helyett: $14\frac{3}{4}$
102	—	—	2	—	<i>nap</i>	— <i>hold</i>
113	—	föl.	12	—	„nagyobb...kisebbnek“	hely: kisebb...nagyobbak
125	—	al.	7	—	DC	— Bc
126	—	—	7	—	2. V.	— 2. c ₃ . V.
127	—	—	16	—	7,17	— 7,45
128	—	föl.	12	—	B-ben	— M-ben
130	—	—	19	—	x'. r	— x' ² . r
—	—	—	20	—	0,2916	— 0,3025
131	—	al.	9	—	<i>b</i>	— <i>xCs = b</i>
—	—	—	1	—	<i>mh</i>	— <i>mk</i>
139	—	föl.	3	—	<i>növekedik</i>	— <i>kisebbedik</i>
158	—	al.	1	—	<i>fe s be</i>	— <i>fg s ge</i>
171	—	föl.	2	—	<i>nd</i>	— <i>md</i>
—	—	—	3	—	<i>cd</i>	— <i>cb</i>
—	—	—	6	—	<i>bc</i>	— <i>dc</i>
189	—	al.	3-dik	sor	után	(149. a. kép)
197	—	—	17	—	<i>hang</i>	— <i>léghullám</i>
—	—	—	16	—	<i>hangnak</i>	— <i>léghullámnak</i>
—	—	—	15	—	<i>pontot</i>	után (128 kép)
207	—	—	11	—	<i>melly után</i>	(157 kép)



