ELEMENTE
DE
FISICĂ

GRAVITATEA

DE

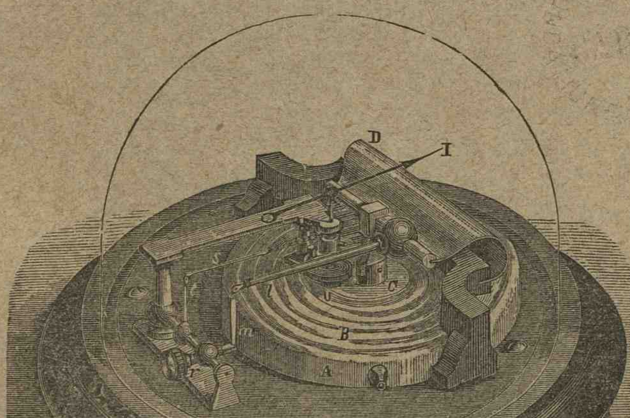
D. NEGREANU

DOCTOR ÎN ŞTIINŢE DELA FACULTATEA DE ŞTIINŢE DIN PARIS
PROFESOR LA UNIVERSITATE

Aprobată cu adresa ministerială No. 273 din 4 Iulie 1906
şi publicaţiunea din «Monitorul Oficial» No. 137 din 17 Septembrie 1906
pentru usul cursului superior de liceu secţiunea reală şi modernă.

EDIŢIUNEA II-a
TIPĂRITĂ IN 1000 EXEMPLARE

Exemplarul No. 433



BUCUREŞTI
TIPOGRAFIA **GUTENBERG**, JOSEPH GÖBL
20. — STRADA DOAMNEI. — 20
1907

Preţul 4 Lei.

9

ELEMENTE DE FISICĂ

GRAVITATEA

Lucrări de Fisică de acelaș autor:

Noțiuni de electricitate, 1 vol. de 100 pagini . . . . 2.—
Gravitatea (curs profesat la Facultatea de științe), I-ul fascicol, 164 pagini . . . . 3.—
Electrostatica (curs profesat la Facultatea de științe), I-ul fascicol, 104 pagini . . . 2.—
Elemente de Fisică, (aprobată pentru cl. VI și VII de liceu învățământul real și modern) 2 volume.
Noțiuni de fizică, (aprobată pentru cl. III de licee și gimnazii.
Lucrări practice de gravitate, Căldură și Electricitate (patru broșuri de 34, 16, 16 și 16 pagini).
Pouvoir inducteur spécifique des liquides (Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris, février 1887, et Journal de Physique, décembre 1887).
Etude de l'éthérification au moyen des conductibilités èlectriques (Thèse de doctorat et C. R., 1889).
Variation de la constante diélectrique des liquides avec la température (C. R., 15 février, 1892).
Une nouvelle méthode de mesure des forces electromotrices des piles (Bulletin de la Société des sciences de Bucarest, 1896).
Elements magnétiques en Roumanie au 1-er Janvier 1895 (une brochure de 34 pages et C. R., 27 mars 1899).
Une question de priorité relativement à la relation $\frac{k-1}{(k+2)\,d} = const.$ *entre la constante diélectrique et la densité* (C. R. de l'Ac. de Paris, 27 mars 1899).
Méthode rapide pour la détermination de la chaleur spécifique des liquides. (C. R., 4 avril 1899).
Vibrations produites dans un fil à l'aide d'une machine à influence (C. R., 10 juin 1901).
Procédé de séparation electrique de la partie métallique d'un minerai de sa gangue (C. R. 15 dec. 1902 et 20 avril 1903).
Constantele dielectrice a câtor-va uleiuri, variațiunile lor cu temperatura și relațiunile între constanta dielectrică, indicele de refracțiune și densitatea (Analele Academiei Române, Seria II, tom. XVI, 1893).
Câteva observațiuni asupra mașinei Whimshurst (An. Ac. Rom., Seria II, tom. XVIII, 1896).
O nouă metodă de măsură a resistențelor electrice mari (An. Ac. Rom., Seria II, tom. XIX, 1897).
Măsura rezistențelor electrice mari, dedusă din metoda lui Lacoine relativă la măsura forțelor electromotrice (An. Ac. Rom., Seria II, tom. XIX, 1897).
Mașină electrostatică funcționând în cele două sensuri (An. Ac. Rom., Seria II, tom. XIX, 1897.
Componenta orizontală a forței magnetice terestre la București cu busola de tangente. (An. Ac. Rom., Seria II, tom. XX, 1897).
Valorile câtor-va constante fisice pentru București (An. Ac. Rom., Seria II, tom. XIX, 1897).
Noui metode de măsură a marilor resistențe electrolitice. (An. Ac. Rom., Seria II, tom. XX, 1898).
Sistemul internațional de unități electrice (Analele Ac. Rom., Seria II, tom. XX).
Sistemul internațional de unități electrice (Analele Acad. Rom., Seria II, tom. XX
Dilatațiunea absolută a licidelor determinată cu balanța lui Mohr modificată de Westphal și Reimann (An. Ac. Rom., Seria II, tom. XXI, 1899).
Determinarea pondului specific al unui corp solid. (An. Ac. Rom., Seria II, tom. XXII, 1900).
Două mijloace pentru determinarea polilor unei mașini electrostatice. (An. Ac. Rom. Seria II, tom. XX, 1900).
O nouă metodă de măsură a rezistenței interioare a unui element galvanic (An. Ac. Rom., Seria II, tom. XX, 1900).
O nouă metodă de măsură a rezistenței electrice a unui galvanometru. (An. Ac. Rom., Seria II, tom. XXII, 1900).
Cercetări asupra condițiunilor în cari mașina electrostatică Whimchurst poate produce cea mai mare cantilate de ozon (An. Ac. Rom., 1902).
Formulele cari reprezintă legea distribuțiunei componentei orizontale a forței magnetice terestre în România. (An. Ac. Rom., Seria II, tom. XXIII, 1901 și Bulet. Soc. de Științe 1903).
Relațiuni între forțele elastice ale vaporilor saturanți și temperaturile absolute (Memoriile secț. științifice ale Ac. Române 1904).
Metoda stroboscopică aplicată la iuțelele de rotațiune a două discuri ce se mișcă în sens invers (Memoriile secț. științifice ale Ac. Române 1904).
Studii electrice asupra apelor minerale (Memoriile Secț. Științifice a Acad. Rom 1905, și C. R. a Academiei de Științe din Paris, 1906).
Variațiunea temperaturilor de topire cu presiunea (Mem. Secț. Științifice a Acad. Române, 1905).
Istoricul laboratorului de fizică (Gravitate, Căldură și Electricitate) al Facultăței de științe din București 1906.

ELEMENTE
DE
FISICĂ

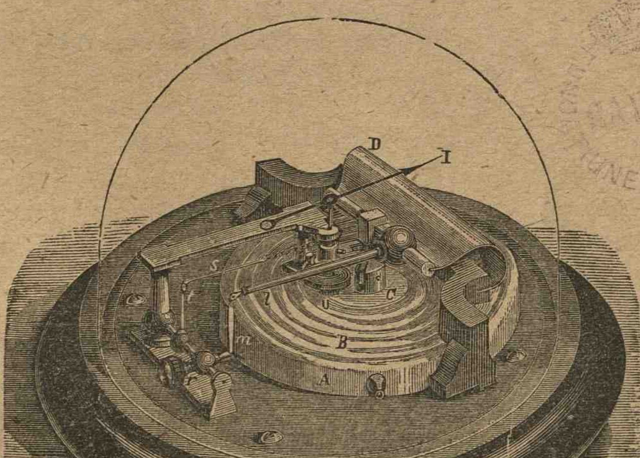
GRAVITATEA

DE

D. NEGREANU
DOCTOR ÎN ȘTIINȚE DELA FACULTATEA DE ȘTIINȚE DIN PARIS
PROFESOR LA UNIVERSITATE

*Aprobată cu adresa ministerială No. 273 din 4 Iulie 1906
și publicațiunea din «Monitorul Oficial» No. 137 din 17 Septembrie 1906
pentru usul cursului superior de liceu secțiunea reală și modernă.*

EDIȚIUNEA II-a



BUCUREȘTI
TIPOGRAFIA **GUTENBERG**, JOSEPH GÖBL
20. — STRADA DOAMNEI. — 20
1907

Toate exemplarele vor fi semnate de autor.

D. Negreanu

ELEMENTE DE FIZICĂ

Noţiuni preliminare.

Fenomene fizice şi chimice. Obiectul Fizicei. — Se numeşte *fenomen* orice modificare făcută unui corp din natură. Aşà, când luăm o bucată de fier şi o punem în foc, constatăm că fierul se încălzeşte. Aceeaşi bucată de fier lăsată în aer umed, rugineşte. Incălzirea fierului, ruginirea lui sunt nişte fenomene.

Sunt fenomene cari nu schimbă în mod permanent proprietăţile corpurilor; în acest caz, corpurile revin la starea lor primitivă când cauza care a provocat fenomenul a încetat să mai lucreze. Aşà, fierul încălzit şi lăsat să se răcească, va aveà tot aceleaşi proprietăţi pe cari le aveà înainte de încălzire.

Unor asemenea fenomene, cari nu modifică în mod permanent natura corpurilor, li se dă numele de *fenomene fizice*.

Fenomenelor, cari alterează în mod permanent natura corpurilor, aşà că proprietăţile lor sunt cu totul modificate, li se dă numele de *fenomene chimice*.

Ca exemple de fenomene chimice: ferul transformat în rugină când este lăsat în aer umed; piatra de var transformată în var prin încălzire, etc.

Obiectul Fizicei este studiul fenomenelor fizice, adică a acelor fenomene cari nu modifică în mod permanent proprietăţile corpurilor.

Metode fizice: observaţiunea şi experimentarea. — Pentru a ajunge la cunoaşterea fenomenelor fizice, ne servim de două metode: *observaţiunea* şi *experimentarea*.

Observaţiunea consistă în studiul minuţios al unui fenomen şi, pe cât este posibil, a condiţiunilor în cari se efectuează.

Experimentarea este reproducerea fenomenului studiat prin observaţiune, căutând a se varià condiţiunile în cari se produce.

Un exemplu va pune în evidenţă importanţa acestor metode.

In Florenţa săpându-se o fântână, s'a constatat că apa nu poate să se ridice mai sus de 10 metri. Galileu şi Torricelli au observat faptul. Aceasta constituie *observaţiunea* fenomenului.

Torricelli a procedat la *experimentare,* variând condiţiunile în cari se produce fenomenul şi pentru aceasta a luat un tub de aproape un metru de lungime, pe care l-a umplut cu mercur şi l-a răsturnat pe un vas cu mercur. Mercurul din tub s'a scoborît, aşà că înălţimea coloanei mercuriale fu, în mijlociu, de 76 centimetri. Fiindcă greutatea coloanei de apă de 10 metri înălţime şi 1 cm. de bază este aceeaşi cu a coloanei de mercur având aceeaşi bază şi înălţimea de 76 centimetri, Torricelli deduce că cauza acestor fenomene este presiunea atmosferică.

Legi fizice. — Când studiem un fenomen fizic, ne propunem a determinà experimental relaţiunea între cauza şi efectul acelui fenomen, sau, ceeace revine la aceeaşi, relaţiunea între două elemente ale fenomenului.

Această relaţiune constitue o *lege fizică.*

Astfel, când exercităm asupra aceleiaşi mase de gaz, a cărei temperatură este mănţinută constantă, presiuni (apăsări) din ce în ce mai mari, constatăm că volumul gazului se micşorează. Studiul experimental a relaţiunei între volumul gazului şi presiunea corespondentă conduce la legea fizică, care se numeşte legea lui *Boyle-Mariotte.*

Pentru stabilirea unei legi fizice, este necesar a determinà:

1° Cauza sau primul element al fenomenului;

2° Efectul sau al doilea element al fenomenului.

Teorii fizice. Hipoteze.— Studiând fenomenele fizice, s'a ajuns la concluziunea că mai multe din ele pot fi grupate la un loc, constituind o ramură din totalitatea fenomenelor.

Astfel s'au grupat fenomenele în fenomene călduroase, acustice, optice, electrice.

O grupă din aceste fenomene pot fi explicate prin cunoaşterea unui fapt fundamental. Astfel, s'a constatat că fenomenele sonore depind de mişcări vibratorii produse în medii elastice.

Prin *teorie fizică* se înţelege totalitatea legilor prin mijlocul cărora se poate explicà dependenţa între efectele şi cauzele unei clase determinate de fenomene, deduse din acelaş fapt fundamental (Lamé).

Studiindu-se fenomenele luminoase, s'a văzut că propagarea luminei se poate atribuì unei mişcări vibratorii, ca şi în cazul fenomenelor sonore. Sunetul propagându-se numai în medii elastice, pe când lumina se poate propagà şi în vid, s'a făcut o teorie a luminei, analogă cu teoria acustică a fenomenelor sonore, făcându-se *hipoteza* existenţii unui mediu numit *ether*, care ar fi răspândit în tot spaţiul şi ar putea aveà mişcări vibratorii.

Părţile Fizicei. — După natura fenomenelor fizice, putem împărţi Fizica în următoarele părţi: 1⁰) Gravitatea; 2⁰) Căldura; 3⁰) Acustica; 4⁰) Optica; 5⁰) Electricitatea şi magnetismul.

Proprietăţile generale ale materiei.

Materie. Corp. Proprietăţi generale și proprietăţi particulare ale corpurilor. Proprietăţile generale necesare existenţei materiei: întinderea, nepenetrabilitatea. — Se numeşte *materie* tot ce cade sub simţurile noastre. Astfel aerul, pe care-l respirăm, apa, arborii, pietrele etc., fac parte din materie.

O porţiune mărginită din materie constitue *corpul.*

Corpii au proprietăţi *generale* şi *particulare.*

Proprietăţile *generale* sunt acelea, pe cari le posedă toate corpurile fără deosebire.

Proprietăţile particulare sunt acelea ce convin unui corp în special; astfel culoarea, forma, etc., sunt proprietăţi particulare ale corpurilor.

Intre proprietăţile generale ale corpurilor, sunt unele fără cari ele nu ar puteà să existe. Aceste sunt în număr de două: 1⁰) întinderea; 2⁰) nepenetrabilitatea (nepătrunderea).

Intinderea este proprietatea ce o au corpurile de a ocupà un loc în spaţiu. Acest loc se numeşte *volum*.

Un corp, pentru ca să existe, trebue să aibă trei dimensiuni: lungime, lăţime şi adâncime.

Nepenetrabilitatea este proprietatea ce o are un corp de a ocupà singur locul în spaţiu, şi nu împreună cu alt corp. Astfel, o piatră introdusă în apă depărtează părticele de apă şi spaţiul este ocupat numai de piatră, iar nu şi de apă.

Aceste două proprietăţi sunt absolut necesare existenţei materiei.

Descartes şi Malebranche admiteau numai întinderea ca proprietate generală necesară existenţei materiei. Aceasta nu este de ajuns. Imaginea produsă de un corp în oglindă nu este un corp, căci locul imaginei este ocupat de un corp oarecare din dosul oglinzii, aşà că a doua proprietate generală, nepenetrabilitatea, nu este satisfăcută.

Alte proprietăţi generale ale materiei: divizibilitatea, compresibilitatea, dilatabilitatea, elasticitatea. Atomi. Molecule. Constituţiunea corpurilor. — Pe lângă întindere şi nepenetrabilitate, alte proprietăţi generale sunt: *divizibilitatea*, *compresibilitatea*, *dilatabilitatea*, *elasticitatea*.

Divizibilitatea este proprietatea generală ce o au corpurile de a fi împărţite în părţi din ce în ce mai mici.

Astfel, o bucată de cretă poate fi pulverizată în pulbere mai mult sau mai puţin fină. Prin mijloace mecanice s'a ajuns a se face foi de aur destul de subţiri pentru ca 25000 de foi suprapuse să aibă de abià grosimea de un milimetru. Se pot face, de asemenea, fire de platină a căror grosime să fie $\frac{1}{1200}$ din un milimetru.

O picătură de substanţă colorantă, de exemplu câteva miligrame de fucsină, poate colorà în roşu câţiva litri de apă.

Divizibilitatea corpurilor merge şi mai departe cu substanţele odorante, cari, după cum se ştie, răspândesc un miros pronunţat în camere spaţioase.

Dacă, prin urmare, divizibilitatea materiei poate merge din ce în ce mai departe, ne întrebăm dacă are ea o limită sau nu?

După ideile primite actualmente în ştiinţă, se admite că divizibilitatea materiei este limitată la nişte părticele cu totul mici, cari nu se mai pot divide, numite *atomi*.

Mai mulţi atomi juxtapuşi formează *o moleculă*.

Un corp este format din molecule, între cari există nişte spaţii sau intervale mici numite *spaţii intermoleculare*. Aceste spaţii intermoleculare sunt de acelaş ordin de mărime ca şi moleculele.

Spaţiile sau intervalele intermoleculare permit a explicà *compresibilitatea* şi *dilatabilitatea corpurilor*.

Compresibilitatea este proprietatea generală ce o au corpii de a puteà să-şi micşoreze volumul sub acţiunea puterilor exterioare. Compresibilitatea se explică prin micşorarea spaţiilor intermoleculare.

Dilatabilitatea este proprietatea generală ce o au corpii de a-şi mări volumul. Se ştie că un corp încălzit îşi măreşte volumul, în general. Explicarea dilatabilităţei o găsim în mărirea spaţiilor intermoleculare.

Elasticitatea este proprietatea ce o au corpurile de a reveni la starea lor primitivă, când puterea care a lucrat asupra lor încetează a se mai exercità. Astfel, o vargă de oţel îndoită revine la starea sa primitivă când o lăsăm liberă.

Stările corpurilor. Coesiune. — Corpurile din natură se prezintă sub una din cele trei stări fizice: *solidă, licidă* sau *gazoasă*.

Unul şi acelaş corp poate fi, după împrejurări, în stare solidă, licidă sau gazoasă. Astfel, apa rîurilor şi a mărilor este licidă; în atmosferă există vapori de apă; iar în timpul ernei, apa răcindu-se se prezintă sub formă de ghiaţă. Compoziţiunea chimică a apei rămâne însă aceeaşi sub oricare din aceste trei stări fizice.

Starea solidă. Corpurile în stare solidă sunt caracterizate prin un *volum determinat* şi o *formă determinată*.

Intre moleculele unui corp se exercită forţe de atracţiune numită *forţe de coesiune* sau, mai scurt, *coesiunea*.

La corpurile solide, coesiunea este foarte mare. Următorul exemplu ne poate pune în evidenţă mărimea coesiunei la solide: să luăm o sârmă de oţel, de un milimetru pătrat de secţiune, s'o atârnăm cu un capăt de un suport, iar la celalt capăt să punem greutăţi din ce în ce mai mari, până ce sârma se va rupe; experienţa ne va arătà că pentru a puteà rupe sârma va trebuì să aplicăm o greutate de 92 kilograme.

Compresibilitatea este foarte mică la solide: un solid supus la presiune (apăsare) îşi micşorează volumul însă foarte puţin.

Elasticitatea la corpurile solide se manifestă în patru moduri:

a) prin *tracţiune*, când, de exemplu, lungim un fir susţinându-l la un capăt şi aplicând o greutate la celalt;

b) prin *flexiune*, când îndoim o sârmă, de exemplu;

c) prin *torsiune*, când răsucim o sârmă;

d) prin *presiune*, când exercităm o apăsare asupra corpului.

Unele corpuri solide ca oţelul, de exemplu, sunt foarte elastice; pe când altele ca plumbul aproape de loc.

Fenomenele de elasticitate provocate prin tracţiune, flexiune şi torsiune nu aparţin decât corpurilor solide.

Starea licidă. Corpurile în stare licidă sunt caracterizate prin un *volum determinat*; un licid nu are o *formă proprie* şiià forma vasului în care este conţinut.

Coesiunea este foarte mică la licide şi moleculele lor pot alunecà cu uşurinţă între ele. Coesiunea totuşi există la licide şi o putem pune în evidenţă în următorul mod:

Să introducem un baston de sticlă în apă şi să-l scoatem apoi afară; vom vedeà o picătură licidă atârnată la capătul bastonului. Această picătură de apă este formată din molecule; unele din ele, cari vin în contact imediat cu bastonul, sunt ţinute prin aderenţa între solid şi licid, restul moleculelor de apă prin forţe de coesiune.

Licidele sunt *foarte puţin compresibile*; totuşi, compresibilitatea la licide este mai mare decât la solide.

Licidele sunt corpuri *perfect elastice*: dacă am exercitat o apăsare asupra unui licid aşà că volumul lui s'a micşorat şi dacă apoi o suprimăm, experienţa arată că licidul revine la volumul său primitiv.

Starea gazoasă. Corpurile în stare gazoasă sau *gazele* nu au nici *volum determinat* nici *formă determinată*.

Coeziunea la gaze este nulă. Moleculele gazelor tind a se depărtà între ele şi a ocupà un volum din ce în ce mai mare; aceasta constitue *expansibilitatea* gazelor.

Putem pune în evidenţă expansibilitatea gazelor prin următoarea experienţă:

Fig. 1.

Se închide un gaz în o beşică (fig. 1) şi se introduce sub un clopot de sticlă din care se poate scoate aerul. Incepând a scoate parţial aerul din clopot, vom vedea că beşica cu gaz se umflă din ce în ce mai mult, aşà că volumul devine din ce în ce mai mare.

Gazul conţinut în beşică exercită o apăsare asupra pereţilor beşicei, numită *forţă elastică*, contrabalanţată la fiecare moment prin presiunea exterioară a aerului din clopot asupra beşicei cu gaz.

Gazele sunt corpuri foarte *compresibile şi perfect elastice.* Compresibilitatea şi elasticitatea gazelor se poate proba (fig. 2) cu ajutorul unui tub de sticlă, cu pereţii groşi, închis la un capăt şi în care străbate un piston.

Introducând pistonul în tub, vom închide un volum de aer. Dacă apăsăm asupra coadei pistonului, aşà ca volumul aerului să fie redus la o fracţiune din volumul primitiv, şi apoi lăsăm pistonul liber, vom vedeà că aerul va impinge pistonul, care va ocupà poziţiunea iniţială.

