

HÁROM ELŐADÁSI KÉSZÜLÉK.

Dr. Pfeiffer Péter tanársegédétől.

(I. tábla.)

I. Javított Pascal-féle hydrostikai fenéknyomási készülék.

A hydrostatika alapkísérleteinek egyike az, melylyel meg lesz mutatva, hogy a folyadékok nyomása az edény fenekének határozott területére a folyadék fajsúlyán kívül kizárólag a folyadékoszlop magasságától függ; tehát ugyanazon területű fenékre, ugyanazon fajsúlyu és magasságu folyadékoszlop bármilyen alaku edényben ugyan azt a nyomást gyakorolja. A hydrostatika ez alaptételének kísérleti igazolására eddigelé két fajta készüléket szerkesztettek. Az egyik Haldattól (1824—31) ered, melynél a tétel igazolására a közlekedő edények törvénye van felhasználva, még pedig olyformán, hogy egy tágabb és egy szűkebb szárral bíró közlekedő edénybe higanyt öntenek, melynek felszíne a két szárban egyenlő magasságot foglal el s e magasság a szűkebb száron meg van jegyezve. A közlekedő edény tágabb száraira lesz már most alkalmazva egymás után a rendesen töltésér, henger és a felül összeszűkülő cső alaku üveg edény, melyek mindenikének egyenlő nagyságu fenéknyílása teljesen záródik a közlekedő edény tágabb száraira. Ez edényeket a közlekedő csőre egymásután alkalmazva és a rajtuk már előre megjelölt ugyanazon magasságokra beléjük vizet öntve: a közlekedő edény szűkebb szarában a higanyt egymásután mind a három egyenlő magasságra nyomja fel. Ezzel az egyenlő fenéknyomás igazolva van.

E készüléknek minden esetre előnyös oldala az egyszerűség és a kényelmes velebánhatás. A készülék azonban csak azt mutatja, hogy a fenéknyomás független az edény alakjától, de a nyomás valódi nagyságát közvetlen nem adja. Másfelől pedig a közlekedő edények

törvényének a fenéknyomás törvénye képezi gyakori bizonyítási alapját; e készülékkel a fenéknyomás mutatásával olyan tény lesz tehát igazolva egy másik által, mely ez utóbbinak is bizonyítékát képezi. Ezek miatt a közlekedő edényes fenéknyomási készülékek nem alkalmasok előadási kísérletekre. Helyesebb alapon állanak a második fajtájú Pascal J. C-től (1836.) származó fenéknyomási készülékek, melyek általában kiterjedtebb alkalmazásnak is örvendenek. Ezeknél a fenéknyomásnak az edény alakjától való független volta, valamint annak valódi nagysága közvetlen az által a súly által lesz megmutatva, mely egy mérlegkaron a folyadék oszlop nyomását a mozogható fenékre ellensúlyozza. Az e fajta fenéknyomási készülékeket is eddigelé több formában szerkesztették, el annyira, hogy ma már valamennyi mechanikus műhelynek meg van a maga saját formájú Pascal-féle fenéknyomási készüléke. Valamennyinél az ugyanazon területű fenéknyílással bíró töltésér, henger és felül összeszükülő csőalaku üvegedény sorban egy állványra erősíthető s rendszeren köralaku fenéknyílásuk pontosan csiszolt fenéklemezzel zárható, mely utóbbi egy mérlegkarra úgy van alkalmazva, hogy a fenék lemez súlya épen akkor lesz kiegyensúlyozva, mikor a fenéknyílást zárja. Most a fenéklemezzel zárt edénybe a megjelölt magasságig öntött folyadék nyomása lesz a mérleg csészéjébe helyezett súlyokkal kiegyenlítve. Az egyensúly beállása azzal mutatható, hogy az edénybe a megjelölt magasságon felül öntött folyadék, megnyitva a lemezzel elzárt fenéknyílást, mindaddig fog kiömleni, míg a felszín magassága a megjelölt helyre visszasüllyed. Kiürítve ez edényt és a más alakakkal ez eljárást ismételve, megmutatható, hogy valamennyi edénynél ugyanaz a súly ellensúlyozza a folyadék nyomását, ha a folyadék oszlop magassága mindenikben ugyanaz. Mivel az egyensúly mutatásánál a kiömlő folyadék gyűrű alaku vízszintes nyíláson távozik el, széles körben szétfreccsen. Hogy ez más tárgyakra alkalmatlan ne legyen, rendszeren az egész készülék egy tágabb bádog edénybe van állítva, melynek gyakran igen magas falai elfödik a hallgatóság szemei elől épen a fenéken végbe menő változásokat.