Micşorarea din ce în ce mai mare a volumului gazului probează *compresibilitatea gazelor.*

Revenirea volumului gazului, după ce a fost comprimat la volumul iniţial, probează *perfecta elasticitate a gazelor.*

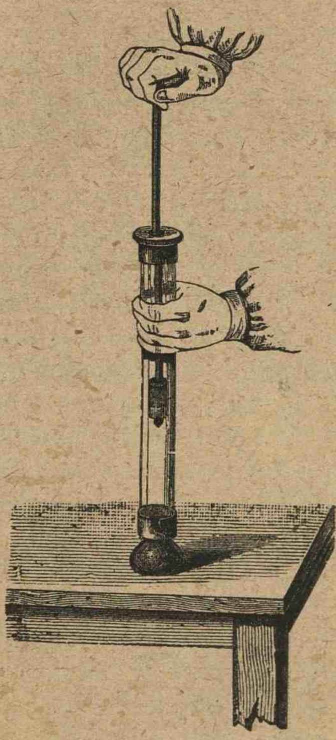


Fig. 2.

NOŢIUNI DE MECANICA

Mobilitatea. Mişcare, repaus. Mişcare absolută şi relativă. Repaus absolut şi relativ. — *Mobilitatea* este proprietatea ce o au corpurile de a se putea mutà dela un loc la altul.

Se zice că un corp este în *mişcare*, când poziţiunea sa în spaţiu se schimbă cu timpul. Din contra, când corpul continuă a ocupà acelaş loc în spaţiu, se zice că este în *repaus*.

Se dă numele de *mobil* unui corp în mişcare.

Pentru a ne dà seamă de diferitele poziţiuni ocupate de un corp în mişcare, îl raportăm la nişte puncte exterioare corpului. De exemplu mişcarea unui om în raport cu un stâlp telegrafic, un arbore, etc.

Când aceste puncte, la cari raportăm mişcarea, sunt imobile, mişcarea mobilului se zice *absolută*. Dacă însă punctele fixe, la cari raportăm mişcarea mobilului, ar ocupà diferite poziţiuni, variabile cu timpul, adică s'ar mişcà şi ele, mişcarea este *relativă*.

Un exemplu de mişcare absolută şi relativă este următorul : un om care umblă pe un vapor în mişcare. Mişcarea călătorului este absolută în raport cu ţărmul, care este imobil; aceiaşi mişcare este relativă în raport cu obiectele de pe vapor, cari sunt toate în mişcare.

După cum avem mişcare absolută şi relativă, observăm de asemenea repaus absolut şi relativ, după cum punctele la cari se raportează corpul în repaus sunt imobile sau nu.

Trebue să ştim, că pe suprafaţa pământului nu se observă decât repaus şi mişcare relative, căci toate punctele de pe pământ sunt supuse la două mişcări : una de rotaţiune împrejurul liniei polilor, cealaltă de translaţiune împrejurul soarelui.

Trajectorie. Mişcare rectilinie şi curbilinie. Ecuaţiunea mişcării. — Un corp în mişcare ocupă în timpuri succesive diferite poziţiuni în spaţiu. Linia descrisă de mobil în mişcarea sa se numeşte *trajectorie*.

Mişcarea unui mobil se poate face sau după o linie dreaptă, în care cas mişcarea este *rectilinie*; sau după o linie curbă, în care cas mişcarea corpului este *curbilinie*.

Mişcarea mobilului este bine determinată, dacă se cunoaşte forma trajectoriei precum şi poziţiunea mobilului pe trajectorie la un moment dat.

Dacă socotim timpurile dela un moment determinat, de altă parte spaţiile descrise de mobil la timpurile corespondente, aceste spaţii fiind socotite dela un punct fix luat pe trajectorie, se poate stabilì o formulă sau o relaţiune între spaţiele descrise şi timpurile corespondente. O asemenea formulă se numeşte *ecuaţiunea mişcărei* mobilului pe trajectorie.

Mişcarea uniformă. Iuţeala în mişcarea uniformă.— Cea mai simplă din mişcări este *mişcarea uniformă*. Când un mobil se mişcă astfel că descrie spaţii sau drumuri egale în timpuri egale, unitatea de timp fiind arbitrară, o asemenea mişcare se numeşte *uniformă*.

In mişcarea uniformă, se numeşte *iuţeală* spaţiul percurs în unitatea de timp.

Se ià, în Fizică, ca unitate de timp *secunda* şi ca unitate de spaţiu *centimetrul*.

Vom considerà în special mişcarea uniformă *rectilinie* şi *circulară*.

Mişcarea uniformă rectilinie. Să presupunem un mobil care se mişcă pe dreapta ox cu o mişcare uniformă (fig. 3).

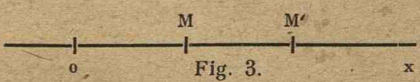


Fig. 3.

Să considerăm punctul o pe dreapta ox ca origina spaţielor şi să socotim timpul din momentul când mobilul trece prin punctul o.

Fie OM spaţiul percurs de corp în prima secundă; în a doua secundă, după definiţiunea mişcărei uniforme, spaţiul percurs va fi: $MM' = OM$ şi aşà mai departe. Fiecare din spaţiele OM, MM' descrise de mobil în unitatea de timp, constitue *iuţeala* mobilului în mişcarea uniformă.

Este uşor a stabilì ecuaţiunea mişcărei uniforme. Mobilul percurge în prima secundă spaţiul OM egal cu iuţeala v a mobilului; în a doua secundă spaţiul $MM' = OM = v$; deci, în timp de 2 secunde spaţiul:

$$OM + MM' = 2\ OM = 2\ v.$$

Prin urmare, în timp de t secunde, mobilul va percurge un spaţiu s, proporţional cu timpul:

$$(1) \qquad s = v \times t.$$

Relaţiunea sau formula (1) este *ecuaţiunea mişcărei uniforme.*

Se vede de acì, că în mişcarea uniformă *spaţiul parcurs de un mobil este egal cu iuţeala mobilului înmulţită cu timpul.*

Din relaţiunea (1) deducem:

$$(2) \qquad v = \frac{s}{t},$$

adică, *iuţeala este raportul dintre spaţiul, percurs de mobil, şi timpul întrebuinţat pentru a'l percurge.*

Iuţeala este măsurată cu aceleaşi unităţi ca şi spaţiul. Dacă spaţiul este evaluat în centimetri şi timpul în secunde, iuţeala va fi dată în centimetri pe secundă: când spaţiul este măsurat în metri sau kilometri şi timpul în ore, iuţeala va fi dată în metri sau kilometri pe oră.

Exemplu. Un tren face cu o mişcare uniformă 120 kilometri în 3 ore. Pentru a avea iuţeala trenului vom divide spaţiul de 120 kilometri prin timpul de 3 ore.

Iuţeala trenului pe oră este $\frac{120}{3} = 40$ kilometri.

Am presupus că luăm ca origină a spaţielor punctul o şi ca origină a timpului momentul când mobilul trece prin punctul o (fig. 4). Să presupunem că luăm ca origină a spaţielor punctul A, şi ca origină a timpului momentul când trece prin punctul o, aşà că spaţiul $AO = s_0$. In acest caz, spaţiile descrise de mobil, începând din o, vor fi: $s - s_0$, relaţiunea (1) devine:

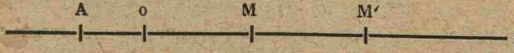


Fig. 4.

$$s - s_0 = v \times t \text{ sau}$$

$$(3) \qquad s = s_0 + v\ t.$$

Iuţeala mobilului va fi:

$$(4) \qquad v = \frac{s - s_0}{t}.$$

Mişcarea circulară uniformă. — Fie un mobil care se mişcă pe o circonferinţă de rază R (fig. 5).

Mişcarea mobilului va fi uniformă când arcele percurse în timpuri egale sunt egale între ele.

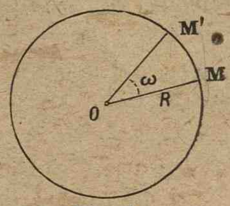


Fig. 5.

Să considerăm arcul MM′ descris în unitatea de timp; acest arc este iuţeala mobilului în mişcarea circulară uniformă.

După figură avem:

$$(1) \qquad MM' = v = R \times \omega.$$

Unghiul ω se numeşte *iuţeala unghiulară* a mobilului.

Din (1) deducem:

$$\omega = \frac{MM'}{R} = \frac{v}{R}$$

adică, iuţeala unghiulară este egală cu raportul dintre arcul percurs de mobil în unitatea de timp (iuţeala mobilului) şi raza circonferenţei, pe care mobilul se mişcă.

Să presupunem că mobilul descrie circonferinţa de rază R în timpul t cu o mişcare uniformă.

Relaţiunea între spaţiu şi timp, este:

$$2\pi R = v\,t;$$

de unde se deduce iuţeala v a mobilului:

$$v = \frac{2\pi R}{t}.$$

Iuţeala unghiulară este:

$$\omega = \frac{v}{R} = \frac{2\pi}{t}.$$

Mişcarea variată. — Se numeşte *mişcare variată*, mişcarea în care mobilul percurge spaţii neegale în timpuri egale.

Fie $o\,x$ trajectoria descrisă de mobil în mişcarea variată;

Fig. 6.

OM spaţiul descris în timpul t şi MM′$=s'$ spaţiul parcurs în timpul t' (fig. 6).

Spaţiul MM′ poate fi parcurs de mobil în timpul t' în o mulţime de moduri. Să presupunem că mobilul ar percurge acest spaţiu cu o mişcare uniformă. Iuţeala mobilului în acest caz este raportul dintre spaţiul MM′ şi timpul t adică: $\frac{s'}{t'}$.

Prin urmare, *iuţeala mijlocie a unui mobil în mişcarea* *variată între două momente t și $t + t'$ este raportul între spațiu parcurs în timpul t' și timpul t' întrebuințat pentru a-l parcurge.*

Am presupus că timpului t întrebuințat de mobil pentru a parcurge spațiul OM, i-am dat creșterea t'. Să considerăm creșteri de timp din ce în ce mai mici. Fie t'', t'''... acele creșteri de timp, spațiele s'', s'''... descrise în timpurile t'', t'''... vor deveni și ele din ce în ce mai mici.

Iuțelele mijlocii corespunzătoare timpurilor t'', t'''... vor fi:

$$\frac{s''}{t''}, \frac{s'''}{t'''} \text{ etc.}$$

Când aceste timpuri t', t'', t''' devin din ce în ce mai mici și tind către zero, iuțelele mijlocii $\frac{s'}{t'}, \frac{s''}{t''}, \frac{s'''}{t'''}\dots$ tind către o limită determinată, care constitue *iuțeala mobilului la momentul t.*

Iuțeala mobilului la timpul t, este deci:

$$\lim \left(\frac{s'}{t'}\right) \text{ când } t' \text{ tinde către zero,}$$

adică, *iuțeala mobilului la timpul t este limita raportului între creșterea s′ a spațiului s și creșterea t′ a timpului t, când timpul t′ tinde către zero.*

Să aplicăm noțiunele de mai sus la următorul exemplu:

Să presupunem că ecuațiunea mișcărei variate a unui mobil este următoarea:

$$(1) \qquad s = a t^2.$$

Dacă timpul crește cu t', spațiul se mărește cu s', și relațiunea (1) devine:

$$(2) \qquad s + s' = a\,(t + t')^2 = a\,(t^2 + t'^2 + 2tt').$$

Scăzând (1) din (2), avem:

$$s' = at'^2 + 2att'.$$

Iuțeala mijlocie a mobilului în intervalul t', este raportul:

$$\frac{s'}{t'} = at' + 2at.$$

Iuțeala mobilului la timpul t este limita raportului $\frac{s'}{t'}$ când t' tinde către zero:

$$\text{iuțeala la timpul } t = \lim \left(\frac{s'}{t'}\right) = 2at.$$

Mișcarea uniform variată. Accelerațiune. Legea spațielor și iuțelelor în mișcare uniform variată.— Intre mișcările variate, vom studià în special *mișcarea uniform* variată.

Se zice că mişcarea uuui mobil este uniform variată când variaţiunile iuţelei mobilului sunt proporţionale cu timpul. Cantitatea constantă cu care variază iuţeala mobilului în unitatea de timp, de exemplu în o secundă, constitue *acceleraţiunea mobilului.*

După cum acceleraţiunea este pozitivă sau negativă, mişcarea uniform variată este de două feluri: *mişcare uniform accelerată* şi *mişcare uniform întârziată.*

Mişcarea uniform accelerată. Mişcarea este uniform accelerată când variaţiunea iuţelei mobilului creşte proporţional cu timpul, or care ar fi intervalul de timp considerat.

Fie v_0 iuţeala mobilului când trece prin punctul de unde se socoteşte timpul; această iuţeală se mai numeşte şi *iuţeală iniţială.*

După o secundă, de exemplu, iuţeala mobilului se măreşte cu cantitatea constantă γ, numită acceleraţiune, aşa că iuţeala mobilului devine:

$$v_0 + \gamma.$$

După două secunde de mişcare, iuţeala mobilului, conform definiţiunei mişcărei uniforme accelerate, este:

$$v_0 + 2\gamma.$$

In general, după timpul de t secunde, iuţeala v a mobilului, devine:

$$(1) \qquad v = v_0 + \gamma t.$$

Relaţiunea (1) exprimă legea iuţelelor în mişcarea uniformă accelerată.

Din legea iuţelelor putem deduce legea spaţiilor.

Să presupunem că dividem timpul t, în care mobilul efectue mişcarea uniform accelerată, în intervale θ destul de mici pentru ca iuţelele să fie aproape constante în un interval şi să varie numai dela un interval la altul.

Fie n numărul acestor intervale. Vom aveà: $t = n\theta$.

Intervalele fiind foarte mici, putem presupune că mobilul se mişcă în un interval cu o mişcare uniformă.

Spaţiul parcurs în primul interval θ este:

$$s_1 = v_0\,\theta.$$

Spaţiul parcurs în intervalul următor este:

$$s_2 = (v_0 + \gamma\,\theta)\,\theta,$$

căci, conform definiţiunei mişcărei uniforme accelerate, iuţeala a crescut proporţional cu timpul.

Spaţiile succesive vor fi: $s_3=(v_0+2\gamma\theta)\theta$, $s_4=(v_0+3\gamma\theta)\theta$ etc.
Vom aveà astfel tabloul următor:

$$\begin{aligned} s_1 &= v_0\,\theta \\ s_2 &= (v_0+\gamma\,\theta)\,\theta \\ s_3 &= (v_0+2\gamma\,\theta)\,\theta \\ &\vdots \\ s_n &= [v_0+(n-1)\,\gamma\,\theta]\,\theta. \end{aligned}$$

Insă, suma $s_1+s_2+s_3+\ldots+s_n=s$, spaţiul total parcurs de mobil în timpul t. Vom aveà deci:

$$s=n\,v_0\,\theta+\gamma\,\theta^2[1+2+3+\ldots+(n-1)],$$

sau:

$$s=n\,v_0\,\theta+\gamma\,\theta^2\,\frac{(n-1)n}{2}$$

Ultima relaţiune se mai poate scrie;

$$s=n\,v_0\,\theta+\frac{\gamma\,n\,\theta}{2}\,(n\,\theta-\theta).$$

Insă $n\,\theta=t$; deci:

$$s=v_0\,t+\frac{\gamma t}{2}\,(t-\theta).$$

Pentru a aveà spaţiul total parcurs de mobil, trebue a presupune că intervalele θ devin foarte mici şi tind către zero.

Relaţiunea precedentă devine când $\theta=0$:

$$(2)\qquad s=v_0\,t+\frac{\gamma t^2}{2}$$

Relaţiunea (2) exprimă legea spaţielor în mişcarea uniform accelerată.

Am presupus că mobilul când trece prin origina spaţielor şi a timpurilor are o iuţeală iniţială v_0. Dacă iuţeala iniţială este nulă, adică când mobilul pleacă din repaus, atunci $v_0=0$ şi formulele (1) şi (2) se simplifică.

Ele devin în acest caz:

$$(3)\qquad v=\gamma\,t$$

$$(4)\qquad s=\frac{\gamma t^2}{2}$$

Relaţiunile (3) şi (4) arată că pentru un mobil, ce pleacă din repaus şi efectuiază o mişcare uniform accelerată: 1°) iuţeala după timpul t creşte proporţional cu timpul; 2°) spaţiile percurse în timpul t sunt proporţionale cu pătratele timpului.

Dacă în relaţiunile (3) şi (4) eliminăm timpul t, vom deduce o relaţiune între spaţiu şi iuţeală.

In adevăr, din relaţiunea (3) deducem :

$$t^2 = \frac{v^2}{\gamma^2}.$$

Inlocuind în rel. (4) :

$$s = \frac{\gamma}{2} \times \frac{v^2}{\gamma^2}; \text{ de unde:}$$

$$v^2 = 2\gamma s, \text{ sau :}$$

$$v = \sqrt{2\gamma s}. \quad (5)$$

Relaţiunile (3), (4) şi (5) intervin în căderea liberă a unui corp pe suprafaţa pământului.

Mişcarea uniform întârziată.— Mişcarea unui mobil este uniform întârziată, când variaţiunea iuţelei mobilului descreşte proporţional cu timpul.

Dacă iuţeala iniţială a mobilului când trece prin originea spaţiilor şi a timpurilor este v_0, iuţeala v după timpul t este :

$$v = v_0 - \gamma t.$$

Prin un raţionament analog celui din cazul mişcărei uniform accelerate, vom deduce spaţiul parcurs de mobil în timpul t :

$$s = v_0 t - \frac{\gamma t^2}{2}.$$

Formulele generale ale mişcărei uniform variate.— Aceste formule sunt :

$$v = v_0 \pm \gamma t$$

$$s = v_0 t \pm \frac{\gamma t^2}{2},$$

acceleraţiunea γ fiind *pozitivă* în cazul mişcărei uniform accelerate, şi *negativă* când mişcarea este uniform întârziată.

P u t e r i.

Puteri. Efecte statice şi dinamice produse de puteri.— Se numeşte putere, orice cauză ce poate modifică starea de repaus sau de mişcare a unui corp.

Efectele produse de puteri asupra corpurilor sunt de două feluri : a) *dinamice* b) *statice*.

Astfel, când sub acţiunea unei puteri un corp trece din repaus în stare de mişcare, efectul produs de putere asupra corpului este un efect dinamic. Când mişcarea unui corp din uniformă devine variată, efectul puterei este de asemenea dinamic.

Când atârnăm un corp greu de un fir, firul se lungeşte ; greutatea corpului, care este o forţă, a produs un efect static. Dacă la o vergea metalică, fixată la un capăt, aplicăm o putere la cealaltă extremitate, vom vedeà că vergeaua metalică se va îndoì. Efectul puterei, produs în acest caz, este un efect static.

O putere este caracterizată prin următoarele trei elemente : a) *punctul de aplicaţiune al puterei*, care este punctul corpului asupra căruia este aplicată puterea ; b) *direcţiunea puterei*, care este direcţiunea după care puterea tinde a mişcà punctul de aplicaţiune ; c) *intensitatea* sau tăria puterei.

Măsura intensităţei puterilor. Unităţi de putere. Dinamometre. — Se pot măsurà intensităţile puterilor comparându-le între ele. Intensităţile a două puteri sunt egale, sau, mai scurt, două puteri sunt egale, când lucrând asupra aceluiaş corp şi în aceleaşi condiţiuni produc aceleaşi efecte.

In cazul când puterile sunt neegale, pentru a puteà stabilì comparaţiunea între puteri, facem uz de următorul principiu, admis ca o axiomă în Mecanică : *Când mai multe puteri lucrează în acelaşi timp asupra unui corp, fiecare putere produce un efect ca şi cum ar lucrà ea singură, şi, prin urmare, independent de celelalte puteri.*

Acesta este principiul, cunoscut în mecanică, sub numele de *principiul independenţei puterilor.*

In virtutea acestui principiu, o putere P este de două, 3, *n* ori mai mare de cât o altă putere *p*, dacă efectul produs asupra corpului de puterea P este egal cu acel produs de 2 *p*, 3 *p*, *np* puteri lucrând de odată asupra corpului.

Pentru a puteà comparà cu uşurinţă intensităţile puterilor, s'a admis o unitate de putere. Ca unitate practică de putere s'a luat greutatea unui *kilogram*. In Fisică s'a adoptat actualmente ca unitate de putere : *dyna*, care valorează $\frac{1}{981}$ din un gram sau aproximativ un miligram.

Instrumentele, cu cari se compară intensitățile puterilor, se numesc *dinamometre*. Dinamometrele sunt bazate pe flexiunea (îndoirea) unui arc sau unui resort metalic, supus la acțiunea puterei.

Un dinamometru întrebuințat este următorul (fig. 7 și 8): o lamă de oțel *abc* este recurbată în formă de V; la cele două capete ale lamei sunt fixate două arce metalice *d* și *e*, dintre cari unul se termină prin inelul *f*, iar celalt prin cârligul *g*. Fiecare din aceste arce străbate cu extremitățile libere prin deschizături făcute în lama metalică. Ținând dinamometrul în mână prin ajutorul inelului *f* sau fixându-l la un suport și punând greutăți în *g*, vom vedeà că arcul *abc* se va îndoì. Flexiunea arcului, până la o limită, este proporțională cu puterile aplicate în *g*. Vom gradà dinamometrul aplicând în *g* greutăți de 1, 2, 3... *n* kilograme și însemnând pe arcul *d* locul unde acest arc străbate lama de oțel. Se vor face apoi gradațiuni intermediare.

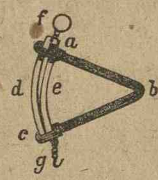


Fig. 7.

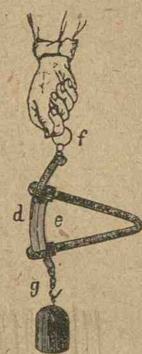


Fig. 8.

Efectul unei puteri va fi de 1, 2, 3... *n* kilograme, dacă va produce o flexiune corespunzătoare diviziunilor de pe arcul *d*, egele cu 1, 2, 3... *n* kilograme.

Dinamometrul Leroy este format din un resort în formă de helice (fig. 9); capătul de sus al resortului este fixat la un tub de metal *ab*, iar cel inferior la un disc *c*. Tot pe acest disc, la mijlocul său și perpendicular este lipită o vergea metalică, ce ese din tub și se termină prin inelul *d*. Tubul de metal are un cârlig *e* la partea de jos, de care se atârnă greutăți. Sub efectul acestor greutăți, resortul se strânge, vergeaua metalică ese din tub și un indice, fixat în c, indică cantitatea cu care resortul s'a strâns sub acțiunea diverselor puteri.

Acest dinamometru se gradează ca și precedentul, atârnând greutăți cunoscute în *e*.

Acest dinamometru este întrebuințat și în economia domestică pentru măsurarea greutăților.

Fig. 9.