Eltekintve e készülékeknél a kezelés azon kényelmetlenségétől, melyet egyfelől a fenéknyílás és a lemez összecsiszolásában mutatkozható kis hiba okozta folytonos csurgás — másfelől pedig az egyensúly mutatásakor a nagyobb mennyiségű folyadék kiömlése idéz

elő: maga a mutatandó egyensúly is — miután a fenéknyílást záró lemez az egyensúly beállításánál semminemű mozgatót nem szenvedhet — úgy szólva csak statikai s így annak jelenlétét szembe-tűnőleg mutatni nem lehet.

Ezen hátrányos körülményeket küszöböltem ki a készüléken tett módosítással, a mely abban áll, hogy a szilárd fenéklemest egy alkalmas üveg edényben lévő higany által helyettesítettem. A készüléket eme átalakított formájában az I. tábla 1-ső ábrája mutatja. Az *A* háromlábu állvány (magas. = 37 cm.) felső részén hordja vízszintes irányban a *BC* kart, mely előrészén egy kerek nyílással bír. E kara helyezhető egymás után az egyenlő területű fenéknyílással (átm. = 4·5 cm.) ellátott *D* tölcserés, *E* henger és *F* felül összeszűkülő cső alakú edény úgy, hogy a *BC* kar megfelelő nagyságu nyílásával teljesen összetaláljanak. A folyadékáthatlan zárást a *BC* kar nyílásának felső kerületére helyezett gummi, vagy bőr gyűrű eszközli, melyre a *D*, *E*, *F* edények alul lapos gyűrű alakú fémalzataiknál fogva *a*-nál látható forgó zárrakkal rászoríthatók. A *BC* kar nyílásába lefelé, az edények fenéknyílásával teljesen azonos belvilágu, mindkét végén nyílt üveghenger (hossz. = 8·5 cm.) van állandóan erősítve. Ennek az üveghengernek alsó része centrikusan bele nyulik *bc* tágabb pohárba, (átm. = 6 cm., mélysége = 2 cm.) mely egy alkalmas mérleg serpenyőjére van helyezve. A mérleg-serpenyőnek oly hosszú karokkal kell bírnia, hogy — miként a rajz mutatja — a *BC* karra helyezett *D* edény is közöttük kényelmesen elférjen. (Helyesen a *BC* kara mérlegserpenyő két karja által adott síkra mérőlegesen kell hogy álljon, de az így helyes hosszmetsetű rajz hiányos lenne). Ehez a kísérlethez is igen alkalmas a Ruprecht-féle négy csészés előadási mérleg, melynek arányaihoz vannak a készülék egyes részeinek méretei is adva. A *bc* pohárba lesz öntve a higany (3·5 cm. magasra), mely a készülék fenéknyílását zárja. A *D* edénybe öntött vízoszlop a fenéknyílás üveghengerében a higany felszint alányomja s az üveghenger és pohár falai között felemeli. E nivó-differentia (2·8 cm.) függ az edényben alkalmazott vízoszlop magasságától (37 cm.). A pohár, valamint az üveghenger hosszmérete úgy van választva, hogy számba véve a higanynivó-differentiát, az üveghenger a higanyba, valamint a pohár falai a külső higany felszín felett k. b. 2 cm. mélyre, illetve magasságra álljon és ugyanennyi köz legyen az üveghen-

ger és a pohár feneke, úgyszintén a pohár felső széle és a BC kar között.