Efectul unei puteri constante lucrând asupra unui punct

cu totul liber.— Este necesar a enuncià prealabil două principii admise în Mecanică : a) *principiul inerţiei ; b) principiul independenţei mişcărilor*, aplicate la un *punct material*, adică la un punct matematic, care se bucură de toate proprietăţile materiei.

Principiul inerţiei. Acest principiu cuprinde două părţi: a) *un punct material în repaos va rămânea totdeauna în repaos, dacă nici o putere exterioară nu va lucrà asupra lui ;* b) *dacă punctul material se mişcă şi dacă nici o putere exterioară nu lucrează asupra lui, mişcarea punctului material este uniformă şi rectilinie.*

Prima parte a principiului inerţiei a fost admisă chiar din timpurile cele mai vechi ; a doua parte a fost enunciată de Kepler.

Suntem conduşi la a doua parte a principiului inerţiei prin următoarele consideraţiuni : o bilă aruncată pe un plan orizontal se mişcă din ce în ce mai încet şi după câtva timp se opreşte, atât din cauza frecărei bilei pe plan cât şi a rezistenţei aerului ; dacă planul orizontal este mai neted, bila se va mişcà mai mult. Presupunând că bila nu ar aveà nici o frecare pe plan şi rezistenţa aerului ar fi nulă, bila ar continuà a se mişcà necontenit cu o mişcare rectilinie şi uniformă.

Principiul independenţei mişcărilor. Enunciul acestui principiu este următorul : *efectul unei puteri asupra unui punct material este acelaşi, fie că punctul ar fi în stare de mişcare sau în stare de repaus.*

Aceste două principii cunoscute, este uşor a vedeà care este efectul produs de o putere constantă lucrând asupra unui punct material.

Să presupunem că o putere P lucrează asupra unui punct material, care pleacă din repaos. După o secundă de mişcare, punctul material a câştigat o iuţeală γ. Dacă puterea P încetează să mai lucreze, punctul material, în virtutea principiului inerţiei, va continuà a se mişcà în linie dreaptă şi cu o mişcare uniformă, a cărei iuţeală este γ. Dacă însă puterea P lucrează necontenit, atunci punctul material după 2 secunde de mişcare îşi va mărì iuţeala încă cu γ, în virtutea principiului independenţei mişcărilor, aşà că iuţeala după 2 secunde este 2γ ; în un mod analog, puterea lucrând necontenit asupra punctului material, după 3 secunde iuţeala va fi 3γ. In general, după t secunde de mişcare, iuţeala v a punctului material este :

$$v = \gamma t.$$

Se ştie că, în mişcarea uniform variată, iuţeala este proporţională cu timpul. Prin urmare, *o putere constantă lucrând asupra unui punct material, cu totul liber, imprimă punctului o mişcare uniform variată.*

Am presupus că punctul material pleacă din repaos. Dacă însă ar aveà o iuţeală v_0, iuţeala mobilului după timpul t, în virtutea principiului inerţiei, este :

$$v = v_0 + \gamma t.$$

Proporţionalitatea puterilor cu acceleraţiunile. — Să considerăm două puteri constante P şi P', cari lucrează asupra aceluiaşi punct material. Puterile imprimă punctului material o mişcare uniform accelerată. Fie Γ şi Γ' acceleraţiunile imprimate punctului material de P şi P'.

Puterile P şi P' pot fi măsurate cu o unitate de putere p, aşà că avem :

$$P = n p, \quad P' = n' p;$$

de unde, prin diviziune :

$$(1) \qquad \frac{P}{P'} = \frac{n}{n'}.$$

De altă parte dacă considerăm puterea p, ea imprimă punctului material o acceleraţiune γ ; puterea $P = np$, în virtutea principiului independenţei puterilor, va imprimà o acceleraţiune $n\gamma = \Gamma$. In un mod analog, puterea $P' = n' p$ va imprimà punctului material o acceleraţiune : $n'\gamma = \Gamma'$. Vom aveà deci :

$$\Gamma = n\gamma, \quad \Gamma' = n'\gamma. \text{ De unde :}$$

$$(2) \qquad \frac{\Gamma}{\Gamma'} = \frac{n}{n'}.$$

Comparând (1) cu (2), avem :

$$(3) \qquad \frac{P}{P'} = \frac{\Gamma}{\Gamma'}, \text{ adică:}$$

puteri constante, lucrând asupra aceluiaşi punct material, imprimă punctului acceleraţiuni proporţionale cu puterile.

Din (3) deducem : $\frac{P}{\Gamma} = \frac{P'}{\Gamma'}$, relaţiune de care ne vom servì.

In demonstraţiunea de mai sus, am presupus că puterile constante lucrează asupra unui punct material. Dacă puterile ar lucrà asupra unui corp, toate punctele corpului având la un moment dat aceleaşi iuţeli, putem presupune că toate punctele materiale din cari corpul este format sunt reunite în un punct, şi atunci teoremul proporţionalităţei puterilor cu acceleraţiunile se aplică şi unui corp.

Massa unui corp. Unităţi de massă. — Dacă asupra aceluiaşi corp lucrează puterile constante P, P′, P″...P_n, ele vor imprimà corpului acceleraţiunile Γ, Γ′, Γ″...Γ_n, aşà că vom aveà:

$$\frac{P}{\Gamma}=\frac{P'}{\Gamma'}=\frac{P''}{\Gamma''}=\ldots=\frac{P_n}{\Gamma_n}=m.$$

Se numeşte *massă: raportul constant între o putere constantă şi acceleraţiunea imprimată corpului de putere.*

Intre diversele puteri cari pot lucrà asupra unui corp, să considerăm pe aceia care se prezintă în un mod mai natural: *greutatea însuşi a corpului.*

Fie *P* greutatea corpului, datorită acţiunei gravităţii, şi *g* acceleraţiunea imprimată corpului de gravitate în căderea liberă.

Vom aveà:

$$\frac{P}{g}=m.$$ P = mg

De acì deducem următoarea definiţiune a massei unui corp: *Massa corpului este raportul constant între greutatea corpului şi acceleraţiunea imprimată corpului în căderea liberă sub acţiunea gravităţei.*

Unitatea de massă, în Mecanică, se obţine făcând $m=1$, în relaţiunea $P=mg$. Unitatea de massă este massa unui corp a cărui greutate este reprezintată în un loc de pe suprafaţa pământului prin un număr de kilograme egal cu numărul de metri, cari reprezintă acceleraţiunea imprimată de gravitate unui corp în căderea liberă pe pământ.

Aşà, la Paris, gravitatea imprimă unui corp în căderea liberă o acceleraţiune egală că $9^{m},8088$; unitatea de massă va fi massa corpului a cărui greutate este la Paris: $9^{kil.},8088$.

In Bucureşti, gravitatea imprimă unui corp o acceleraţiune egală cu $9^{m},8053$; unitatea de massă este massa corpului a cărui greutate în Bucureşti este $9^{kil.},8053$.

Măsura puterilor constante prin acceleraţiunile ce ele produc. — Puterile constante pot fi măsurate sau prin efectele lor statice, în care caz ne servim de dinamometre, cum s'a văzut dejà; sau prin efectele lor dinamice, prin acceleraţiunile ce ele produc asupra aceluiaşi corp.

Fie P greutatea şi P′ puterea necunoscută, cari lucrând asupra aceluiaşi corp produc acceleraţiunile *g* şi *g′*.

In virtutea teoremului proporţionalităţei puterilor cu acceleraţiunile, vom aveà:

$$(1) \qquad \frac{P}{g} = \frac{P'}{g'} = m,$$

m fiind massa corpului.

Deducem din relaţiunea (1):

$$(2) \qquad P' = \frac{P}{g} \times g'.$$

Pentru a cunoaşte puterea necunoscută P', va trebuì să determinăm greutatea P în un loc pe pământ, în care acceleraţiunea g, imprimată de gravitate, este cunoscută, şi să măsurăm tot odată acceleraţiunea g', produsă de puterea necunoscută P' asupra corpului. In acest mod, P' va putea fi determinat.

Reprezentarea geometrică a puterilor. — S'a văzut că o putere este caracterizată prin: *a*) punctul de aplicaţiune; *b*) direcţiunea şi *c*) intensitatea puterei.

Se reprezintă geometric o putere P, prin o dreaptă (fig. 10),

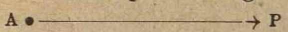


Fig. 10.

plecând din punctul A, care este punctul de aplicaţiune al puterei şi îndreptată în direcţiunea în care lucrează puterea.

Adoptând o unitate de lungime pentru unitatea de intensitate, puterea P va aveà o lungime proporţională cu intensitatea sa.

Rezultanta puterilor. Componente. — Când mai multe puteri, cari lucrează asupra unui corp, produc acelaşi efect ca şi o putere unică, care le poate înlocuì, se dă numele de *rezultantă* acestei putere unice.

Puterile, cari pot fi înlocuite prin o *rezultantă*, se numesc puteri *componente*.

Compunerea puterilor cari lucrează asupra aceluiaşi punct în linie dreaptă. Cazul puterilor egale. — Să presupunem că

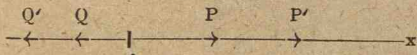


Fig. 11.

avem mai multe puteri cari lucrează în linie dreaptă asupra punctului A, dintre cari puterele P şi P' în o direcţiune, iar Q şi Q' în direcţiune opusă (fig. 11).

Vom consideră puterile P şi P', cari lucrează în o direcţiune ca pozitive, iar puterile Q şi Q' lucrând asupra punctului A în direcţiune opusă ca negative. Rezultanta R va fi suma algebrică a acestor puteri:

$$R = P + P' - Q - Q'.$$

După cum R va fi pozitiv sau negativ, punctul A se va mişcà în direcţiunea Ax sau în direcţiunea opusă.

Dacă R = o, adică dacă puterele cari trag punctul A în o direcţiune sunt egale cu acelea cari îl solicită în direcţiunea opusă, punctul A va rămâneà imobil. Se zice atunci, că puterile aplicate asupra punctului A îşi fac *echilibru.*

Compunerea a două puteri concurente. Calculul rezultantei în acest caz. — Se dă numele de puteri *concurente* acelor ce sunt aplicate asupra aceluiaş punct.

Să presupunem că asupra punctului A lucrează două puteri concurente P şi Q, formând între ele un unghiu α (fig. 12).

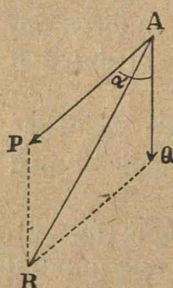


Fig. 12.

Se demonstră în Mecanică că rezultanta acestor două puteri P şi Q se obţine formând un paralelogram, care să aibă ca laturi adiacente puterile P şi Q. Diagonala R a paralelogramului reprezintă în mărime şi direcţiune rezultanta puterilor concurente.

Compunerea mai multor puteri concucurente. Poligonul puterilor. — Fie puterile P, P′, P″, P‴, aplicate în A (fig. 13). Vom obţine rezultanta lor în modul următor :

Din extremitatea B a puterii P, vom duce o dreaptă egală, paralelă şi de acelaş sens cu puterea P′. Dacă am unì punctul A cu F, dreapta AF este rezultanta puterilor P şi P′.

Continuând mai departe, dacă din F vom duce o dreaptă FG, egală, paralelă şi de acelaş sens cu P″, dreapta AG ar fi rezultanta puterilor AF şi P″, adică rezultanta puterilor P+P′+P″. In fine, ducând GH egală, paralelă şi de acelaş sens cu P‴, dreapta AH va fi rezultanta căutată a puterilor P+P′+P″+P‴.

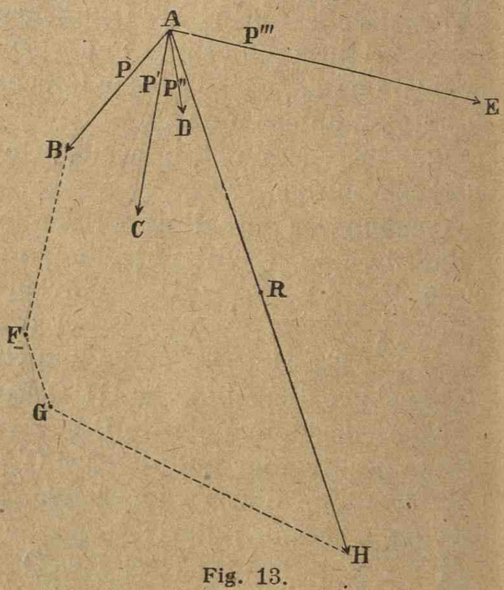


Fig. 13.

Se vede de acì, că pentru a obţine rezultanta puterilor concurente P, P', P'', P''', vom construì un poligon a cărui laturi sunt egale, paralele şi de acelaş sens cu puterile date. Unind punctul de aplicaţiune a puterilor cu extremitatea conturului poligonal, dreapta obţinută va reprezintà în mărime şi direcţiune rezultanta căutată a puterilor concurente.

Se dă numele de *poligon al puterilor*, poligonului format în modul indicat mai sus.

Când poligonul puterilor este închis, rezultanta puterilor concurente este *nulă*. In acest caz, puterile concurente îşi fac echilibru.

Compunerea a două puteri paralele şi de acelaş sens.— Să presupunem că două puteri paralele P şi Q lucrează asupra unui corp şi sunt aplicate în punctele A şi B (fig. 14). Se demonstră că se poate obţine rezultanta după regula următoare:

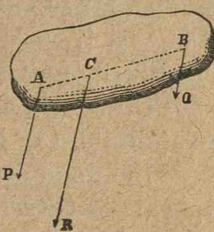


Fig. 14.

Rezultanta a două puteri paralele şi de acelaş sens P şi Q, aplicate în punctele A şi B, este egală cu suma puterilor, având o direcţiune paralelă cu puterile date şi de acelaş sens ca ele; punctul de aplicaţiune C al rezultantei determină pe dreapta AB două segmente AC şi CB, invers proporţionale cu intensităţile puterilor P şi Q.

Prin urmare, rezultanta puterilor va fi dată prin:

$$R = P + Q. \tag{1}$$

Punctul de aplicaţiune *C* al rezultantei va fi determinat prin:

$$\frac{P}{Q} = \frac{CB}{AC}. \tag{2}$$

Demonstraţiune. Ne propunem a demonstrà relaţiunile (1) şi (2), cari dau intensitatea şi punctul de aplicaţiune al rezultantei.

Vom demonstrà prealabil următorul teorem:

Teorem: *Când o putere este aplicată la un corp solid* [1] *în un punct al corpului, fără a schimbà efectul puterei, putem transportà punctul ei de aplicaţiune în un punct oarecare al*

---

1) Corpurile solide, de cari ne ocupăm aci, sunt cunoscute în Mecanică sub numele de *solide rigide*, adică corpuri solide aşà că distanţa între punctele lor materiale este neschimbată, ori cari ar fi puterile cari ar lucrà asupra lor.

direcţiunei puterei, cu condiţiune ca acest punct să fie legat iuvariabil cu cel d'întâi.

Fie P puterea aplicată în A (fig. 15). Să considerăm punctul B, făcând parte din corpul solid, aşà că A B să fie în direcţiunea puterei P. In B, aplicăm două puteri P′ şi P″ egale cu P şi de sens contrar. Puterea P″ aplicată în B este distrusă de P aplicată în A, din cauză că corpul fiind solid, se admite că puterile P şi P″ nu pot depărtà punctele A şi B, cari rămân la o distanţă invariabilă. Ne rămâne puterea P′ aplicată în punctul B egală şi de acelaşi sens cu P.

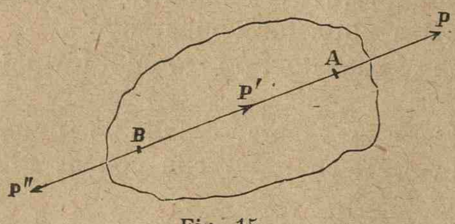


Fig. 15.

Bazaţi pe acest teorem, să trecem la demonstraţiunea relaţiunilor (1) şi (2).

Fie două puteri paralele şi de acelaşi sens P şi Q (fig. 16), aplicate la extremităţile dreptei AB (care face parte din corpul solid). In punctele A şi B să aplicăm două puteri egale şi de sens contrar AE şi BD. Aceste două puteri, făcându-şi echilibru, nu vor aveà nici un efect asupra sistemului.

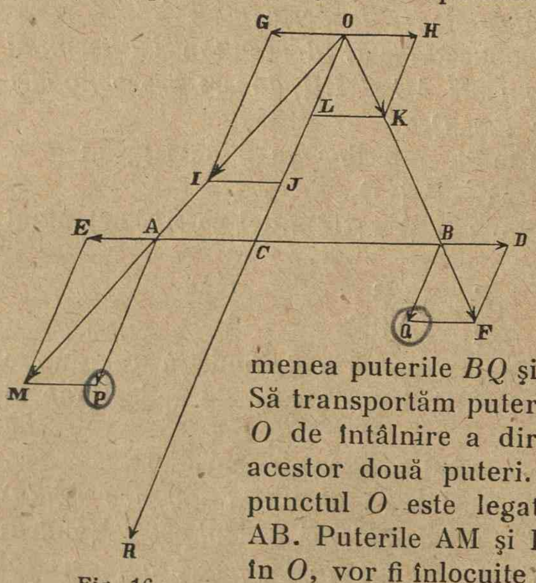


Fig. 16.

Să compunem puterile AE şi AP aplicate în A. Ele vor aveà rezultanta AM. De asemenea puterile *BQ* şi BD dau rezultanta BF. Să transportăm puterile BF şi AM în punctul *O* de întâlnire a direcţiunilor prelungite a acestor două puteri. Putem presupune că punctul *O* este legat invariabil cu dreapta AB. Puterile AM şi BF, transportate astfel în *O*, vor fi înlocuite prin puterile OI şi OK.

Să discompunem fiecare din puterile OI şi OK în două componente: una paralelă cu direcţiunea AB, cealaltă paralelă cu direcţiunea puterilor P. şi Q. Puterea OI va fi astfel discompusă în *OG* şi OJ; puterea OK în OL şi OH.

Puterile OG şi OH, aplicate în O, fiind respectiv egale cu AE şi BD, vor fi egale între ele şi îşi vor face echilibru. Puterile OL şi OJ, a căror sumă este egală cu $P+Q$, pot fi transportate în punctul C, unde dreapta OJ prelungită taie dreapta AB. Prin urmare: puterile P şi Q pot fi înlocuite prin rezultanta lor $R=P+Q$, aplicată în punctul C al dreptei solide AB.

Să determinăm poziţiunea punctului C.

Din asemănarea triunghiurilor OIJ şi OAC, deducem:

$$\frac{OJ}{OC}=\frac{IJ}{AC} \text{ sau } (3) \quad \frac{P}{OC}=\frac{AE}{AC}.$$

Din asemănarea triunghiurilor OLK şi OCB, deducem:

$$\frac{OL}{OC}=\frac{LK}{CB} \text{ sau } (4) \quad \frac{Q}{OC}=\frac{BD}{CB}.$$

Divizând (3) prin (4) şi ţinând socoteală că $AE=BD$:

$$(5) \qquad \frac{P}{Q}=\frac{CB}{AC},$$

relaţiune care dă punctul de aplicaţiune a rezultantei.

Altă formă sub care se poate scrie relaţiunea care dă punctul de aplicaţiune a rezultantei a două puteri paralele.

Rel. (2) se mai poate scrie:

$$\frac{P}{CB}=\frac{Q}{AC}=\frac{P+Q}{AC+CB}=\frac{R}{AB},$$

adică: *fiecare din puterile P, Q şi R sunt proporţionale cu distanţele între punctele de aplicaţiune a celorlalte două puteri.*

Compunerea a două puteri paralele şi de sens contrar.— Fie două puteri paralele *P* şi *Q* (fig. 17), aplicate în punctele A şi B a unui corp solid. Se va obţine rezultanta după regula următoare:

Rezultanta a două puteri paralele şi de sens contrar P şi Q, aplicate în două puncte A şi B a unui corp solid, este egală cu diferinţa puterilor, paralelă cu puterile şi dirigiată în sensul puterei celei mai mari; punctul de aplicaţiune C al rezultantei se află pe prelungirea dreptei AB, aşà că distanţele AC şi BC sunt în raport invers cu intensităţile puterilor P şi Q.

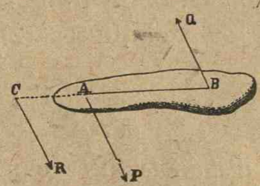


Fig. 17.

Prin urmare, rezultanta puterilor va fi:

$$(1) \qquad R=P-Q.$$

Punctul de aplicaţiune C al rezultantei este determinat prin relaţiunea:

$$(2) \qquad \frac{P}{Q} = \frac{BC}{AC}.$$

Demonstraţiune. Fie două puteri paralele şi de sens contrar P şi Q (fig. 18), aplicate la extremitatea dreptei AB. Să aplicăm în punctul C pe prelungirea lui AB două puteri egale şi de sens contrar $P—Q$, punctul C satisfăcând condiţiunilor:

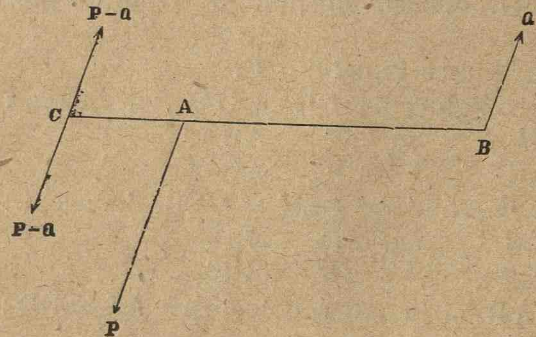


Fig. 18.

$$(a) \frac{P-Q}{AB} = \frac{Q}{CA} = \frac{P}{CB}.$$

Ne propunem să demonstrăm că rezultanta puterilor date P şi Q este $P—Q$ şi această rezultantă este aplicată în punctul C. Mai întâi, aplicarea celor două puteri egale şi de sens contrar $P—Q$ în punctul C nu modifică starea sistemului. Dacă apoi considerăm puterea Q aplicată în B şi puterea $P—Q$ aplicată în C şi în acelaş sens cu puterea Q, conform relaţiunei (a), rezultanta lor P va fi aplicată în A şi va fi paralelă şi de acelaş sens cu puterile $P—Q$ şi Q. Fiindcă P (după figură) este de sens invers cu $P—Q$ şi Q, aceste trei puteri $P—Q$, Q şi P îşi fac echilibru.

Rămâne deci numai puterea $P—Q$, aplicată în C, paralelă cu puterile P şi Q şi dirigiate în sensul puterei celei mai mari P.

Altă formă sub care se poate scrie relaţiunea care dă punctul de aplicaţiune a două puteri paralele şi de sens contrar.

Relaţiunea (2) se mai poate scrie:

$$\frac{P}{CB} = \frac{Q}{CA} = \frac{P-Q}{CB-CA} = \frac{R}{AB},$$

adică: *fiecare din puterile P, Q şi R sunt proporţionale cu distanţele între punctele de aplicaţiune a celorlalte două puteri.*

Cuplu.—Un sistem de două puteri egale, paralele şi de sens contrar, aplicate în două puncte diferite a unui corp solid, formează *un cuplu de puteri*, sau prin abreviare *un cuplu.*

Astfel, puterile P, Q (fig. 19) egale, paralele şi de sens contrar, aplicate în punctele *A* şi *B* ale unui corp solid, formează un *cuplu*.

Se demonstră că un cuplu nu are *rezultantă*.

Efectul unui cuplu este să imprime corpului o mişcare de rotaţiune, până când dreapta *ab*, care uneşte punctele de aplicaţiune a puterilor, să vină în direcţiunea puterilor *P* şi *Q*.

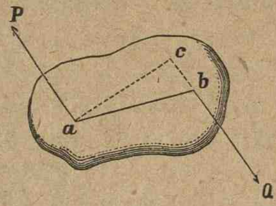


Fig. 19.

Se numeşte *braţ de pârghie* a unui cuplu, lungimea *ac* a perpendicularei comune la cele două puteri *P* şi *Q*.

Se defineşte *momentul unui cuplu*: productul intensităţei uneia din puteri cu lungimea braţului de pârghie.

Astfel, momentul cuplului alăturat este $P \times ac$.

Compunerea mai multor puteri paralele şi de acelaş sens. Centrul puterilor paralele. — Să presupunem că asupra unui corp solid sunt aplicate mai multe puteri paralele (fig. 20) şi dirigiate în acelaş sens. Fie P, P', P'' aceste puteri.

Pentru a obţine rezultanta generală, vom compune mai întâiu puterile P şi P', aplicate în punctele A şi B ale corpului. Fie *r* acea rezultantă, aplicată în D.

Vom compune apoi puterea *r* aplicată în D, cu puterea P'' aplicată în C şi aşà mai departe.

Fie R rezultanta generală aplicată în *O*.

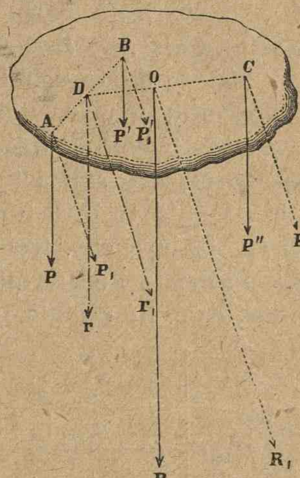


Fig. 20.

Să presupunem că înclinăm toate puterile paralele P, P', P'', păstrându-le însă punctele lor de aplicaţiune, precum şi intensitatea şi paralelismul lor. Punctul unde va fi aplicată rezultanta generală, în acest caz, va rămânea acelaş.

In adevăr, dacă presupunem (fig. precedentă) că puterile P, P', P'', iau direcţiunele P_1, P'_1, P''_1, conservându-şi paralelismul şi intensităţile, rezultanta puterilor P_1 şi P'_1 va fi: $r_1 = P_1 + P'_1$, şi punctul de aplicaţiune este determinat prin aceiaş relaţiune, ca şi în cazul când puterile aveau direcţiunile P şi P′, adică :

$$\frac{P}{P'} = \frac{P_1}{P'_1} = \frac{BD}{AD}.$$

Prin urmare, punctul de aplicaţiune a puterilor P_1 şi P'_1 este acelaş ce 'l-au puterile P şi P′.

Prin un raţionament analog, punctul de aplicaţiune al puterilor r_1 şi P''_1 este acelaş cu al puterilor r şi P''.

Punctului *O*, unde se aplică rezultanta generală a puterilor paralele şi de acelaş sens, când se schimbă direcţiunea puterilor fără a modifică nici paralelismul puterilor nici intensitatea lor, i se dă numele de *centrul puterilor paralele.*

Compunerea mai multor puteri paralele şi de sens contrar. — Pentru a obţine rezultanta generală R a mai multor puteri paralele, aplicate unui corp solid, dintre cari unele dirigiate în un sens şi altele în sens opus, se va căutà mai întâiu rezultanta puterilor paralele îndreptate în un sens. Fie R_1 această rezultantă.

Se va căutà apoi rezultanta puterilor paralele îndreptate în sens opus. Fie R_2 această rezultantă.

Se va obţine astfel rezultanta $R = R_1 - R_2$, a cărui punct de aplicaţiune se va determinà după regula stabilită mai sus.

Putere centripetă şi centrifugă. — Când un mobil este pus în mişcare sub acţiunea unei puteri, mobilul se mişcă în linie dreaptă în direcţiunea puterii. Dacă mobilul s'ar mişcà după o linie curbă, trebue să existe neapărat o putere, care să schimbe la fiecare moment direcţiunea trajectoriei. Această putere este îndreptată în partea concavă a curbei.

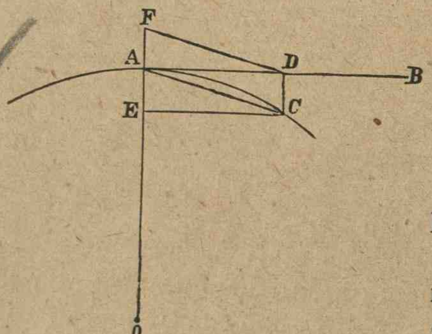


Fig. 21.

Să presupunem un mobil, care se mişcă pe un cerc ; de exemplu, un corp legat de un fir şi pe care-l învârtim, aşà că corpul se mişcă pe un cerc de rază OA (fig. 21). Mobilul supus la o impulsiune iniţială în direcţiunea AB, dacă ar fi liber, s'ar mişcà după dreapta AB. Insă, din cauză că este legat de fir, se va mişcà pe cercul de rază OA.

Puterea care lucrează asupra mobilului, când se mişcă pe cerc, şi care poate fi reprezintată prin coarda arcului AC, o putem descompune după regula paralelogramului puterilor în două puteri : a) *puterea tangenţială* AD, care este tangentă la cerc în punctul A ; b) *puterea* AE, îndreptată dela mobilul A spre centrul O al cercului şi în direcţiune radială ; acestei puteri, care tinde a apropià mobilul de centrul cercului, i se dă numele de *putere centripetă.*

Puterea tangenţială AD, la rândul ei, poate fi discompusă, după regula paralelogramului puterilor, în puterile AC şi AF. Insă AF = DC = AE ; prin urmare, puterea AE = AF.

Efectul produs de puterea AC este, prin urmare, acelaş cu acel produs de puterea tangenţială AD şi puterea centripetă AE, sau cu acel produs de puterile AC, AE şi AF.

Puterei AF, care este egală şi de direcţiune contrară cu puterea centripetă AE, i se dă numele de *putere centrifugă.* Efectul puterii centrifuge ar fi să depărteze mobilul de centrul O.

Când învârtim un corp legat de un fir, experienţa arată că firul este necontenit întins. Puterea centripetă, care tinde a apropià corpul de centrul cercului, este la fiecare moment egală şi de sens contrar cu puterea centrifugă care tinde a-l depărtà.

Dacă firul se rupe, când învârtim corpul, puterea centripetă AE dispare şi nu rămâne decât puterea tangenţială AD, care lucrează asupra mobilului, aşà că el va fi aruncat după direcţiunea AD.

Ne propunem a calculà puterea centripetă şi, prin urmare, şi puterea centrifugă, egală şi de direcţiune contrară cu cea dintâiu.

Fie mobilul, a cărui massă este m, reţinut prin un fir de lungime OA = R şi supus condiţiunii de a se mişcà pe cercul a cărui rază este R (fig. 22). Fie v iuţeala iniţială a mobilului în punctul A.

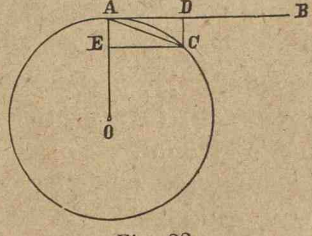


Fig. 22.

Mobilul, dacă ar fi mobil, s'ar mişcà după direcţiunea AB. Supus condiţiunii de a se mişcà pe un cerc, el descrie după un timp infinit de mic t arcul AC, care se poate confundà cu coarda AC.

Mobilul urmând direcţiunea AC, în loc de a se mişcà în direcţiunea tangenţială AB, este solicitat de puterea îndreptată dela A spre O, numită *putere centripetă*, care îl face să percurgă spaţiul AE în timpul t, pe când iuţeala iniţială v l'ar fi făcut să parcurgă spaţiul AD în acelaş timp t.

Puterea centripetă, sub acţiunea căreia mobilul ar parcurge spaţiul AE, o putem considerà ca constantă în timpul infinit mic t. Fie K acceleraţiunea ce ar imprima-o mobilului puterea centripetă.

Se ştie că o putere constantă imprimă unui corp o mişcare uniform accelerată. Vom aveà deci:

$$(1) \qquad AE = \frac{K}{2} t^2.$$

Putem presupune că mobilul parcurge spaţiul AC cu o mişcare uniforma în timpul t şi cu iuţeala v. Vom aveà:

$$(2) \qquad arcul\ AC = coarda\ AC = v.\ t.$$

Se ştie din geometrie, că:

$$(3) \qquad AC^2 = AE \times 2\ AO = AE \times 2\ R.$$

Eliminând între relaţiunile (1), (2) şi (3). AE şi AC, obţinem:

$$K = \frac{v^2}{R}$$

Pentru a aveà puterea centripetă f, ştiind că o putere este egală cu massa îmulţită cu acceleraţiunea, vom multiplicà acceleraţiunea K cu massa m a mobilului.

Vom aveà deci:

$$f = m K = \frac{mv^2}{R}$$

Această formulă, care dă valoarea puterii centripete, ne arată că *puterea centripetă este*: 1°) *proporţională cu massa corpului*; 2°) *proporţională cu iuţeala mobilului ridicată la pătrat*; 3°) *invers proporţională cu raza cercului, pe care se mişcă mobilul.*

Puterea centrifugă, fiind egală şi de sens contrar cu puterea centripetă, va fi reprezentată prin aceiaş formulă.

Se fac diferite experienţe cu maşina centrifugală (fig. 23), pentru a pune în evidenţă fenomene explicabile prin puterea centrifugă. Maşina centrifugală este formată din o roată mai mare A, prevăzută cu o manivelă B, care mişcă axul C prin ajutorul unei curele sau unui lanţ D.

Pe axul C se adaptează diverse accesorii.

Astfel, dacă fixăm pe *ax* cadrul E, unde pe o vergea de

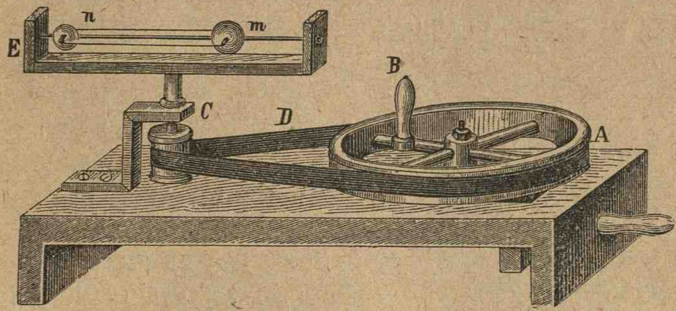


Fig. 23.

fier pot alunecà două sfere *m* şi *n* de greutăţi diferite, legate prin un fir flexibil, experienţa ne va arătà că dacà aşezăm sferele la aceiaş depărtare de *ax* şi apoi învârtim cadrul, sfera mai grea *m* se va depărtà până la capătul vergelei trăgând după ea şi sfera *n*.

Dacă adaptăm la axul C (fig. 24) un sistem de două cercuri perpendiculare, fixate la capătul de jos în *a* şi mobile la capătul de sus al axului *ab*, vom vedeà că, prin învârtire, cercurile se vor turtì la capete şi se vor umflà la mijlocul lor.

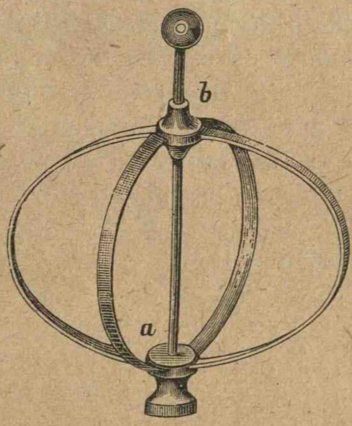


Fig. 24.

Această experienţă ar explicà turtirea pământului la poli şi umflarea lui la ecuator.

Lucrul mecanic. Energie mecanică.

Lucrul mecanic când corpul se mişcă, sub acţiunea unei puteri constante, în direcţiunea puterei. Unităţi de lucru mecanic. Lucrul mecanic motor şi rezistent.— O putere aplicată asupra unui corp produce un efect util, când pune în mişcare punctul ei de aplicaţiune. In acest caz, puterea efectuiază un lucru mecanic. De exemplu, când cineva ridică o greutate până la o înălţime oarecare produce un lucru mecanic.

Să presupunem (fig. 25) că puterea constantă P este aplicată în punctul A al corpului. şi că sub acţiunea acestei puteri punctul A se mişcă din A în A', cu distanţa AA'$=l$, în direcţiunea puterii P.

Fig. 25.

Se defineşte, în acest cas, lucrul mecanic în modul următor: *Lucrul mecanic*, sau, prin abreviaţiune, *lucrul produs de puterea P, care mişcă punctul de aplicaţiune A al corpului în direcţiunea puterei cu distanţa l, este productul puterei P cu distanţa l.*

După această definiţiune, lucrul W al puterii va fi:

$$W = P \times l.$$

In industria mecanică, s'a luat ca unitate de lucru mecanic *kilogrametrul*, luându-se ca unitate de putere *kilogramul* şi ca unitate de lungime *metru*.

Kilogrametrul este lucrul mecanic produs când ridicăm o greutate de un kilogram cu înălţimea verticală de un metru.

In Fizică, s'a admis ca unitate de lucru mecanic *ergul*, care este lucrul mecanic efectuat de o putere de o *dynă*, care mişcă punctul ei de aplicaţiune cu un centimetru în direcţiunea puterei.

Mişcarea (deplasarea) punctului de aplicaţiune al corpului se poate face în direcţiunea puterii sau în direcţiune opusă. In cazul întâiu, lucru mecanic se numeşte *lucru motor*; în cazul al doilea, *lucru resistent.*

De exemplu: să presupunem că lăsăm să cadă un corp a cărui greutate este de P kilograme dela înălţimea verticală de i metri. Corpul se va mişcà în direcţiunea puterii, care este greutatea corpului. Lucrul mecanic va fi motor şi va fi reprezentat prin: $P \times i$ kilogrametre. Astfel 20 kilograme, căzând dela înălţimea de 5 metri, vor efectuà un lucru motor egal cu $20 \times 5 = 100$ kilogrametre.

Dacă însă, ridicăm un corp a cărei greutate este P cu înălţimea verticală de i metri, greutatea corpului este de direcţiune opusă deplasărei lui şi lucrul mecanic în acest caz este *rezistent*, şi va fi reprezentat în raport cu lucrul mecanic motor prin $-Pi$ kilogrametre.

Lucrul mecanic produs de o putere variabilă, care mişcă punctul de aplicaţiune al puterei în direcţiunea puterei. — Am presupus, în cazul precedent, că puterea care lucrează asupra corpului este constantă. Dacă puterea este variabilă, vom considerà spaţiele infinit mici Δs_1, Δs_2, $\Delta s_3 \ldots \Delta s_n$, percurse de punctul de aplicaţiune al corpului sub acţiunea puterilor P_1, $P_2 \ldots P_n$. Când puterea P_1 lucrează asupra corpului, lucrul mecanic produs este $P_1 \times \Delta s_1$. Vom aveà o serie de lucruri mecanice $P_2 \times \Delta s_2$, $P_3 \times \Delta s_3, \ldots P_n \times \Delta s_n$. Lucrul mecanic total va fi suma acestor lucruri parţiale, adică :

$$P_1 \Delta s_1 + P_2 \Delta s_2 + \ldots + P_n \Delta s_n = \Sigma P_1 \Delta s_1.$$

Lucrul mecanic produs de o putere constantă când punctul de aplicaţiune se mişcă în o direcţiune diferită de direcţiunea puterei.—Să considerăm (fig. 26) puterea P, care lucrează asupra corpului, şi care mişcă punctul A de aplicaţiune în direcţiunea Ax, făcând cu direcţiunea P a puterei unghiul α. Putem discompune puterea P în două componente : cea d'întâi P_1 în direcţiunea deplasărei punctului de aplicaţiune şi cea de a doua P_2 în o direcţiune perpendiculară. Puterea P_2 nu are nici un efect asupra corpului ; unica componentă eficace, care mişcă punctul de aplicaţiune în direcţiunea Ax, este $P_1 = P \cos \alpha$.

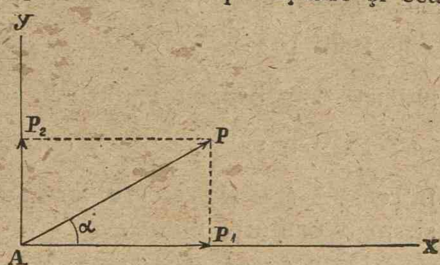


Fig. 26.

Dacă însemnăm cu l drumul percurs de punctul de aplicaţiune al puterei, lucrul mecanic W al puterei va fi reprezintat prin :

$$(1) \quad W = P_1 \times l = P \times \cos\alpha \times l = P \times l \times \cos\alpha.$$

De aci, următoarea definiţiune generală a lucrului mecanic :

Lucrul mecanic produs de puterea P, care mişcă punctul de aplicaţiune cu distanţa l şi în o direcţiune formând cu puterea P unghiul α, este egal cu productul puterei P cu distanţa l cu care s'a mişcat punctul de aplicaţiune (deplasarea) şi cu cosinusul unghiului format de aceste două direcţiuni.

Dacă scriem relaţiunea (1) în modul următor :

$$W = l \times (P \cos\alpha) = l \times P_1,$$

observând că P_1 este projecţiunea puterei P pe direcţiunea Ax, avem următoarea definiţiune a lucrului mecanic :

Lucrul mecanic produs de puterea P, care mişcă punctul de aplicaţiune în o direcţiune diferită de direcţiunea puterei cu distanţa l, este egal cu productul distanţei l cu proiecţiunea puterei pe direcţiunea deplasărei.

Dacă scriem relaţiunea (1) în modul următor:

$$(3) \qquad W = P \times (l \cos \alpha),$$

observând că $l \cos \alpha$ este proiecţiunea deplasărei pe direcţiunea puterei P, vom definì astfel lucrul mecanic:

Lucrul mecanic produs de puterea P, care mişcă punctul de aplicaţiune în direcţiunea Ax, diferită de direcţiunea puterei P, cu distanţa l, este productul puterei P cu proiecţiunea deplasărei l pe direcţiunea puterei P.

Este util a discutà relaţiunea:

$$W = P \times l \times \cos \alpha,$$

făcând să varieze α dela o la π.

Pentru $\alpha = o$, $\cos \alpha = 1$ şi $W = P \times l$. In acest caz, puterea şi deplasarea au aceeaşi direcţiune şi lucrul este motor. Acest caz este cel studiat mai sus.

Pentru $\alpha = \frac{\pi}{2}$, $\cos \alpha = o$ şi $W = o$. Lucrul este nul, când puterea este perpendiculară la direcţiunea deplasărei.

Pentru valori a lui α cuprinse între 0 şi $\frac{\pi}{2}$, $\cos \alpha$ varie între $+1$ şi 0 şi are o valoare pozitivă. Lucrul W este pozitiv şi, prin urmare, motor.

Dacă $\alpha = \pi$, $\cos \alpha = -1$ şi $W = -Pl$. Aci, puterea şi deplasarea au o direcţiune opusă şi lucrul mecanic este rezistent. Acest caz s'a studiat dejà mai sus.

Pentru α variând între $\frac{\pi}{2}$ şi π, $\cos \alpha$ este negativ şi lucrul mecanic este rezistent.

Din această discuţiune deducem: *lucrul mecanic este motor sau rezistent, după cum unghiul format de putere şi deplasare este ascuţit sau obtus.*

Lucrul mecanic când puterea este constantă şi trajectoria descrisă de mobil este curbă.— Să presupunem că puterea P este constantă şi are direcţiunea AP, iar trajectoria descrisă de mobil este curba AM (fig. 27). Să discompunem curba AM în părţi destul de mici, aşà ca fiecare din ele să fie considerată ca o linie dreaptă. Fie BC un asemenea element liniar. Lucrul mecanic produs de puterea constantă P, când punctul de aplicaţiune descrie elementul BC, este productul puterei P cu proecţiunea lui BC pe direcţiunea puterei, prin urmare: P $\times$ *bc*. Lucrul mecanic total, fiind suma lucrurilor mecanice parţiale, va fi:

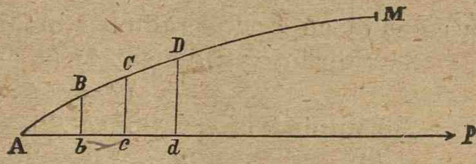


Fig. 27.

$$\Sigma P \times bc.$$

De exemplu, când o piatră se rostogoleşte din vârful unui deal până în vale, lucrul mecanic efectuat, dacă nu ţinem socoteală de frecarea pietrei, este egal cu greutatea pietrei, înmulţită cu înălţimea verticală dela care cade.

Lucrul mecanic când puterea este variabilă şi trajectoria descrisă de mobil este o linie curbă. — Să presupunem că puterea varie şi ca direcţiune şi ca intensitate şi fie AM trajectoria descrisă (fig. 28).

Vom discompune curba AM în elemente liniare drept linii BC, CD, etc. şi fie P, P′ etc. puterile cari lucrează asupra acestor elemente. Lucrul efectuat de puterea P este egal cu puterea P multiplicată cu proiecţiunea deplasării BC pe direcţiunea puterii P, deci: P $\times$ B*m*. Lucrul mecanic total va fi suma lucrurilor mecanice parţiale, deci: $\Sigma P \times Bm$.