Igy beállítva a készülék az experimentálásra kész, mely úgy hajtandó végre, hogy először a mérleg másik csészéjében a higanyos pohár lesz kiegyensúlyozva (k. b. 115 dgr.), erre péld. a D edényt erősítjük fel a BC karra és megtöltve a megjelölt magasságig folyadékkal, ennek nyomását a mérleg csészéjébe helyezett súlyokkal kiegyenlítjük. *Ez az egyensúly már a mérlegkar rendes himbálódásával mutatható*, melyet a nem szilárd fenékszárás, a higanypohár és belső üveghenger említett közeivel tesz lehetővé. Ennek mutatása után a mérleget zárjuk s az edényben levő vizet d oldalcső megnyitásával bibocsájtjuk: most felcserélve a D edényt az E -vel, ezt újra a megjelölt magasságig vízzel megtöltve s a mérleget nyitva mutatjuk ennél is ugyanazon súlyok mellett az egyensúlyt s így tovább járunk el F edénnyel is.

E készüléket a nagyobb méretű mérleg nélkülözhetése céljából más berendezéssel a mellékelt rajzlap 5-dik ábrájában tüntetem fel, hol a G egyenlőtlen karu emeltyű tartja rövidebb karján a $b. c.$ poharat, melynek függélyes mozgását k és r karok biztosítják; a fenéknomás nagyságát pedig s futó súly ellensúlyozza.

II. Javítás a Mariotte-féle gáz összenyomó készüléken.

Mariotte törvényének előadási kísérletben való igazolására eddigelő háromféle készüléket használnak. Az első a legegyszerűbb, melylyel maga *Mariotte* (1679.) s vele majdnem egy időben *Boyle* is kísérleteit végezte. Egy U alakban meghajlított üveg közlekedő cső ez, melynek egyik szára négy-ötször hosszabb, mint a másik. A rövidebb nyomó cső vagy direct be van forrasztva, vagy jól elzáró csappal van ellátva; a hosszabb manométer cső pedig felső végén egy töltsért hord. Ez a közlekedő cső egy alkalmas állványon függélyesen van megerősítve, melyen mind a két szár mellett alulról felfelé ugyanazon kezdő pontból kiinduló mérték van alkalmazva. A kísérletezés vele úgy történik, hogy a manométer csőbe annyi higanyt öntenek, mennyi alul az összekötő csőrészt megtöltve s mindkét szárbán egyenlő magasságra emelkedve az alkalmazott mérték nullapontjához ér fel. Ekkor a nyomó cső felül záratik és a manométer csőbe felülről addig

lesz higany beöntve, míg a nyomó csőben a higany az elzárt és léggel telt csőrész fele magasságára emelkedik. Ekkor megmutatható a két szárban levő higanyoszlop magasság különbözete, mely az uralkodó légköri nyomásnak felel meg. Így tovább öntve a higanyt a manométercsőbe, ha a nyomócsőben a higany a léggel telt csőrész eredeti hosszának $\frac{2}{3}$ -ada, vagy $\frac{3}{4}$ -ede magasságára emelkedett, újra mutatható, hogy a két szárbeli higanyoszlop különbözete 2, illetőleg 3 légköri nyomásnak felel meg, és ezzel a törvény igazolva van. Ezzel a készülékkel Mariotte törvénye nem igazolható az előadói kísérletektől megkivántató élességgel, mert a manométer csőbe öntött higany magas helyről esvén, annyi légbuborékot ragad magával, hogy a törvény igazolására előállított higanyoszlop magasságok az uralkodó légnyomásnak megfelelő higanyoszlop magasságától 4—8 centiméterrel is differálhatnak.