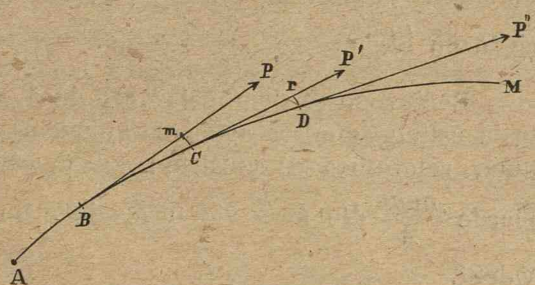


Fig. 28.

Forţa vie. Echivalenţa între forţa vie şi lucrul mecanic. Teoremul forţelor vii. — Se numeşte forţa vie a unui punct material, a cărui massă este m şi iuţeala v, productul massei prin pătratul iuţelii, adică $m v^2$.

Să considerăm un punct material, de massă m, care supus la acţiunea unei puteri constante P a câştigat, după timpul t de mişcare, iuţeala v. Punctul material va aveà o mişcare uniform variată şi ecuaţiunile mişcării vor fi:

(1) $$v = \gamma t$$

(2) $$s = \frac{\gamma}{2} t^2.$$

însemnând cu γ accelerațiunea mobilului.

Să ridicăm ecuațiunea (1) la pătrat; avem:

$$v^2 = \gamma^2 t^2.$$

Substituind în ecuațiunea (2), obținem:

(3) $$v^2 = \gamma^2 t^2 = 2 \gamma s.$$

Inmulțind cu m ambii membrii ai ecuațiunei (3);

$$m v^2 = 2 m \gamma s.$$

Insă, $P = m \gamma$, după cum se știe. Deci:

(4) $$\frac{m v^2}{2} = P . s.$$

$P . s$, fiind productul puterei P, care lucrează asupra punctului material, cu deplasarea s, reprezintă un lucru mecanic.

Relațiunea (4) exprimă echivalența între forța vie și lucru mecanic. Ea exprimă ca în totdeauna când se cheltuește un lucru mecanic $P \times s$, punctul material câștigă o forță vie egală cu $\frac{m v^2}{2}$.

Reciproc, se demonstră că, dacă un mobil a cărui iuțeală este v, se mișcă astfel că iuțeala sa micșorându-se devine nulă, relațiunea (4) subsistă: adică, când punctul material pierde $\frac{m v^2}{2}$ din forța vie, el produce un lucru mecanic echivalent.

Relațiunea: $$\frac{m v^2}{2} = P . s = W,$$

reprezintă, prin urmare, o transformare echivalentă între lucru mecanic și forța vie.

In demonstrațiunea precedentă, am presupus că punctul material pleacă din repaus și câștigă, după timpul t, iuțeala v. Dacă punctul material ar aveà iuțeala inițială v_0, și ar câștigà după timpul t iuțeala v, se demonstră că lucrul mecanic $P . s = W$, produs în acest interval de timp, este egal cu variațiunea semiforței vii, adică:

$$W = P .\ s = \frac{m v^2}{2} - \frac{m v_0^2}{2}.$$

Putem complectà noțiunile relative la echivalența între forţele vii şi lucrul mecanic, considerând un corp material, format din un sistem de puncte materiale, a căror masse sunt m, m', m'', etc. Dacă iuţeala iniţială a corpului este v_0 şi iuţeala finală v, aplicând rel. (4) la fiecare din punctele materiale şi făcând suma lor, vom aveà:

$$\left(\frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2\right) + \left(\frac{1}{2}m'v^2 - \frac{1}{2}m'v_0^2\right) + \ldots = \mathrm{W}, \text{ sau}$$

$$\Sigma\frac{mv^2}{2} - \Sigma\frac{mv_0^2}{2} = \mathrm{W}.$$

Relaţiunea aceasta exprimă:

Lucrul mecanic total produs de un sistem de puncte materiale este egal cu variaţiunea semi-sumelor forţelor vii a tuturor punctelor sistemului.

Un exemplu ne va arătà mai lămurit transformarea lucrului mecanic în forţă vie şi reciproc.

Să presupunem că o ghiulea de tun, a cărei greutate este P, este aruncată prin inflamarea substanţelor explosibile. Această ghiulea loveşte un obstacol, de exemplu un zid.

Puterea, cu care este aruncată ghiuleaua, provenită din distinderea bruscă a gazelor produse de pulberea aprinsă, fie F. Lucrul mecanic produs, când ghiuleaua percurge toată lungimea l a ţevei tunului, este Fl.

De altă parte, dacă masa ghiulelei este m şi v iuţeala căpătată când ghiuleaua ese din tun, forţa vie iniţială este mv^2.

S'a cheltuit astfel lucrul mecanic Fl şi ghiuleaua a căpătat forţa vie $\frac{mv^2}{2}$, adică:

$$Fl = \frac{mv^2}{2}.$$

Să presupunem că ghiuleaua nu-şi pierde din forţa sa vie în percursul ei şi că loveşte zidul, care prezintă rezistenţa F'. Ghiuleaua va străbate prin zid până la o adâncime l'. Cantitatea de forţă vie $\frac{mv^2}{2}$ cheltuită s'a transformat în lucru mecanic echivalent $F'l'$, aşà că avem:

$$\frac{mv^2}{2} = F'l'.$$

Energia mecanică. Energie cinetică și energie potenţială.— Se numeşte *energie*, capacitatea ce o are un corp de a produce lucru mecanic.

Se disting două feluri de energii : *a)* energie de mişcare, numită şi *energie cinetică* sau încă *energie actuală* ; *b)* energie de poziţiune, numită şi *energie potenţială*.

Un corp care se mişcă câştigă o forţă vie, care se poate transformà în lucru mecanic. Forţa vie este o formă a energiei şi anume *energia cinetică* sau *actuală*. Astfel, curentul unei ape, vântul, etc., posedă energie cinetică.

Altă formă a energiei este *energia potenţială*. Aşà când strângem resortul unui ceasornic, resortul capătă energie potenţială, căci desfăşurându-se va pune în mişcare diversele organe ale ceasornicului şi va produce, prin urmare, lucru mecanic.

Alt exemplu de energie potenţială. Să presupunem că ridicăm o greutate P la înălţimea *i*.

Greutatea, ridicată la înălţimea *i*. formează un sistem diferit de greutatea pusă pe pământ, căci pământul şi greutatea ridicată pot fi considerate ca un sistem deformat, care tinde a revenì la forma primitivă, ca şi cum pământul şi greutatea ar fi legate prin un resort. Greutatea P, căzând pe pământ, produce lucrul $P \times i$ egal cu lucrul cheltuit pentru a ridica greutatea P la înălţimea *i*. Corpul deci a înmagazinat o energie, care s'a transformat prin căderea lui în lucru mecanic. Această formă de energie este *energia potenţială*.

Alte exemple de energie potenţială: O vapoare sub presiune, un gaz pe care 'l comprimăm, o substanţă explosibilă posedă energie potenţială.

Energia cinetică se poate transformà imediat în lucru mecanic fără intervenirea unei energii streine, pe când energia potenţială are necesitate de o asemenea intervenire. Aşà, curentul unei ape, vântul pot efectuà imediat un lucru mecanic, pe când o substanţă explosibilă pentru a produce lucru mecanic trebue s'o aprindem, prin urmare să introducem o energie streină.

Energie totală. Transformarea energiei cinetice în potenţială şi reciproc. — Energia cinetică se poate transformà în energie potenţială şi reciproc. Suma acestor două energii este constantă şi se numeşte *energie totală*.

Un exemplu va pune în evidenţă acest lucru : Să presupunem că am ridicat o piatră, a cărei greutate este P, massa m, în un loc al suprafeţii pământului unde acceleraţiunea imprimată de gravitate este g, la înălţimea i.

Energia potenţială a pietrei este: $P \times i = mgi$.

Să presupunem că piatra cade cu înălţimea i' mai mică decât i.

Lucrul mecanic efectuat este: $P \times i' = mgi'$. Corpul câştigă iuţeala v, deci forţa vie mv^2. Vom aveà deci relaţiunea cunoscută:

$$(1) \qquad mgi' = \frac{mv^2}{2}.$$

Acì, o parte din energia potenţială s'a transformat în energie cinetică.

Energia potenţială disponibilă fiind $mg\,(i-i')$, dacă facem suma energiei cinetice mgi' şi a energiei potenţiale disponibile $mg\,(i-i')$:

$$mgi' + mg\,(i-i') = mgi,$$

vedem că suma acestor două energii, numită *energie totală*, este egală cu aceea ce ar avea-o corpul dacă ar cădeà dela înălţimea i. Această sumă e necontenit aceeaşi, orcare ar fi înălţimea i' la care corpul s'ar aflà. Energia totală este, prin urmare, constantă.

#a-

Unităţile C. G. S.

Măsuri absolute şi relative. Sistem absolut de unităţi.— Când voim a găsì mărimea unei cantităţi, putem procede în două moduri:

a) sau a comparà cantitatea dată cu o altă cantitate de aceeaşi natură şi luată drept unitate. O asemenea măsură se numeşte *relativă* sau *directă*;

b) sau a comparà cantitatea dată cu alte cantităţi, aceste din urmă fiind legate cu cea d'întâiu prin relaţiuni cunoscute. O asemenea măsură se numeşte *absolută* sau *indirectă*.

Ca exemplu de măsuri *directe* sau *relative* ar fi măsurarea unei lungimi cu o altă lungime care-i serveşte drept unitate. Un exemplu de măsură *indirectă* sau *absolută* ar fi măsura unei suprafeţe nu cu o suprafaţă luată drept unitate, dar prin ajutorul dimensiunilor suprafeţei, servindu-ne de relaţiunea ce există într'o suprafaţă şi dimensiunile sale.

Numărul cantităţilor fizice, cari trebuesc a fi măsurate, fiind considerabil şi pentru a se evità dificultăţile şi confuziunile, ce ar rezultà din măsurile relative, s'a convenit a se adoptà măsurile absolute.

De acì a rezultat adoptarea unui mic număr de unităţi, numite *unităţi fundamentale*, în funcţiune de cari sunt exprimate toate celelalte unităţi, numite *unităţi derivate.*

In starea actuală a ştiinţei, *trei unităţi fundamentale* sunt de ajuns pentru ca cu ajutorul lor să putem exprimà toate unităţile derivate: geometrice, mecanice şi fizice.

Condiţiunea, ce trebue să îndeplinească aceste trei unităţi fundamentale, este: ca ele să fie ireductibile, adică nici una din unităţile fundamentale să nu fie funcţiune de celelalte două.

Aşà, nu putem luà ca unităţi fundamentale: lungimea, puterea şi lucrul mecanic, căci lucrul mecanic, fiind egal cu o putere înmulţită cu o lungime, este funcţiune de lungime şi de putere.

Sistemul de unităţi, bazat pe un sistem de trei unităţi fundamentale ireductibile, formează un *sistem absolut de unităţi.*

Numărul sistemelor absolut de unităţi este *nelimitat*, căci este de ajuns a luà ca unităţi fundamentale trei unităţi oarecare ireductibile între ele.

Sistemul absolut, actualmente adoptat, este bazat pe unitatea de lungime, unitatea de massă şi unitatea de timp.

Unităţile C. G. S. — Gauss, care a propus cel d'întâiu sistemul absolut de unităţi, bazat pe unităţile de lungime, de massă şi de timp, adoptase ca mărimi a acestor unităţi:

Centimetrul, ca unitate de lungime,
massa unui miligram, ca unitate de massă,
secunda sexagesimală, ca unitate de timp.

Asociaţiunea Britanică, după îndemnul Lordului Kelvin (Sir William Thomson), păstrând unităţile fundamentale propuse de Gauss, adoptâ ca mărime ale acestor unităţi:

Centimetrul, ca unitate de lungime,
massa unui gram, ca unitate de massă,
secunda sexagesimală, ca unitate de timp,

In urma *Congresului Internaţional de Electriciani* ţinut la Paris în 1881, la care au luat parte cei mai celebri fiiziciani şi electriciani din lume, acest sistem de unităţi a fost confirmat ca un sistem internaţional, sub numele *sistemul centimetru-gram-secunda*, sau, prin abreviare, *sistemul C. G. S.*

Congresele mai recente de electricitate: acel din Paris de la 1889, ţinut cu ocaziunea Expoziţiunei Universale, de la Francfort din 1891, din Chicago de la 1893, au ratificat această alegere.

Definiţiunile unităţilor fundamentale în sistemul C. G. S. — Unităţile de lungime, de massă şi de timp în sistemul C. G. S. sunt definite ast-fel:

a) *Unitatea de lungime*, în sistemul C. G. S., este *centimetrul.*

Centimetrul este o lungime egală cu $^1/_{100}$ parte din lungimea la zero grade centigrade a metrului prototip, construit în 1799 şi păstrat în Arhivele Franciei.

Se ştie că metrul nu reprezintă exact $\frac{1}{40,000,000}$ parte din lungimea meridianului terestru; urmează deci că centimetrul, definit cum s'a văzut mai sus, este o unitate *arbitrară*, însă *bine determinată.*

Metrul prototip, conservat în Arhivele Franciei, este format din o bară de platină, a cărei extremităţi sunt rotunzite; distanţa între feţele terminale la 0°C. reprezintă lungimea de un metru.

Sistemul metric fiind adoptat în urmă şi de alte ţări, mai multe state semnară prin delegaţii lor, la 20 Maiu 1875, aşà numita *Convenţiune a Metrului*, în urma căreia fu fondat *Biuroul Internaţional de greutăţi şi măsuri* dela Sèvres, cu scopul de a reproduce copii după metrul prototip, precum şi după alte prototipuri, conservate în Arhivele Franciei.

După lucrări de mai mulţi ani, s'a admis, la 26 Septembre 1889, ca copia metrului prototip conservat la Arhive să se considere ca *metru prototip al sistemului metric internaţional.*

După acest metru *prototip internaţional*, care este depus la Biuroul Internaţional de măsuri şi greutăţi şi care este proprietatea comună a Statelor, cari au aderat la Convenţiunea Metrului (printre cari este şi România), s'au făcut copii, cari s'au trimes Statelor făcând parte din Convenţiunea Metrului.

Metrul prototip internaţional este construit din un aliagiu de platină şi iridiu (10 $\%$ iridiu), fiindcă s'a constatat că iridiul dă platinei o duritate mai mare şi o face mai inalterabilă. Lungimea de un metru este distanţa, la 0°C, între două trăsături paralele, făcute în apropierea celor două capete ale barei.

Copiile metrului prototip internaţional sunt construite sau în platină sau în bronz. Copiile cele mai importante sunt construite în acelaş mod ca şi metrul prototip internaţional.

b) *Gramul-massă este definit ca* $^1/_{1000}$ *parte din massa kilogramului prototip, construit în platină şi conservat în Arhivele Franciei (1799).*

Kilogramul prototip trebuià să reprezinte greutatea unui decimetru cub de apă distilată la temperatura de 4° C. cântărită în vid la Paris. După cercetările mai noi, un centimetru cub de apă distilată la 4° C. are o massă de 1,000013 grame. Se vede deci că *gramul-massă*, definit prin ajutorul kilogramului prototip, este mai mic decât gramul-massă teoretic.

Unitatea de massă C. G. S. este, prin urmare, şi ea, ca şi unitatea de lungime C. G. S, o *unitate arbitrară* însă *bine determinată.*

După kilogramul prototip conservat în Arhivele Franciei s'a copiat, cât se poate de exact, *kilogramul prototip internaţional*, conservat la Biuroul Internaţional de măsuri şi greutăţi (26 Septembre 1889). După acest kilogram prototip internaţional s'au făcut copii, cari s'au trimis diferitelor State cari au aderat la Convenţiunea Metrului.

Kilogramul internaţional este un cilindru de platină iridiată (10 $\%$ iridiu), a cărui înălţime este egală cu diametrul şi având muchiele rotunzite.

c) *Secunda este definită* $\frac{1}{86400}$ *parte din ziua solară medie.* Multiplii secundei sunt : *minuta*, care valorează 60 secunde ; *ora* care valorează 60 minute sau 3600 secunde.

Unităţile mecanice derivate în sistemul C. G. S. — Printre aceste unităţi, vom însemnà :

Unitatea C. G. S. de *suprafaţă* este *centimetrul pătrat.*

Unitatea C. G. S. de *volum* este *centimetrul cub.*

Unitatea C. G. S. de *unghiu* este *radianul*, care este unghiul corespunzător la un arc a cărui lungime este egală cu raza cercului din care face parte arcul.

Unităţile mecanice derivate în sistemul C. G. S.

Iuţeala. Unitatea de *iuţeală* în sistemul C. G. S. este iuţeala unui mobil, care s'ar mişca cu o mişcare uniformă şi ar percurge *un centimetru în o secundă.*

Acceleraţiunea. Unitatea de *acceleraţiune.* în sistemul C. G. S. este aceea a unui mobil, care s'ar mişca cu o mişcare uniform accelerată şi a cărui *iuţeală s'ar mări cu un centimetru pe secundă.*

Puterea. Unitatea de putere este definită prin ajutorul relaţiunei: $p = m\gamma$, unde p este puterea, m massa şi γ acceleraţiunea. Dacă facem massa m egală cu un gram, $\gamma = 1$, puterea $p = 1$.

Prin urmare, unitatea de *putere,* în sistemul C. G. S., *este puterea care aplicată massei de un gram îi imprimă o acceleraţiune de un centimetru pe secundă.*

Acestei unităţi de putere i s'a dat numele de: *dynă.*

Este uşor a transformà un *gram-putere* (greutatea unui gram) în dyne şi reciproc.

Dacă în acelaş loc, de exemplu în Bucureşti, presupunem că lucrează succesiv asupra massei de un gram gravitatea şi dyna, acceleraţiunile imprimate de aceste două puteri vor fi: 980,5308 centimetre şi 1 cm. Ştiind că puterile sunt proporţionale cu acceleraţiunile, ce le imprimă aceleiaşi masse, vom aveà:

$$\frac{\text{un gram-greutate}}{\text{una dynă}} = \frac{980{,}5308}{1}.$$

Deci:

$$dyna = \frac{1 \text{ gram}}{980{,}5308} = 1^{\text{mgr}},019856.$$

O unitate de un milion de ori mai mare decât dyna, sau o *megadynă*, va fi:

$$megadyna = 10^6 \text{ dyne} = 1019^{\text{gr.}},856.$$

Se vede de acì, că *dyna* este aproximativ egală cu un *miligram,* iar *megadyna* cu un kilogram.

Invers, un *gram* = 980,5308 dyne, şi

un *kilogram* = $9{,}805307 \times 10^5$ dyne,

sau, aproximativ, un kilogram valorează o megadynă.

Lucru mecanic. Lucrul mecanic este productul unei puteri cu drumul percurs în direcţiunea puterii de punctul ei de aplicaţiune.

Unitatea de *lucru mecanic*, în sistemul C. G. S., este *ergul* sau *dynacentimetrul. Ergul este lucrul mecanic produs de o putere de o dynă, care transportă punctul de aplicaţiune în sensul puterii cu un centimetru.*

Se întrebuinţează în practică ca unitate de lucru mecanic: *kilogrametrul.* Un kilogrametru este lucrul mecanic produs de o greutate de un kilogram, ce cade dela înălţimea de un metru.

Este util a transformà un kilogrametru în ergi:

Se ştie că un kilogrametru = un kilogram × un metru.

Pentru a exprimà kilogrametrul în ergi, vom transformà kilogramul în dyne şi metrul în centimetre. Vom aveà deci:

Un kilogrametru $= 1000 \times 981 \times 100$ ergi $= 9{,}81 \times 10^{7}$ ergi.

Un erg fiind un lucru mecanic mic (un erg corespunde aproximativ la lucrul mecanic a unui miligram, ce cade de la o înălţime de un metru) se întrebuinţează *megergul*, care este o unitate de un milion de ori mai mare.

In acest caz, un *kilogrametru* este egal cu $10 \times 9{,}81$ *megergi* sau aproximativ un kilogrametru valorează 100 megergi.

Progresele industriei electrice au făcut să se adopte o altă unitate practică de lucru mecanic: unitatea *joule.*

Un joule valorează 0,102 kilogrametre sau aproximativ o zecime din un kilogrametru. Un joule este lucrul mecanic necesar pentru a ridicà 102 grame la înălţimea de un metru.

Puterea mecanică. Pentru a caracterizà o maşină, nu este suficient a cunoaşte numai lucrul mecanic produs de acea maşină; căci este evident că aceiaşi maşină va produce un lucru mecanic cu atât mai mare cu cât va funcţionà mai mult timp. Trebue a face să intervină şi timpul în evaluarea lucrului mecanic. De acì introducerea noţiunei de *putere mecanică.*

Se defineşte *puterea mecanică*: *cantitatea de lucru mecanic produs în unitatea de timp.*

Unitatea C. G. S. de putere mecanică este ergul-secundă adică un lucru mecanic de un erg produs în intervalul de o secundă.

Unitatea practică industrială este *kilogrametrul-secundă*, adică un lucru de un kilogrametru produs în o secundă.

O unitate practică întrebuinţată foarte mult în industrie este *calul-vapor. Calul-vapor valorează 75 kilogrametri pe secundă.*

In Anglia se uzită ca unitate practică industrială de putere *horse-powerul. Un horse-power valorează 75,9 kilogrametri pe secundă.*

Progresele industriei electrice au făcut să se adopte ca unitate de putere mecanică *wattul. Wattul este puterea mecanică a unei maşini care produce un joule în o secundă.* Fiind că un joule $= 0{,}102$ kilogrametre, un watt este puterea maşinei care efectue 0,102 kilogrametre pe secundă.

Wattul fiind o unitate mică, se întrebuinţează *kilowattul,* care este egal cu o mie de waţţi.

Pentru reţinerea relaţiunilor între kilogrametri, jouli-waţţi, etc., vom scrie :

(1) $1^{\text{watt}} = 1\frac{\text{joule}}{\text{secundă}} = 0,\frac{\text{kgm}}{\text{secundă}}102.$

De asemenea :

(2) $1 \text{ kilowatt} = 1000 \text{ waţţi} = 1000\frac{\text{jouli}}{\text{secundă}} = 102\frac{\text{kgm}}{\text{secundă}}$

Reciproc, din (1) deducem :

(3) *1 joule = 1 watt × 1 secundă,* adică, *un joule este lucrul mecanic produs în o secundă de o maşină a cărei putere este de 1 watt.*

Ne propunem să aflăm valoarea unui *cal-vapor* în *waţţi:*

Ştim că *1 joule* = 0 kgm., 102 ;

deci, $1\ kgm. = \frac{1\ joule}{0{,}102} = 9{,}81\ jouli.$

Prin urmare, *75 kgm.* = 75 × 9,81 *jouli* = 736 *jouli.*

Aşà dar :

$1\ cal\text{-}vapor = 75\frac{\text{kgm.}}{\text{sec.}} = 736\frac{\text{jouli}}{\text{sec.}} = 736\ waţţi.$

Reciproc ştiind că un cal-vapor valorează 736 waţţi, vom deduce : $1 \text{ watt} = \frac{1}{736}$ cal-vapor=0,00136 cal-vapor.

Prin urmare : *1 kilowatt = 1,36 cai-vapori.*

Multipli şi submultipli unităţilor C. G. S. — Când ne servim de unităţile. C. G. S., avem adesea valori numerice prea mici sau prea mari. De aci a rezultat creaţiunea de multipli şi submultipli ale acestor unităţi. Se preced unităţile de prefixele : *mega* (un milion), *kilo* (o mie), *hecto* (o sută), *milli* (una miime), *micro* (una milionime), etc.

Indicăm aci multipli şi submultipli cei mai întrebuinţaţi ai dynei :

megadyna . . . . . . un milion de dyne.
kilodyna . . . . una mie de dyne,
millidyna . . . . . . $\frac{1}{1000}$ din dynă,
microdyna . . . . . . $\frac{1}{1000000}$ din dynă.

Se uzită a se exprimà o valoare numerică preà mare sau preà mică prin un număr multiplicat cu o putere pozitivă sau negativă a lui 10. Astfel 25 megadyne vor fi exprimate prin $2,5 \times 10^7$ dyne; 5 microdyne prin 5×10^{-6} dyne.

Maşine.

Maşine.—Când voim să facem să lucreze o putere asupra unui corp, care prezintă o rezistenţă, în general nu facem să lucreze direct puterea asupra corpului. Se interpune între putere şi rezistenţă un aparat, care transmite puterea. Se dă numele de *maşină* aparatului interpus între putere şi rezistenţă şi servind a transmite puterea.

O maşină *simplă* este formată din o singură bucată solidă; o maşină *compusă* este formată din o reunire de maşine simple.

Nu vom studià acì decât două maşine simple: *pârghia* şi *scripetul.*

Pârghia.—Pârghia este formată din o bară rigidă, care se poate mişcà împrejurul unui punct fix, şi la care sunt aplicate două puteri, una numită *putere*, cea a doua *rezistenţă*.

Astfel, pârghia de care se servesc lucrătorii (fig. 29) pentru a mişcà greutatea P, este formată din bara AB, care se pune pe un corp rezistent, aşà că se poate mişcà împrejurul punctului C. Capătul A al barei este introdus sub greutatea P, iar la capătul B lucrătorul apasă asu-

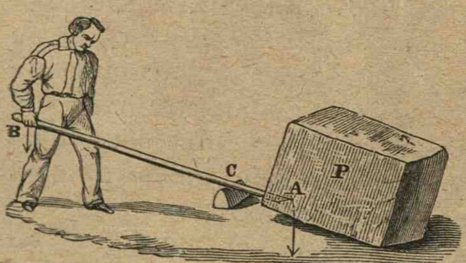


Fig. 29.

pra barei. In acest exemplu, puterea este în B, rezistenţa în A, iar punctul fix în C.

Pârghia poate fi formată din o bară dreaptă sau îndoită; de asemenea, puterea şi rezistenţa pot fi paralele sau nu. Cazurile, cari se prezintă mai des şi de cari ne vom ocupà, sunt acelea când bara este dreaptă şi când puterea şi rezistenţa sunt paralele între ele.

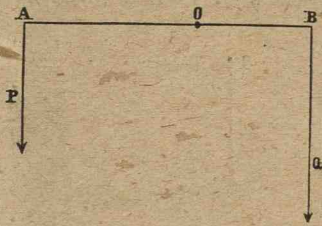


Fig. 30.

Distingem două feluri de pârghii, după cum punctul fix este între putere şi rezistenţă sau la unul din capetele pârghiei.

Pârghie de primul gen. In pârghiile de primul gen, punctul fix este aşezat între putere şi rezistenţă (fig. 30). Fie pârghia AB, a cărei punct fix fie în *O*; la capătul A al pârghiei lucrează puterea P şi la capătul B rezistenţa Q. Puterile P şi Q fiind paralele, pentru ca ele să-şi facă echilibru, trebue ca rezultanta lor: $R=P+Q$ să treacă prin punctul fix *O* şi să satisfacă condiţiunei:

$$\frac{P}{OB}=\frac{Q}{OA}.$$

Ca exemplu de pârghie de primul gen este balanţa cu braţe egale formată din o bară, la a cărei extremităţi sunt aplicate corpul de cântărit şi greutatea care-i face echilibru, iar punctul fix este la mijlocul barei şi este sprijinit pe un plan rezistent.

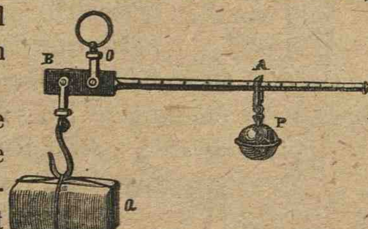


Fig. 31.

Balanţa romană (fig. 31) este o pârghie de primul gen cu braţe neegale; greutatea P este aplicată în A, greutatea de cântărit *Q* în B şi punctul fix în O.

Pârghii de al doilea gen. In aceste pârghii (fig. 32), punctul fix este la capătul barei. Astfel este cazul barei rigide AO, unde punctul fix este în O, puterea în A şi rezistenţa în B. Pentru ca pârghia să fie în echilibru, trebue să avem:

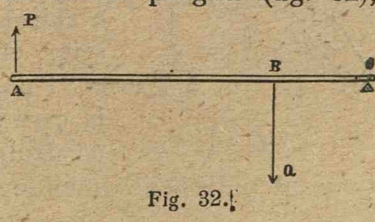


Fig. 32.

$$\frac{P}{BO}=\frac{Q}{AO}.$$

Vom dà câteva exemple de pârghii de al doilea gen. Astfel, o roabă încărcată este o pârghie de al doilea gen. Punctul fix este reprezintat prin axul roatei, rezistența este greutatea pusă în roabă, iar puterea este aplicată la brațele roabei.

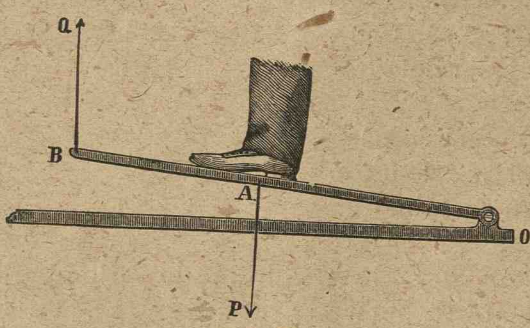


Fig. 33.

De asemenea, pedalele de cari ne servim la tocile pentru a învârtì roata, cu cari ascuțim cuțitele, sunt pârghii de al doilea gen (fig. 33). In acest caz, punctul fix este în O, puterea P este aplicată în A și rezistența Q în B.

Scripetele. — *Scripetele* este format din un disc A, de lemn sau de metal, pe marginea căruia este făcută o scobitură pe care se poate pune o funie, un lanț sau un cablu. Centrul discului este străbătut de axul BC (fig. 34).

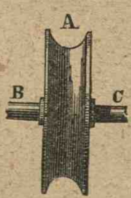


Fig. 34.

Scripetele poate fi *fix* sau *mobil*.

Scripetele fix (fig. 35) este susținut prin ajutorul barei E, fixată în partea de sus la suportul D; bara E la capătul de jos se bifurcă în două ramuri, cari sunt străbătute de axul scripetului B. Greutatea P este atârnată la un capăt al lanțului, iar la celalt capăt este aplicată puterea de tracțiune. Ne servim de scripetele fix pentru a scoate apa din un puț, pentru a ridicà greutăți în etajele de sus ale caselor, etc.

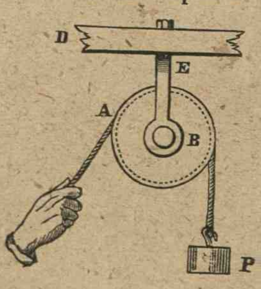


Fig. 35.

Să observăm că în acest caz înălțimea la care este ridicată o greutate este egală cu drumul percurs de punctul de aplicațiune al puterii de tracțiune.

Adesea ori în loc de a întrebuinţà un singur scripete fix, se întrebuinţează două scripete fixe. Astfel (fig. 36), dacă punem pe cele două scripete fixe M şi N, cari pot să fie în acelaş plan sau în plane diferite, o funie flexibilă ABCD, putem schimbà mişcarea rectilinie, ce s'ar efectuà după dreapta AB, în o mişcare rectilinie după dreapta CD.

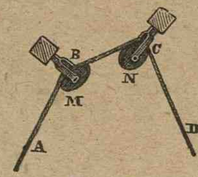


Fig. 36.

Scripetele mobil (fig. 37) diferă de scripetele fix, prin aceia că scobitura scripetului este pusă pe un cablu, a cărui unul din capete este fixat în B, iar în C este aplicată o putere de tracţiune. De scripete este atârnată greutatea P.

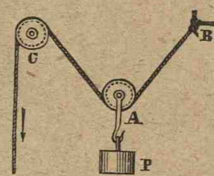


Fig. 37.

$P=Q$ $P=\frac{Q}{2}$ $P=\frac{Q}{2^3}$ $P=\frac{Q}{2^n}$

GRAVITATEA

Noţiuni generale asupra gravităţei. Echilibrul corpurilor solide.

Gravitatea. — Când ridicăm un corp până la o înălţime oarecare şi apoi 'l lăsăm liber, experienţa ne va arătà că el cade, îndreptându-se către pământ, şi nu se opreşte decât atunci când întâlneşte un obstacol în calea sa. *Cauza, care face ca corpurile să cadă pe pământ, se numeşte gravitatea*

Gravitatea se exercită asupra tuturor corpurilor fără excepţiune, ori care ar fi natura sau mărimea lor. Dacă presupunem că dividem un corp în părticele din ce în ce mai mici, constatăm că şi acele părticele mici cad. Se deduce de acì, că gravitatea se exercită şi asupra celor mai mici părticele, din cari un corp ar fi constituit.

Gravitatea fiind o putere, ne propunem a determinà : a) *direcţiunea gravităţei* ; b) *intensitatea* ; c) *punctul de aplicaţiune al gravităţei.*

Direcţiunea gravităţei. Verticala. Plan orizontal. Orizontala. — Pentru a vedea care este direcţiunea luată de un corp în căderea sa, să facem următoarea experienţă :

Să luăm un corp greu, de exemplu o bucată de plumb, pe care s'o atârnăm la extremitatea unui fir flexibil, şi să ţinem cu mâna celalt capăt al firului (fig. 38). Vom vedeà că firul cu plumb în repaus va luà o *direcţiune verticală.* Asupra bucăţei de plumb se exercită două puteri : a) *gravi-*

tatea, care tinde ca bucata de plumb să cadă îndreptându-se către pământ ; b) *tensiunea firului*, care ţine firul întins şi se opune la căderea corpului. Bucata de plumb fiind în echilibru şi puterile exercitate asupra ei fiind numai cele două indicate mai sus, este necesar pentru echilibru ca aceste două puteri să fie egale şi de sens contrar. Direcţiunea firului fiind verticală, urmează că şi *direcţiunea gravităţei să fie şi ea verticală.*

Fig. 38.

Instrumentul, format din un fir flexibil care are o greutate la un capăt, serveşte a determinà verticala în un loc oarecare de pe suprafaţa pământului ; el se numeşte *firul cu plumb.*

Direcţiunea, pe care o ia firul cu plumb în repaus, pe care am numit-o direcţiunea verticală sau *verticala* locului, este perpendiculară pe suprafaţa apelor liniştite, sau, în general, pe suprafaţa unui licid în repaus. Putem pune aceasta în evidenţă prin următoarea experienţă (fig. 39). Să atârnăm de un suport în *a*, un fir care are legată la cellalt capăt *b* o greutate, terminată prin un vârf ascuţit. Să punem sub corp un vas cu mercur, aşà ca vârful greutăţii să atingă suprafaţa mercurului. Când firul este în repaus, vom vedeà că imaginea firului, produsă de suprafaţa lucie a mercurului, va fi în prelungirea firului. Aceasta ne arată că direcţiunea firului şi prin urmare a verticalei este perpendiculară la suprafaţa licidelor în repaus.

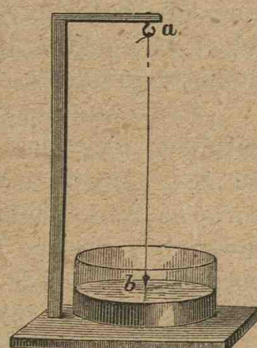


Fig. 39.

Suprafaţa unui lichid în repaus se numeşte *plan orizontal*. Orce linie dusă în un plan orizontal este o *linie orizontală.*

Verticalele în două puncte ale suprafeţei globului. — Globul terestru fiind aproape sferic, verticala unui loc va fi în prelungirea razei terestre a acelui loc şi va trece, prin urmare, prin centrul pământului.

Să considerăm două puncte *A* şi *B* de pe suprafaţa globului, prin care trece arcul de cerc mare AB (fig 40). Verticalele AZ şi BZ′ a punctelor A şi B de pe pământ fiind prelungite se vor întâlnì în punctul *O*, care este centrul pământului. Unghiul format de cele două verticale este unghiul AOB.

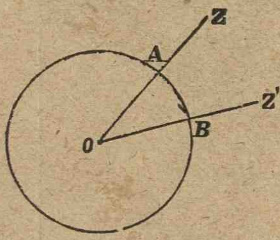


Fig. 40.

Astfel, verticalele locurilor în două puncte ale suprafeţii pământului formează un unghiu determinat. De exemplu, verticalele a două locuri depărtate de un kilometru formează un unghiu aproape egal cu 30 secunde.

Dacă însă punctele *A* şi *B* sunt foarte apropiate, unghiul format de verticale este foarte mic, aşà că verticalele pot fi luate ca fiind paralele între ele. Prin urmare, *verticalele a două locuri foarte apropiate pot fi considerate ca drepte paralele.*

Greutatea unui corp. — Se ştie că puterile paralele şi de acelaşi sens, cari lucrează asupra unui corp, au o rezultantă egală cu suma lor, paralelă cu puterile componente şi de acelaşi sens cu ele. Acţiunea gravităţii exercitându-se asupra fiecărei părţi din care un corp este format, după direcţiunea verticală, rezultanta tuturor puterilor cari lucrează asupra corpului, datorite gravităţii, va fi egală cu suma componentelor, verticală şi dirigiată de sus în jos. Această rezultantă se numeşte *greutatea corpului.*

Centrul de gravitate. — Se ştie că, când mai multe puteri paralele şi de acelaşi sens lucrează asupra unui corp, rezultanta lor este aplicată în un punct, care se numeşte *centrul puterilor paralele.* Acest punct se bucură de proprietatea de a rămâneà invariabil, oricare ar fi direcţiunea puterilor în raport cu corpul, cu condiţiunea ca: 1°) puterile să rămână paralele; 2°) să'şi conserve intensitatea, sau încă ca intensitatea puterilor să varieze în acelaşi raport.

Acelaşi lucru şi în cazul gravităţii. Rezultanta puterilor datorite gravităţii, adică greutatea corpului, este aplicată în un punct, care se numeşte *centrul de gravitate al corpului.*

Centrul de gravitate este un *punct invariabil,* fie că am face să varieze poziţiunea corpului în un loc determinat, fie că am transportà corpul în locuri diferite, unde intensitatea gravităţii este diferită.

Invariabilitatea centrului de gravitate al unui corp permite a determinà centrul de gravitate al unui solid, orcare ar fi forma sa.

Se atârnă (fig. 41) corpul cu un fir flexibil *ab*, în punctul *a* al corpului. Greutatea *p* a corpului ia direcţiunea verticală şi este aplicată în centrul de gravitate G. Pentru ca corpul să fie în echilibru, trebue ca prelungirea direcţiunii firului vertical *ab* să treacă prin centrul de gravitate G al corpului.

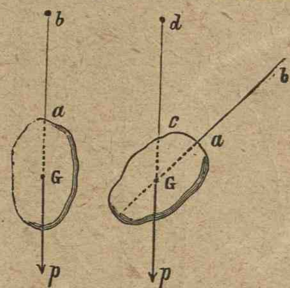


Fig. 41.

Dacă atârnăm corpul în un alt punct *c*, prelungirea firului *cd* va trece tot prin *G*. Intersecţiunea prelungirilor lui *ab* şi *cd* va fi centrul de gravitate G al corpului.

Când un corp este omogen, adică materia este răspândită în un mod uniform în toată întinderea sa, şi pe lângă acestea are o formă regulată, centrul de gravitate se poate aflà uşor prin calcul. Astfel, centrul de gravitate a unei sfere este în centrul ei; centrul de gravitate a unui cilindru cu baza circulară este la mijlocul dreptei care uneşte centrele cercurilor de bază; de asemenea, centrul de gravitate a unui paralelipiped este punctul de întretăiare a diagonalelor.

Tot în acelaşi mod se pot aflà centrele de gravitate ale suprafeţelor şi liniilor. Dacă un corp are una din dimensiuni foarte mică în raport cu celelalte două, atunci avem o suprafaţă compusă din puncte materiale grele. Tot de asemenea, dacă două din dimensiunile unui corp sunt neglijabile în raport cu lungimea, avem o linie compusă din puncte materiale grele.

Centrul de gravitate a unui cerc omogen este în centrul cercului; în cazul unui dreptunghiu omogen, centru de gravitate este la punctul de întretăiare a celor două diagonale.

Echilibrul unui corp solid care se poate mişcà împrejurul unui ax sau unui punct fix. — Când un corp solid este mobil împrejurul unui ax sau unui punct fix, pentru ca să fie în echilibru trebue ca verticala care trece prin centrul de gravitate al corpului să treacă şi prin ax sau prin punctul fix.

Echilibrul unui corp, mobil împrejurul unui ax sau unui punct fix, poate fi : a) *stabil*; b) *nestabil*; c) *indiferent*.

Să considerăm un corp solid (fig. 42), a cărui greutate *p* este aplicată în centrul de gravitate G şi fie *O* axul împrejurul căruia corpul se poate mişcà. Să presupunem că centrul de gravitate G este dedesubtul axului O. Pentru ca corpul să fie în echilibru, trebue ca verticala greutăţii p să treacă prin punctul O.

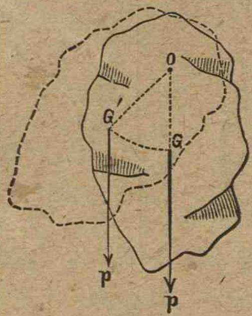


Fig. 42.

Să presupunem că depărtăm corpul din poziţiunea sa primitivă, aşà ca centrul de gravitate să vină din G în G'.

Greutatea *p*, aplicată în G', tinde a face ca corpul să revină la poziţiunea primitivă. Echilibrul, în acest caz, se zice că este *stabil*. Echilibrul stabil este deci atunci, când corpul depărtat din poziţiunea sa tinde a revenì la poziţiunea iniţială.

Să considerăm (fig. 43) corpul în o poziţiune astfel ca centrul de gravitate G să fie deasupra axului *O*. Pentru ca corpul să fie în echilibru, trebue ca verticala greutăţei *p* să treacă prin axul *O*. Dacă depărtăm corpul din poziţiunea sa primitivă, aşà că centrul de gravitate G să vină în G', corpul se va depărtà şi mai mult, până când centrul de gravitate va venì dedesubtul axului *O* şi pe verticala care trece prin *O*. Echilibrul corpului, în acest caz, se zice că este *nestabil*.

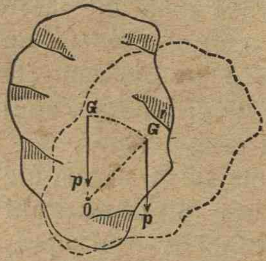


Fig. 43.

Echilibrul nestabil este deci atunci, când corpul depărtat din poziţiunea sa tinde a se depărtà şi mai mult.

In fine, când centrul de gravitate trece prin axul O, echilibrul este *indiferent*, corpul rămânând în echilibru orcare ar fi poziţiunea lui.

Echilibrul unui corp solid sprijinit pe un plan. Să presupunem un corp solid, de exemplu un cilindru (fig. 44), pus pe un plan. Corpul atinge planul în mai multe puncte, cari reunite formează un poligon, numit *poligon de sustentaţie*. In cazul cilindrului considerat, poligonul de sustentaţie este o elipsă.

Fig. 44.

Pentru ca corpul să fie în *echilibru stabil*, trebue ca verticala *Gm*, dusă din centrul de gravitate *G* al cilindrului să cadă în interiorul poligonului de sustentaţie.

Echilibru unui corp sprijinit pe un plan este *nestabil* (fig. 45), când verticala *Gm* dusă din centrul de gravitate *G* al corpului cade în afara poligonului de sustentaţie; corpul, în acest caz, cade în partea unde verticala întâlneşte planul orizontal.

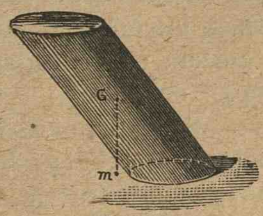


Fig. 45.

Echilibru unui corp sprijinit pe un plan este *indiferent*, când corpul rămâne în echilibru în orce poziţiune s'ar aflà. Astfel este cazul unei sfere puse pe un plan orizontal.

Căderea corpurilor.

Căderea corpurilor în vid.—Dacă lăsăm să cadă pe pământ dela aceiaşi înălţime corpuri de formă şi greutăţi diferite, cum ar fi de exemplu o bucată de plumb, o bucată de cretă, o foaie de hârtie, constatăm că bucata de plumb va cădeà mai întâi, apoi creta şi, în fine, hârtia.

Cauza, care face ca corpurile să cadă în aer cu iuţeli diferite, este *rezistenţa* aerului atmosferic.

Dacă ne-am pune în condiţiuni, astfel ca rezistenţa aerului să fie suprimată, făcând experienţa în un loc vid (gol), se poate constatà că *în vid toate corpurile cad cu aceiaşi iuţeală.* Acest fapt a fost mai întâi remarcat de Galileu, pe când erà profesor la Pisa (1589—1592), lăsând să cadă din vârful turnului înclinat dela Pisa diferite greutăţi. Mai târziu, Mariotte în Franţa, Newton în Anglia repetară experienţele lui Galileu. Se datoreşte lui Newton experienţa cu tubul, ce poartă numele său, pentru verificarea legii de mai sus.


Fig. 46.