v. *Feilitzsch* egy más egyszerű formáját szerkeszté a Mariotte-féle készüléknek, melyet *Weinhold* némileg javított. Áll e készülék két k. b. 60 centiméter hosszú üvegcsőből, melyek közül az egyik a csappal ellátott nyomó cső, a másik pedig a manométercsőnek egy részét teszi. E két üvegcső közel két méter hosszú gumicsővel van egymással összekötve. A gumicső *U* alakban meghajlítva s a két üvegcső egymás mellé állítva egy függélyes, centiméterekre osztott oszlophoz van úgy erősítve, hogy a képződött közlekedő edénynek manométercsőves szárát az oszlopon tetszés szerint lehet emelni, vagy süllyeszteni. Kísérletezéskor a két üvegcsövet egyenlő magasságra állítva, az egész meg lesz töltve higanyval addig, hogy ez mindkét csőben fölemelkedve, a nyomó csőben a csap alatt 30—40 centiméternyi tért hagyjon. Ekkor záratik a csap és a nyomás a manométercső emelésével lesz előállítva. A higanyvók differenciáival lesz ezután a törvény, mint fennebb is említve volt, igazolva.

Nagy előnye e készüléknek az, hogy vele egy folytában a Mariotte-féle törvény érvényességét a rendes légköri nyomásnál kisebb nyomásokra is igazolni lehet — a manométercsőnek egyszerűen a nyomócső alá való süllyesztése által; de hátránya éppen a gumicső használatában van, mely nagyobb nyomásoknál folyton tágul, a kisebbeknél pedig összehúzódik, mi miatt egy határozott nyomásra vonatkozó térfogat mutatásánál a higanyvók változatlanul nehezen állíthatók be. Eltekintve ettől, a gumicsővek gyors megkeményedése miatt az ilyen készülék nem tartós.

Harmadik formája az előadási célra szolgáló Mariotte-féle készüléknek az, mely szerkezetét *Aragó* és *Dulong* által 1829-ben szerkesztett azon készüléktől vette, melylyel ők a Mariotte-féle törvény érvényességét fel egészen 27 légköri nyomásig igazolták. Ez érvényességi határt tudvalevőleg *Regnault* még tovább tökéletesített eszközeivel tett kísérletei alapján jóval lejjebb szorította. *Aragó* és *Dulong* készülékével ugyanis a gáz összenyomására szükséges higany, úgy a nyomó, mint a manométer szárba alulról volt feltolható, miáltal a légbuborékok keletkezése volt a higanyoszlopokban teljesen megszüntetve. E készülék után szerkesztetteknek e célra az egymással közlekedő manométer és nyomócső még egy tágabb zárt edénnyel — *Heron* labdáival — közlekedik egy cső által, mely annak felső részén hatol be és az edény fenekéig ér le. Ebbe az edénybe jő a kellő mennyiségű higany. Az edény felső részén benyílik egy másik csövön át a higanyra egy sűrítő, vagy nyomó készülékből levegő vagy víz szorítható, mely azután a higanyt a közlekedő szárakba tolja fel. Ilyen készülékkel *Mariotte* törvénye egyszerű módon igen szépen igazolható.

Ezt a készüléket egyszerűsítettem az által, hogy a *Heron* labda és a külön nyomó, vagy sűrítő készülék nélkülözhetése végett egy higanyprést szerkesztettem, melylyel a nélkül, hogy a higany valami tisztátalanító anyaggal, mint víz, olajozott falak stb. érintkezne, ép oly könnyen a közlekedő szárakba tolható.