Tubul lui Newton (fig. 46) este un tub lung de sticlă, având o lungime cam de doi metri, închis la un capăt, iar la celalt este prevăzut cu o piuliţă şi un robinet. Prin ajutorul piuliţei se poate adapta la o maşină pneumatică, pentru a face vidul în tub; robinetul serveşte pentru a pune sau întrerupe comunicaţiunea interiorului tubului cu exteriorul.

Introducând în tub corpuri de greutăţi diferite : plumb, cretă, fulgi de pene etc., experienţa ne arată că făcând vidul, toţi aceşti corpi vor cădeà în tubul vid cu aceiaşi iuţeală. Dacă introducem aer în tub prin ajutorul robinetului, vom constatà că va cădeà mai întâi plumbul, apoi creta şi, în fine, fulgii de pene.

Se mai poate verificà legea de mai sus, luând un disc de metal şi un disc de carton de acelaş diametru. Lăsându-le să cadă separat în aer, va cădeà mai întâi discul de metal şi apoi discul de carton. Suprapunând discul de carton peste discul de metal, ambele discuri formează ca un singur corp şi vor cădeà deodată pe pământ.

Căderea corpurilor în vid cu aceiaş iuţeală mai poate fi demonstrată prin *ciocanul cu apă.* Ciocanul cu apă (fig. 47) este format din un tub de sticlă, terminat prin un glob. S'a introdus mai întâi apă în tub şi s'a fiert apa pentru a îndepărtà aerul din tub. In timpul fierberii, s'a topit vârful globului de sticlă la suflător şi a rămas astfel în tub numai apă.


Fig. 47.

Dacă întoarcem aparatul, aşà ca apa să fie conţinută în glob, şi apoi răsturnăm aparatul, toată apa va cădeà deodată ca un corp solid, producând un sgomot analog loviturei unui ciocan. In această experienţă, picăturile de apă nu au fost despărţite între ele prin aer, cum s'ar întâmplà când apa ar cădeà în aerul atmosferic, dar cad toate reunite ; aceasta probează că în vid toate aceste picături cad cu aceiaşi iuţeală.

Legile căderei corpurilor în vid. — Dacă atârnăm un corp la un dinamometru în un loc oarecare, vedem că flexiunea dinamometrului este constantă. Aceasta probează că, în un loc determinat, gravitatea este o *putere constantă.*

Se ştie că mişcarea unui corp, sub acţiunea unei puteri constante, este o mişcare uniform variată. Prin urmare, gravitatea fiind o putere constantă, mişcarea imprimată de gravitate unui corp în căderea sa va fi o mişcare uniform variată.

Fie g, acceleraţiunea imprimată de gravitate unui corp în un loc de pe glob, iuţeala v a corpului după t secunde de cădere va fi :

$$v = gt, \tag{1}$$

adică, *iuţeala corpului, după t secunde de cădere, este egală cu acceleraţiunea, imprimată unui corp de gravitate, îmulţită cu timpul.*

Spaţiul, percurs de corp după t secunde de cădere, este :

$$(2) \qquad s = \frac{g}{2} t^2,$$

adică, *spaţiul, percurs de un corp în căderea sa după t secunde de cădere, este egal cu jumătatea acceleraţiunei gravităţii îmulţită cu pătratul timpului.*.

Dacă în relaţiunea (2), facem timpul t egal cu o secundă, vedem că :

$$s = \frac{g}{2} \text{ sau } g = 2s,$$

ceeace arată că, *acceleraţiunea gravităţii este egală cu de două ori spaţiul percurs de corp în prima secundă.*

Să eliminăm timpul între relaţiunile (1) şi (2). Valoarea lui t din relaţiunea (1) ridicată la pătrat, este :

$$t^2 = \frac{v^2}{g^2}.$$

Inlocuind această valoare în relaţiunea (2), obţinem :

$$s = \frac{g}{2} \times \frac{v^2}{g^2}; \text{ de unde}$$

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

relaţiune importantă între iuţeala v a corpului şi spaţiul s şi care ne arată că: *iuţeala unui corp în cădere este proporţională cu rădăcina pătrată a spaţiului percurs de corp.*

Este greu a verificà direct în căderea liberă legile spaţiilor şi a iuţelelor. In adevăr, g fiind aproximativ egal cu 10 metri, se vede uşor că s şi v au valori prea mari pentru a puteà fi observate direct. S'a recurs la artificii pentru a studià experimental aceste legi. Totodată, pentru ca rezistenţa aerului să fie neglijabilă, s'a studiat mişcarea corpurilor grele, cum sunt, de exemplu, metalele.

Planul înclinat a lui Galileu. — Putem studià experimental legile căderii corpurilor, servindu-ne de planul înclinat a lui Galileu. Galileu însuş a dedus legile căderii corpurilor, observând căderea lor pe un plan înclinat.

Să considerăm (fig. 48) un plan înclinat şi să ducem un plan vertical perpendicular pe intersecţiunea planului înclinat cu un plan orizontal. Fie AB intersecţiunea acestui plan vertical cu planul înclinat. Dreapta AB formează cu orizontala AC,

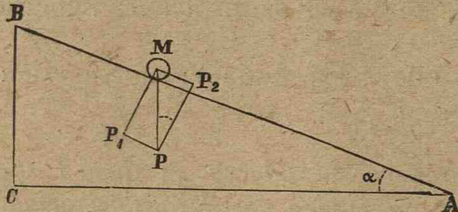


Fig. 48.

situată în acelaşi plan vertical ca şi AB, unghiul BAC=α. Să considerăm o sferă M, a cărei greutate este P, şi care se mişcă pe planul înclinat după direcţiunea BA.

Greutatea P a sferei M o putem discompune, după regula paralelogramului puterilor, în două componente: 1°) P_1 perpendiculară pe AB şi care este distrusă prin resistenţa planului înclinat; 2°) P_2 paralelă cu AB. Această componentă $P_2 = P\sin\alpha$ este singura putere efectivă, care produce mişcarea sferei.

Dacă însemnăm cu g acceleraţiunea imprimată de gravitate în căderea liberă sferei M, a cărei greutate este P, şi cu g' acceleraţiunea sferei supuse la acţiunea puterei $P\sin\alpha$, vom aveà, în virtutea teoremului proporţionalităţei puterilor cu acceleraţiunile, când ele lucrează asupra messei sferei M:

$$\frac{P\sin\alpha}{P} = \frac{g'}{g}; \text{ sau:}$$

$$g' = g\sin\alpha.$$

Prin urmare, în cazul căderei unui corp după un plan înclinat, gravitatea imprimă corpului acceleraţiunea $g\sin\alpha$.

Presupunem că sfera M pleacă din B şi precurge spaţiul $BA = s$ după timpul t; iuţeala v a mobilului precum şi spaţiul s descris după timpul t de cădere vor fi reprezentate prin relaţiunile:

$$(1) \qquad v = g\sin\alpha \times t.$$

$$(2) \qquad s = \frac{g\sin\alpha}{2}t^2.$$

Se vede de acì că, în căderea unui corp după un plan înclinat, acceleraţiunea fiind micşorată cât voim de mult, spaţiele şi iuţelele vor fi şi ele micşorate în acelaş raport.

Este uşor a verifica legea spaţielor cu planul înclinat descris mai sus. Este de ajuns a măsura direct spaţiele în căderea sferei pe planul înclinat după 1, 2, 3, etc. secunde. Experienţa va arăta că spaţiele sunt proporţionale cu numerile 1, 4, 9 etc. adică cu pătratele timpurilor.

Se eliminăm timpul t între relaţiunile (1) şi (2). Valoarea lui t, dedusă din relaţiunea (1) ridicată la pătrat, este:

$$t^2 = \frac{v^2}{g^2 \sin^2 \alpha}.$$

Inlocuind această valoare în relaţiunea (2), avem:

$$s = \frac{g}{2} \sin \alpha \times \frac{v^2}{g^2 \sin^2 \alpha} = \frac{v^2}{2\, g \sin \alpha}.$$

Deci, (3) $v = \sqrt{2\, g\, s \sin \alpha}.$

Să însemnăm înălţimea BC a triunghiului ABC cu i. In triunghiul ABC, avem:

$$AB \sin \alpha = s \times \sin \alpha = BC = i.$$

Inlocuind în relaţiunea (3), avem:

$$(4) \qquad v = \sqrt{2\, g\, i}.$$

Această din urmă relaţiune ne indică, că un corp fie că ar cădeà vertical şi ar percurge spaţiul BC, fie că ar cădeà după planul înclinat BA şi ar percurge spaţiul BA, iuţeala corpului în punctele C şi A situate în acelaş plan orizontal ar fi aceiaşi. Iuţeala unui corp în cădere nu depinde, prin urmare, de înclinaţiunea planului pe care cade; iuţeala sa depinde numai de la înălţimea verticală de la care cade.

Maşina lui Atwood.—Prin ajutorul maşinei lui Atwood se pot demonstrà uşor legile spaţielor şi a iuţelelor în căderea corpurilor.

Principiul maşinei lui Atwood. Principiul acestei maşine este următorul: Să presupunem (fig. 49) două plane înclinate

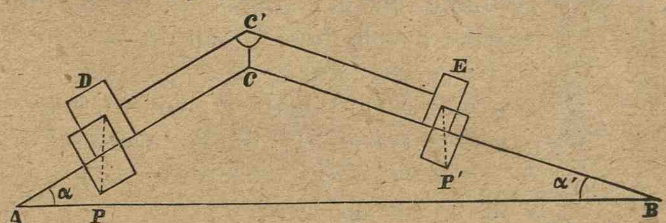


Fig. 49.

CA şi CB, formând cu planul orizontal unghiurile α şi α'. Să considerăm două corpuri D şi E, a căror greutăţi sunt P şi P′, legate cu un fir ce trece pe scripetele C′. Să presupunem că frecarea greutăţilor P şi P′ pe cele două plane înclinate este nulă.

Să discompunem greutatea P în două componente: una normală pe planul AC şi a două paralelă cu AC. Această din urmă componentă, a cărei valoare este $P \sin \alpha$, este singura putere efectivă. De asemenea componenta efectivă a greutăţei P' este $P' \sin \alpha'$. Puterea, care lucrează asuprà massei totale, este : $P \sin \alpha - P' \sin \alpha'$, care va imprima sistemului o mişcare în sensul componentei cele mai mari.

Fie g, accelariţiunea imprimată de gravitatea massei $P+P'$ în căderea liberă ; de asemenea, fie g' acceleraţiunea imprimată de puterea $P \sin \alpha - P' \sin \alpha'$ aceleiaşi masse.

In virtutea teoremului proporţionaltiăţei puterilor cu acceleraţiunile, când puterile lucrează asupra aceleiaşi masse, vom aveà :

$$(1) \qquad \frac{P \sin \alpha - P' \sin \alpha'}{P+P'} = \frac{g'}{g},$$

g' va fi, prin urmare, o fracţiune a acceleraţiunei gravităţei.

Dacă facem în relaţiunea (1): $\alpha = \alpha' = \frac{\pi}{2}$, adică dacă cele două plane înclinate devin verticale, această relaţiune se reduce la următoarea :

$$(2) \qquad \frac{P - P'}{P + P'} = \frac{g'}{g}.$$

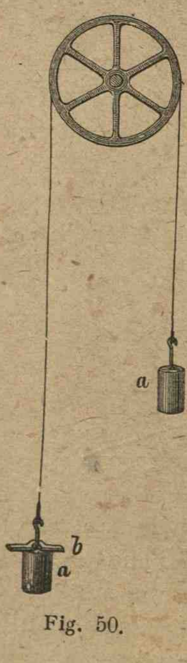


Fig. 50.

g', prin urmare, este o fracţiune din acceleraţiunea g a gravităţei.

Formula (2) represintă principiul maşinei lui Atwood.

Maşina lui Atwood (fig. 50) este formată din o roată foarte uşoară şi mobilă împrejurul axului. Pe roată este făcută o scobitură, în care se pune un fir subţire şi inextensibil, care susţine la cele două capete două greutăţi egale a. Dacă adăugim la una din aceste greutăţi o greutate adiţională b, vom putea observà mişcarea sistemului, în care acceleraţiunea este o fracţiune din acceleraţiunea gravităţei în căderea liberă.

Făcând în relaţiunea (2) :

$$P' = a$$
$$P = a + b,$$

şi înlocuind în această relaţiune P' şi P cu valorile indicate, obţinem :

$$\frac{a+b-a}{a+b+a} = \frac{b}{2a+b} = \frac{g'}{g},$$

De unde : (3) $g'=g\times\frac{b}{2a+b}$.

Exemplu : să presupunem că fiecare din greutăţile a cântăreşte 100 grame, şi greutatea adiţională b cântăreşte 5 grame, înlocuind în relaţiunea (3), avem :

$$g'=g\times\frac{5}{205}=g\times\frac{1}{41}.$$

Acceleraţiunea, în acest cas, este o fracţiune mică din acceleraţiunea gravităţei în căderea liberă.

Descrierea maşinei lui Atwood. Maşina lui Atwood se construeşte în diferite forme. Una din formele cele mai usitate este următoarea (fig. 51) : Pe o măsuţă se află roata A, care se învârteşte împrejurul unui ax; această roată trebuind a fi foarte mobilă şi uşoară se construeşte în aluminiu. Pe scobitura roţei este pus un fir de mătase, care poartă la cele două capete greutăţile egale a, a. Măsuţa, pe care se află roata, este susţinută de o coloană, pe care se fixează un pendul cu cadran B, care indică secunda. Una din greutăţile a se mişcă înaintea unei bare prismatice de lemn C, lungă de cel puţin doi metri şi pe care sunt făcute diviziuni în centimetri. Pe această bară se pot fixa, prin ajutorul unor şuruburi de presiune, plăci pline sau goale, numite *cursori*, la diferite înălţimi.

Când facem experienţele, trebue a lăsà greutatea să cadă de la o înălţime determinată şi tot odată să începem a socotì timpul odată cu mişcarea greutăţei.

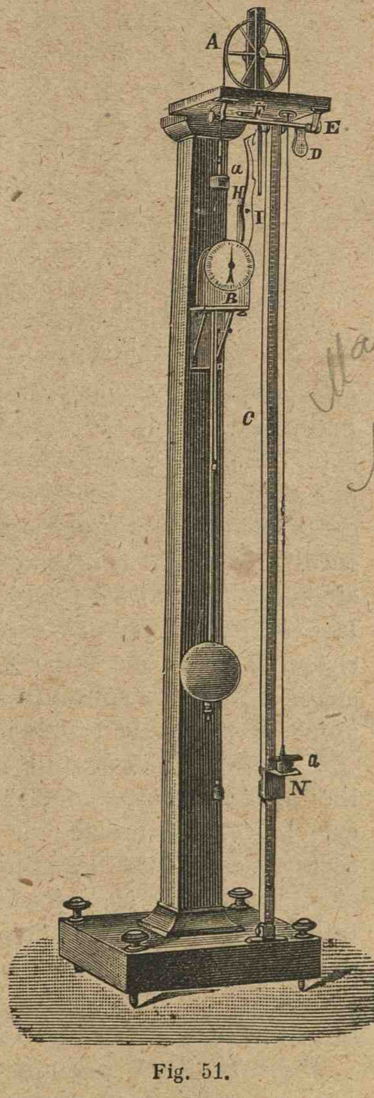


Fig. 51.

Pentru aceasta se usită următoarea dispoziţiune (fig. 52):

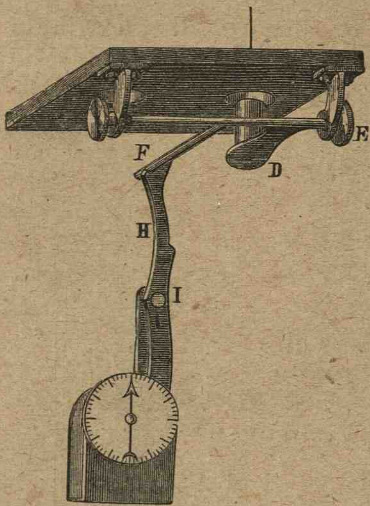


Fig. 52.

Pe placa D, mobilă împrejurul axului E, se fixează vergeaua F. Această vergea F se rezeamă cu capătul ei pe pârghia metalică H, mobilă împrejurul punctului I. Prin o dispoziţiune particulară a cadranului, când acul cadranului trece prin diviziunea zero, pârghia H se mişcă împrejurul punctului I şi vergeaua F încetează a mai fi sprijinită. Ea va cădeà în jos împreună cu placa D şi sistemul de greutăţi a, a va fi liber.

Verificarea legii spaţiilor cu maşina lui Atwood. Pentru a face verificarea legii spaţiilor cu maşina lui Atwood, punem pe greutatea a, care se mişcă înaintea coloanei C divizate în centimetri, o greutate adiţională b (fig. 51). Sistemul, a cărui greutate totală este $2\,a+b$, fiind pus în mişcare sub acţiunea greutăţii b, va percurge în timp de o secundă un spaţiu, pe care 'l vom evaluà punând cursorul plin N la o distanţă, aşà ca sa auzim în acelaşi timp ciocuirea greutăţii $a+b$ pe cursorul N şi bătaia secundei de la orologiu. Repetând experienţa pentru spaţii percurse de sistemul care cade după 2, 3 etc. secunde, vom constatà că spaţiile percurse sunt proporţionale cu numerele 1, 4, 9 etc. adică cu patratele timpurilor.

Astfel, dacă spaţiul percurs în o secundă ar fi 12 centimetri, experienţa ne arată că spaţiul percurs după 2 secunde este 12×4 centimetre; de asemenea, spaţiul percurs după 3 secunde este 12×9 centimetri şi aşà mai departe.

Verificarea legii iuţelelor cu maşina lui Atwood. In virtutea principiului inerţiei, vom definì iuţeala la un moment dat spaţiul ce l'ar percurge mobilul în secunda următoare cu o mişcare uniformă, când puterea ce a lucrat asupra mobilului încetează a se mai exercità.

Astfel, dacă presupunem că o putere constantă, cum este de exemplu gravitatea, lucrează asupra unui corp, corpul câştigă după un timp oarecare de t secunde de cădere o iuţeală v. Iuţeala v a corpului la timpul t este spaţiul ce corpul l'ar percurge în timpul secundei următoare, când gravitatea ar încetà să mai lucreze asupra corpului.

Iată în ce mod se poate face cu maşina lui Atwood verificarea legii iuţelelor (fig. 53): Se fixează pe coloana C divizată în centimetri, un cursor S, prevăzut cu o deschidere inelară ca să poată oprì greutatea adiţională b, şi un cursor plin N. Punând cursorul S la distanţe aşà ca să oprească greutatea b, după 1, 2, 3 etc. secunde de cădere, şi aranjând cursorul N, depărtat de S cu distanţe pe cari sistemul $2a$ în cădere le-ar percurge în timpul secundei următoare, spaţiile percurse între S şi N vor fi iuţelele după 1, 2, 3 etc. secunde de cădere. Experienţa arată că iuţelele după 1, 2, 3 etc. secunde de cădere sunt proporţionale cu timpul. Astfel, dacă iuţeala după 1 secundă de cădere este de 24 centimetri, după 2 secunde este 24×2 centimetri; de asemenea, după 3 secunde de cădere iuţeala va fi 24×3 centimetri şi aşà mai departe.

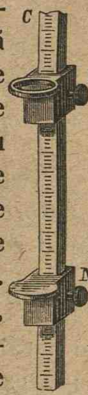


Fig. 53.

Acceleraţiunea sistemului este diferenţa între iuţelele succesive. Astfel dacă iuţeala după o secundă este $v_1 = 24$ centimetri, după 2 secunde va fi $v_2 = 24 \times 2$ centimetri; acceleraţiunea sistemului în cădere este $v_2 - v_1 = 24$ centimetri.

Determinarea acceleraţiunei gravităţei g prin maşina lui Atwood. — Se poate determinà acceleraţiunea gravităţei g prin maşina lui Atwood în modul următor:

Am văzut la maşina lui Atwood că sistemul de greutăţi $2a+b$ se mişcă sub acţiunea greutăţei b. Dacă greutatea b ar cădeà singură în căderea liberă, acceleraţiunea imprimată de gravitate ar fi g, şi am aveà în un mod identic:

$$(1) \qquad b = \frac{b}{g} \times g.$$

In această relaţiune (1), $\frac{b}{g}$ reprezintă massa greutăţei b.

Dacă considerăm sistemul $2a+b$, din maşina lui Atwood, puterea care produce mişcarea fiind tot b va imprima massei sistemului $\frac{2a+b}{g}$ o acceleraţiune g'. Vom puteà scrie, ştiind că puterea este egală cu massa multiplicată cu acceleraţiunea :

(2) $$b=\frac{2a+b}{g}\times g'.$$

Comparând (1) cu (2), deducem :

$$\frac{b}{g}\cdot g=\frac{2a+b}{g}g'.$$

De unde :

$$bg=(2a+b)\,g', \text{ sau :}$$

(3) $$g=\frac{2a+b}{b}g'.$$

Prin urmare, pentru a cunoaşte valoarea lui g, este destul a determinà : 1°) valoarea lui g', ceia ce este uşor de făcut ştiind că g' este egal cu de două ori spaţiul percurs de sistemul $2a+b$ în prima secundă ; 2°) raportul $\frac{2a+b}{b}$, unde numărătorul şi numitorul fiind nişte greutăţi, le putem determinà exact cântărindu-le cu o balanţă.

Rezultatele însă obţinute pentru g prin această determinare nu pot fi decât aproximative. In adevăr, trebuind a măsurà cu maşina lui Atwood spaţii şi timpuri, aceste două elemente nu pot fi determinate decât aproximativ. Rezultă că şi valoarea lui g, astfel obţinută, este aproximativă. Valoarea lui g se poate determinà exact prin ajutorul pendulului, după cum vom vedeà mai departe.

Intensitatea gravităţei.—Să considerăm un corp, à cărui greutate este P, căzând sub acţiunea gravităţei. Raportul m între gravitatea P, care este o putere, şi acceleraţiunea g a gravităţei, este constant şi se numeşte, după cum se ştie, *massa corpului*. Putem scrie, prin urmare :

$$\frac{P}{g}=m.$$

Dacă presupunem că massa m este egală cu unitatea, deducem :

$$P=g.$$

Se dă numele de *intensitate a gravităţei greutăţei unităţei de massă a corpului*. Se deduce că intensitatea gravităţei este exprimată prin acelaşi număr ca şi acceleraţiunea g. Din această cauză, g mai este cunoscut şi sub numele de *intensitatea gravităţei*.

Pendulul.