Mint az I tábla 2-ik ábrája mutatja, a higanyprést P az m manométer és n nyomócsövet összekötő k vascsatornára alkalmaztam úgy, hogy abból a higany a meghosszabbított összekötő csatornán át közvetlenül a szárakba juthat. A prés szerkezetét a 3-ik ábra mutatja vertikális metszetben. Két egyenlő belvilágú (6 cm.) hengeralaku edényből áll A B , melyek lapos gyűrű alaku széleikkel csavarok által vannak egymáshoz jól záróan egy edénnyé illetve. A felső kisebb edény (mélysége = 5 cm.) tetején, közepén átfurt csavar van, melylyel az egész prés a k vascsatornára jól záróan felerősíthető. A nagyobb B edény (mélysége = 10 cm.) alján halad át a C csavar, melynek forgatásával a reája alkalmazott D dugattyu fel- és alá tolható. A D dugattyu fából van készítve és nem zárja a B edény belső nyílását (átm. 5 cm.) A zárást az ee kemény bőrzacsokó teljessé, mely kihajló szélével az A és B edény lapos gyűrűi közé szo-

rítva az A edényt teszi alul zárttá. Kísérletezésnél a prést k vascsatornáról lecsavarva felső nyílásán át higanynyal megtöltve újra vissza lesz helyezve. Most a C csavar forgatásával a D dugattyu felfelé nyomul s a bőrzacsából a higanyt a szárukba nyomja. Ily módon a présből majdnem az összes higany mennyiség kiszorítható, mi az által van lehetővé téve, hogy a dugattyu feltolódásánál a bőrzacsó felfelé domborodva ráesziül a dugattyura, mely így megvastagodva majdnem teljesen betölti az A edény belső üregét. E prés segítségével a higanyt 3 légköri nyomásnak megfelelő magasságra is könnyen fel lehet emelni és felszínét bármely pontra pontosan beállítani. Megfelelő hosszú manométer eső mellett tehát e készülékkel Mariotte törvénye 3 légköri nyomásig igen kényelmesen igazolható. Alkalmazni lehet azonban e prést egy másik teljesen hasonló nyomó és manométer szárral ellátott készülékre is abból a célból, hogy ezzel Mariotte törvénye a rendes légköri nyomásnál kisebb nyomásokra is igazolható legyen. E célra szolgáló készülék a 2-ik ábrában feltüntetettől csak abban különbözik, hogy ennek mindkét szára egyenlő hosszú (130 cm.) Erre felcsavarva a higanynyal megtöltött prést, vele a kísérlet következőkép hajtható végre A C csavar forgatásával mindkét szárrban a higanyt addig emeljük, míg az n itt most szívó szárrban a higany a csap alá 10 cm-nyire ér fel; nyitott csap mellett a másik szárrban is a higany e magasságban foglal állást. Most zárjuk a csapot és C csavar ellenkező irányu forgatásával a higanyt sülyesztjük mind addig, míg n csőben 20 cm-re sülyed a csap alá, ekkor mutatva lesz, hogy m és n csőben a felszín különbszet fél légköri nyomásnak felel meg. Tovább sülyesztve a higanyt, mikor az n csőben a higany felszíne egymás után 30, 40, 50, stb. cm-re sülyed, mindenkor mutatható, hogy a felszín különbszetek a két csőben megfelelően $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{4}{5}$ stb. légköri nyomásoknak felelnek meg, mi által a törvény kisebb nyomásokra is igazolva van.

III. Előadási készülék a fény reflexió által való polározásának mutatásához.

Tudvalevőleg a sík tükrök a reájok ferdén eső fénysugarakat a beeséssel azonos szög alatt visszaverve polározzák is. A visszavert sugarak polározottsága függ a fény beesési szögétől, s ennek egy

bizonyos a tükör anyagának milyenségéhez kötött értékénél a reflektált sugarak legnagyobb mértékben vannak polározva. E maximális polározottságnak megfelelő szög, mely polározási szögnek is nevezetik, a Brewster-féle törvény útján igen sok anyagnak törésmutatójából ismeretes. Közönséges üvegre ez 57° körül van. A polározási szög alatt visszavert fénysugarak polározottságát vagy egy Nikol-féle hasákkal lehet mutatni, bele tartva ezt a visszavert sugarak irányába és a rajta átmenő fény intenzitás-változásait a hasáb forgatásával demonstrálni; vagy — a mi ez esetben érdekesebb — a reflektált sugarak polározottsága egy második tükörrel mutatható meg úgy, hogy e második tükörre az elsőről reflektált sugarakat, megint e tükör polározási szöge alatt, beejtve és általa visszaveretve, e tükörnek a reája beeső fény-nyaláb, mint tengely körüli forgatásával a másodsor visszavert fény intenzitás-változásait lehet előállítani.

Ennek a kísérletnek mutatására alkalmas eszköz, melylyel az említett fényváltozásokat a hallgatóságnak kényelmesen lehessen demonstrálni, jóformán nincs is. A kétszeres reflexiónál a fénysugar haladási irányait, a második tükör forgathatóságát, valamint az erről visszaverődő fény-nyalábnak láthatóvá tételét számba véve, szerkesztettem egy készüléket, melylyel a másodsor visszavert sugarak intenzitás-változásai egy ernyőn, szemben a hallgatósággal, könnyen megmutathatók. A készülék szerkezetét a mellékelt I. tábla 4-ik ábrája mutatja vertikális metszetben.

Egy háromlábú vasállvány oszlopa tartja az A lapos faernyőt (22 cm. \square), mely közepén egy kerek nyílással (átm. = 7 cm.) bír. E nyílásba az ernyőre merőlegesen egy belle illő sárgaréz cső (hossz. = 8 cm.) van közepén reá forrasztott gyűrű segítségével erősítve. E csőbe könnyen forgathatóan van a vastagabb peremével bíró két kisebb cső aa' és bb' két oldalt bele tolva. Mindkét kisebb cső peremére egy átmérő végpontjain két kar van a cső hossz tengelye irányában forrasztva. E karok tartják egyfelől a B , másfelől a C fémkeretű négyszögletes fekete tükröt (hossz. = 14 cm. széles. = 8 cm.) a közepükön alkalmazott tengelynél fogva, mely körül mindkét tükör a karok között forgatható. Mindkét tükör síkjának iránya a karokhoz szögmértékben leolvasható a tükrök tengelyéhez erősített kis fém körosztáson. A C tükör külső széléhez van erősítve a DE fémkeret (hossz. = 30 cm. szél. = 2 cm.) úgy, hogy ennek síkja a tükör

síkjával közel 123° -u szöget alkot. E fémkeretre transzparens papír van kifeszítve.

Kísérletezésnél a B tükör tengelye függélyesen (az ábrában a szemléltetés kedvéért vízszintesen van rajzolva) és síkja a tartó karok irányához 33° -u szög alatt lesz állítva; úgyszintén e szögre állítjuk a C tükör síkját is, mi által a DE ernyő síkja közel függélyes állást nyer. Ezután a B tükörre vízszintesen haladó ss' fénynyalábot vetítjük, úgy azonban, hogy a fénynyaláb ss' iránya a tükör $s'n$ normálisával 57° -u szöget alkosson. Ekkor a B tükörről reflektált sugarak s_1s_2 irányban áthaladnak az aa' és bb' csöveken és reá esnek megint 57° -u szög alatt a C tükörre; erről másodszor reflektáltatva s_2s_3 irányban $s's'$ -on belül a transzparens ernyőre esnek. Most a C tükört DE ernyővel együtt bb' pereménél fogva körül forgatjuk, ekkor a DE ernyőn a másodszor reflektált sugarak intenzitás-változásai távolról is szépen megfigyelhetően jelennek meg. Ez említett beállításnál a DE ernyőnek vízszintes helyzetében jobb és bal felől jelennek meg a fény maximumok; függélyes helyzetében fent és alant a minimumok.