Istoric. — Cele d'întâi observaţiuni asupra pendulului sunt datorite lui Galileu. Galileu observâ, în catedrala de la Pisa, că oscilaţiunile unei lampe de bronz, suspendate la extremitatea unei coarde lungi, se efectuează în acelaş timp. Această observaţiune datează din 1583.

Mai târziu, Galileu demonstrâ experimental că duratele oscilaţiunilor a două pendule sunt între ele ca şi rădăcinile pătrate ale lungimelor acelor pendule.

Huyghens, în fine, complectâ teoria pendulului şi construì în 1657 cel d'întâi orologiu pus în mişcare de un pendul.

Pendulul simplu. — Se numeşte *pendul simplu* un punct material greu atârnat la extremitatea unui fir inextensibil şi fără greutate, a cărui cea altă extremitate este fixată în un punct.

Un asemenea pendul nu are o existenţă reală; pentru aceea pendulul simplu se mai numeşte *ideal* sau *matematic.*

Să considerăm un punct material greu, atârnat la capătul firului OM, ce este fixat în O (fig. 54). Acest sistem constitue un pendul simplu.

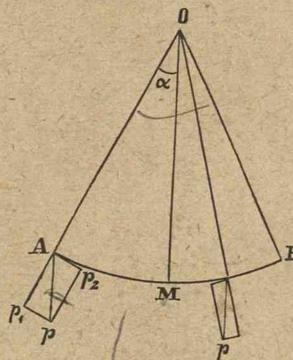


Fig. 54.

Pendulul este în echilibru când punctul material este în direcţiunea verticalei ce trece prin punctul de suspensiune *O*. Fie OM această direcţiune verticală.

Să depărtăm punctul material din poziţiunea de echilibru şi să-l mişcăm până în A, pe arcul de cerc MA.

Fie *p* greutatea punctului material. Putem discompune greutatea *p*, conform teoremului paralelogramului puterilor, în două componente dreptunghiulare: *a*) p_1, în direcţiunea prelungirei firului OA; *b*) p_2, în direcţiunea tangenţială la arcul de cerc AM.

Componenta p_1, fiind în direcţiunea prelungirei firului, este distrusă din cauză că firul este inextensibil; prin urmare, această componentă nu are nici un efect asupra mişcărei punctului material.

A doua componentă p_2 este singura componentă eficace, care determină mişcarea punctului material.

Dacă însemnăm cu α unghiul AOM, este uşor a vedeà după figură că:

$$p_2 = p \sin \alpha.$$

Cu cât punctul material se mişcă din A în M, cu atât unghiul α descreşte şi prin urmare şi componenta p_2 descreşte. Când punctul material ajunge în ~~A~~ M, unghiul α este nul precum şi puterea p_2.

Efectul puterei p_2, variabilă la fiecare moment în direcţiune şi intensitate, este a determinà mişcarea punctului material în direcţiunea AM.

Punctul material mişcându-se din A în M, iuţeala sa creşte proporţional cu rădăcina pătrată a înălţimei verticale dela care cade; această iuţeală este cea mai mare când punctul material ajunge în M.

Când punctul material ajunge în M, în virtutea iuţelei căpătate, îşi va continuà mişcarea mai departe pe arcul de cerc MB. Puterea, care lucrează asupra punctului material, fiind de direcţiune contrară mişcărei punctului, iuţeala sa va merge descrescând până ce va ajunge la punctul B, unde iuţeala punctului va fi nulă aşà că arcul MB descris de mobil este egal cu arcul AM.

Ajuns în B, punctul material solicitat de gravitate se va mişcà din B în M, apoi din M în A şi aşà mai departe, efectuând o serie de mişcări alternative.

Dacă nu ar fi rezistenţa aerului asupra punctului material şi frecarea firului împrejurul punctului O unde este fixat, mişcarea pendulului s'ar efectuà la infinit.

Se dă numele de *oscilaţiune* a pendulului mişcărei punctului material între cele două puncte extreme A şi B.

Se numeşte *amplitudinea pendulului* unghiul AOB, determinat de cele două poziţiuni extreme OA şi OB ale pendulului. După figură se vede că amplitudinea pendulului este: $AOB = 2\,\alpha$.

Legile oscilaţiunilor pendulului simplu.—Este imposibil a realizà în practică pendulul simplu, căci nu putem aveà un corp redus la un punct material şi nici un fir fără greutate. Putem însă ajunge la verificarea legilor pendulului simplu, stabilite prin calcul matematic, construind un pendul format din o sferă mică şi grea, atârnată la capătul unui fir subţire inextensibil, al cărui capăt superior este fixat. Oscilaţiunile unui asemenea pendul, după cum se arată prin calcul, s'ar apropia de acelea a unui pendul simplu, a cărui lungime ar fi distanţa intre punctul de suspensiune şi centrul sferei.

Se pot verificà cu un asemenea pendul următoarele patru legi ale pendulului simplu:

1°) *Isocronismul oscilaţiunilor pendulare mici a căror amplitudine nu trec peste 3°.* Dacă luăm un pendul de o lungime determinată, constatăm că durata oscilaţiunilor variază, când amplitudinea lor este mai mare de 3°. Dacă însă amplitudinea oscilaţiunilor este de 3° sau mai mică, experienţa arată că fiecare din aceste oscilaţiuni este efectuată în acelaşi timp; cu alte cuvinte, oscilaţiunile mici cari nu trec peste 3° sunt isocrone.

Putem verificà această lege, evaluând timpul în care un pendul efectuează un număr determinat de oscilaţiuni cu amplitudinea mai mică de 3°. Vom constatà, de exemplu, că 50 de oscilaţiuni sunt efectuate în 40 secunde; alte 50 oscilaţiuni următoare tot în 40 secunde şi aşà mai departe.

2°) *Durata oscilaţiunilor unui pendul nu depinde de substanţa din care este format pendulul.* Dacă facem pendule, cari să aibă aceiaşi lungime, atârnând la capătul liber al firului sfere de platină, fer, fildeş etc., de acelaş diametru, experienţa arată că, pentru oscilaţiuni a căror amplitudine nu trece de 3°, durata unei oscilaţiuni este aceeaşi.

3°) *Legea lungimelor.* Legea lungimelor este următoarea: *timpul unei oscilaţiuni pendulare este proporţional cu rădăcina pătrată a lungimei pendulului.* Vom verificà această lege luând pendule a căror lungimi să fie proporţionale cu numerele 1, 4, 9, etc. Vom constatà că duratele aceluiaş număr de oscilaţiuni sunt între ele ca numerile 1, 2, 3 etc.

4°) *Legea intensităţei gravităţei.* Legea intensităţei gravităţei este următoarea: *timpurile aceluiaş număr de oscilaţiuni ale pendulului în diferite locuri de pe pământ sunt invers proporţionale cu rădăcinele pătrate a intensităţilor gravităţei în locurile considerate.*

Putem verifica această lege transportând acelaş pendul în diverse locuri, unde intensităţile gravităţei sunt diferite.

Formula pendulului simplu. Timpul unei singure oscilaţiuni a unui pendul simplu, când amplitudinea nu trece de 3°, este dat prin următoarea formulă:

$$t=\pi\sqrt{\frac{l}{g}},$$

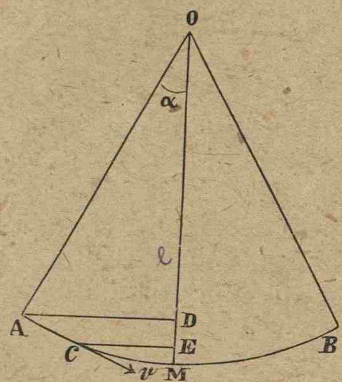


Fig. 55.

unde t, este timpul unei singure oscilaţiuni; l, lungimea pendulului; g, intensitatea gravităţei; τ, raportul constant al circumferinţei la diametru, care este egal cu 3,14159.

Dacă amplitudinea pendulului trece de 3°, formula pendulului simplu este:

$$l=\pi\sqrt{\frac{l}{g}}\left(1+\frac{\alpha^2}{16}\right),$$

α fiind semi-amplitudinea.

Stabilirea formulei pendulului simplu. — Ne propunem a stabilì prin calcul formula pendulului simplu. Să considerăm un pendul simplu (fig. 55) şi să presupunem că punctul material se mişcă din A în C. Iuţeala v în punctul C, este:

$$(1) \qquad v=\sqrt{2\,g.\mathrm{DE}},$$

g, fiind acceleraţiunea imprimată punctului material de gravitate; DE, înălţimea verticală dela care cade punctul material.

Fie $\mathrm{OM}=l$ lungimea pendulului şi $\mathrm{AOM}=\alpha$ semi amplitudinea pendulului.

Considerând cazul când amplitudinea oscilaţiunilor este mică, vom puteà luà în locul arcului AM coarda care-l subîntinde; de asemenea în locul arcului CM coarda care subîntinde acest arc.

Fie $\mathrm{AM}=a$ şi $\mathrm{CM}=b$.

Să calculăm DE din relaţiunea (1):

$$\mathrm{DE}=\mathrm{DM}-\mathrm{EM}=\frac{a^2}{2l}-\frac{b^2}{2l}=\frac{a^2-b^2}{2l}.$$

$$\text{Deci: } v=\sqrt{2g\frac{a^2-b^2}{2l}}=\sqrt{\frac{g}{l}(a^2-b^2)}.$$

Să desfăşurăm arcul de cerc AMB pe o linie dreaptă A′M′B′ (fig. 56) şi să presupunem punctul material mişcându-se pe A′M′B′ cu aceleaşi iuţeli cu care se mişcă pe arcul de cerc AMB. Timpul pe care-l va pune mobilul pentru a percurge A′M′B′ este acelaş ca şi timpul întrebuinţat de mobil pentru a descrie arcul de cerc AMB.

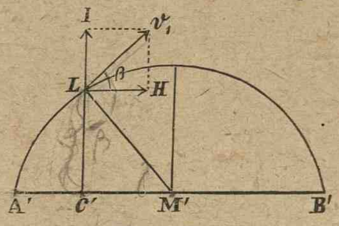


Fig. 56.

Să descriem pe dreapta A′B′ un semicerc, a cărui rază va fi a, şi să presupunem un al doilea punct material, care percurge acest semicerc cu o mişcare uniformă şi cu iuţeala $v_1 = a\sqrt{\frac{g}{l}}$.

Timpul întrebuinţat de acest din urmă mobil pentru a percurge semicercul este:

$$t = \frac{\pi a}{v_1} = \frac{\pi a}{a\sqrt{\frac{g}{l}}} = \pi\sqrt{\frac{l}{g}}.$$

Să considerăm pe dreapta A′M′B′ punctul C′ corespunzător lui C de pe arcul AMB.

Iuţeala lui C am văzut că este: $\sqrt{\frac{g}{l}(a^2-b^2)}$.

Punctul C′ este proecţiunea punctului L de pe cercul A′LB′. Iuţeala pe semicercul A′LB′ fiind constantă prin hipoteză, iuţeala punctului L este: $v_1 = a\sqrt{\frac{g}{l}}$.

Să descompunem această iuţeală în două componente: componenta LI perpendiculară pe direcţiunea A′B′ şi componenta LH paralelă cu A′B′.

Proecţiunea componentei LI pe A′B′ este nulă. Proecţiunea componentei LH pe A′B′ este:

$$v_1 \cos\beta = v_1 \frac{LC'}{LM'}.$$

Insă, $LC' = \sqrt{a^2-b^2}$ şi $LM' = a$. Inlocuind în relaţiunea de mai sus, obţinem:

$$v_1 \frac{\sqrt{a^2-b^2}}{a} = a\sqrt{\frac{g}{l}}\,\frac{\sqrt{a^2-b^2}}{a} = \sqrt{\frac{g}{l}(a^2-b^2)}.$$

Prin urmare, mobilul ce parcurge A′LB′ are aceiaş iuţeală orizontală ca şi mobilul ce parcurge A'MB'. Cele două mobile vor fi necontenit pe aceiaş verticală. Deci, mobilele plecate din A' vor ajunge în acelaş timp în B'. Acest timp s'a văzut că este: $t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$.

Timpul, prin urmare, în care pendulul simplu efectuiază o oscilaţiune, când amplitudinea oscilaţiunei este mică, este:

$$t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}.$$

Pendulul compus. — Pendulul simplu, fiind un pendul ideal, nu poate fi realizat în practică. Toate pendulele, pe cari le putem construì, sunt pendule compuse.

Se numeste *pendul compus sau real* un corp material greu, care poate oscilà împrejurul unui ax, numit ax de suspensiune, care nu trece prin centrul de gravitate al corpului.

Numirea de pendul compus derivă dela constituirea acestui pendul, care fiind un corp material greu este compus din o mulţime de puncte materiale.

Să considerăm un corp greu, mobil împrejurul axului de suspenziune, care se proectează în O (fig. 57); fie G, centrul de gravitate al corpului. Acest sistem constitue un *pendul compus*.

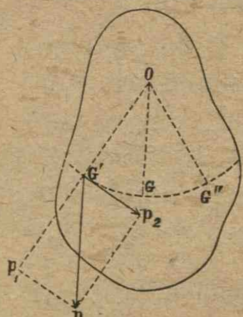


Fig. 57.

Pendulul va fi în echilibru, când verticala centrului de gravitate va trece prin axul de suspenziune. Să presupunem că depărtăm centrul de gravitate din poziţiunea sa de echilibru din G în G'. Asupra pendulului lucrează greutatea corpului p aplicată în G'. Putem discompune greutatea p în două componente drept unghiulare: *a*) p_1, care este în direcţiunea prelungirei lui OG'; *b*) componenta p_2, tangentă la arcul de cerc G'G.

Componenta p_1 este distrusă, căci distanţa OG' rămâne invariabilă. Singura componentă eficace, care produce mişcarea pendulului, este p_2. Centrul de gravitate al pendulului se va mişcà pe arcul de cerc G'G, cu o iuţeală care merge crescând din G' în G, unde are valoarea cea mai mare.

Când centrul de gravitate vine în G, în virtutea iuţelei căpătate, îşi continuă mişcarea mai departe, descriind un arc de cerc GG'' egal cu G'G.

Din G″, unde iuţeala este nulă, centrul de gravitate se va mişcà în G, apoi în G′ şi aşà mai departe, descriind mişcări alternative.

Pendulul compus este format, în general, din o sferă metalică grea, de platină de exemplu, atârnată la capătul unui fir de platină, a cărui celălalt capăt este prins de un cleşte fix.

O altă formă uzitată a pendulului compus este aceia a unei bare metalice (fig. 58), având la capătul de jos un disc lenticular; la capătul de sus, bara este străbătută de o prismă cu secţiunea triunghiulară, a cărei muchie se razimă pe un plan de agat sau de oţel. Muchia prismei este perpendiculară pe planul de oscilaţiune al pendulului; această muchie constitue *axul de suspenziune* al pendulului.

Pendul sincron. Lungimea pendulului compus.—S'a văzut că pendulul compus este format din puncte materiale, reunite invariabil între ele prin forţa de coesiune. Dacă punctele materiale, cari constituesc pendulul, ar fi libere, fiecare din ele ar constitui un pendul simplu, oscilând fiecare cu iuţeli diferite. Astfel, în pendulul compus (fig. 58), care oscilează împrejurul axului de suspenziune s, punctul material a fiind liber, s'ar mişcà cu mult mai iute decât în cazul când ar face parte din pendul; de asemenea, punctul material b fiind liber s'ar mişcà mai încet de cât când ar fi legat invariabil cu celelalte puncte ale pendulului. Există însă un punct intermediar c, între a şi b, care s'ar mişcà cu aceiaşi iuţeală, fie că ar fi liber, fie că ar fi reunit cu celelalte puncte materiale ale pendulului.

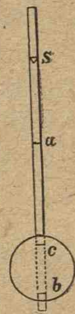


Fig. 58.

Pendulul simplu, format din punctul material c, care oscilează în acelaş timp ca şi pendulul compus considerat, constitueşte *pendulul sincron* cu pendulul compus.

Timpul t a unei oscilaţiuni a pendulului compus, efectuată în vid pentru a evità rezistenţa aerului, în cazul când amplitudinea oscilaţiunilor nu trece de 3^0, este dat de formula:

$$t = \pi\sqrt{\frac{l}{g}},$$

unde l, reprezintă lungimea pendulului simplu *sincron* cu pendulul compus.

Se numeşte *ax de oscilaţiune* dreapta dusă perpendicular pe planul de oscilaţiune a pendulului prin punctul c, a cărui iuţeală este aceeaşi, fie că acest punct ar fi liber, fie că ar face parte din pendulul compus.

Axul de suspenziune precum şi axul de oscilaţiune, fiind ambele perpendiculare pe planul de oscilaţiune al pendulului, sunt paralele între ele. Lungimea pendulului este distanţa între cele două axe.

Fig. 59.

S'a demonstrat prin calcul şi exprimental că timpul care'l întrebuinţează un pendul ca să efectueze o oscilaţiune, când se mişcă împrejurul axului de suspenziune, este egal cu acel întrebuinţat de pendul când îl sprijinim prin axul de oscilaţiune şi'l facem să oscileze împrejurul acestui ax.

Bohnenberger şi Katter au demonstrat experimental această *reciprocitate* a axelor de suspenziune şi oscilaţiune, construind un pendul (fig. 59), cu două cuţite mobile a şi b, în lungul vergelei pendulului şi având muchiele una în faţa alteia. Prin diverse încercări, putem găsi o distanţă între cuţite, aşà ca oscilaţiunile pendulare să se efectueze în acelaş timp, când pendulul este sprijinit succesiv prin fiecare din cele două cuţite.

Aplicaţiunea pendulului la măsurarea intensităţei gravităţei. — Se poate determina exact intensitatea gravităţei prin ajutorul pendulului. Dacă ridicăm la pătrat ambii membri ai formulei pendulului:

$$t = \pi\sqrt{\frac{l}{g}},$$

şi scoatem valoarea lui g, obţinem:

$$g = \frac{\pi^2 l}{t^2}.$$

Pentru a cunoaşte pe g prin ajutorul pendulului compus, va trebui să determinăm lungimea l a pendulului simplu sincron cu pendulul compus şi să evaluăm timpul t în secunde; pentru π vom luà valoarea sa 3,14159.

g va fi reprezintat prin aceleaşi unităţi ca şi lungimea l.

Borda, care a determinat către finele secului trecut intensitatea gravităţei la Paris, a găsit, dacă se exprimă l în centimetri şi timpul t în secunde, ca valoare a lui g reprezentând acceleraţiunea imprimată de gravitate unui corp în cădere la Paris numărul de 980,96 centimetri.

S'a văzut că g însemnează şi intensitatea gravităţei, când corpul are o massă egală cu unitatea; intensitatea gravităţei este exprimată, în acest cas, prin acelaş număr ca şi acceleraţiunea. Luând ca unitate de massă a corpului massa de un gram, intensitatea gravităţei la Paris este 980,96 dyne în sistemul de unităţi C. G. S.

Variaţiunea acceleraţiunei gravităţei, prin urmare şi a intensităţei gravităţei, cu altitudinea şi cu latitudinea.—Acceleraţiunea g a gravităţei varie cu altitudinea şi cu latitudinea.

Variaţiunea lui g cu altitudinea. In locuri cari au aceiaşi latitudine pe suprafaţa pământului, g, varie cu altitudinea, adică cu înălţimea luată de la un nivel fix, de exemplu nivelul mărei, în modul următor: *valoarea lui g, acceleraţiunea gravităţei, este în raport invers cu pătratul distanţei de la corp până la centrul pământului.*

Fie R raza pământului şi i înălţimea locului deasupra nivelului mărei; dacă însemnăm cu g acceleraţiunea imprimată de gravitate corpului la nivelul mărei şi g' la înălţimea i deasupra nivelului mărei, vom aveà:

$$(1) \qquad \frac{g}{g'}=\frac{(R+i)^2}{R^2}.$$

Insă:

$$(2) \qquad \frac{(R+i)^2}{R^2}=\left(1+\frac{i}{R}\right)^2=1+\frac{2i}{R}+\frac{i^2}{R^2}.$$

Să introducem această valoare (2) în relaţiunea (1) după ce vom neglige termenul $\frac{i^2}{R^2}$, căci înalţimea i fiind deja mică în raport cu raza R a globului, $\frac{i^2}{R^2}$ va fi cu mult mai mic.

Vom obţine:

$$(3) \qquad \frac{g}{g'}=1+\frac{2i}{R}.$$

Să scoatem din (3) valoarea lui g':

$$(4) \qquad g'=\frac{g}{1+\frac{2i}{R}}=g\left(1-\frac{2i}{R}\right)$$

dacă efectuăm împărţirea şi negligem puterile superioare a lui $\frac{i}{R}$.

Relaţiunea (4) ne indică că acceleraţiunea g descresce cu cât ne ridicăm maĭ sus în atmosferă.

Variaţiunea lui g cu latitudinea. Acceleraţiunea g variază şi cu latitudinea. Cauzele sunt două : *forma turtită a pământului şi rotaţiunea pământului împrejurul axei sale.*

a) *Forma turtită a pământului.* Forma pământului nefiind aceia a unei sfere, dar a unui elipsoid turtit la poli şi umflat la ecuator, punctele de la poli vor fi mai apropiate de centrul pământului de cât cele de la ecuator. Acceleraţiunea gravităţei fiind în raport invers cu pătratul distanţei de la corpi la centrul pământului, urmează că acceleraţiunea va fi mai mare la poli şi va descresce treptat cu latitudinea de la poli la ecuator.

b) *Rotaţiunea pământului împrejurul axei sale.* Pământul învârtindu-se împrejurul axei polilor pp' (fig. 60), se va produce o putere centrifugală mai mare la ecuator de-cât în un alt punct al pământului. In adevăr, în punctul A al ecuatorului puterea centrifugală este AF, pe când în un punct B al unui paralel oarecare este BF′, mai mică decât AF, căci se ştie că puterea centrifugală este proporţională cu pătratul iuţelei şi punctele A şi B mişcându-se în acelaş timp, iuţeala punctului A de pe ecuator este mai mare decât iuţeala unui punct de pe un cerc paralel.

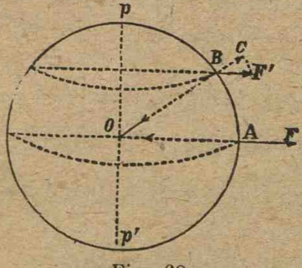


Fig. 60.

Puterea centrifugală în punctul A al ecuatorului este direct opusă acţiunei gravităţei exercitată în direcţiunea AO în sensul săgeţei; în punctul B al paralelului, numai componenta BC a puterei centrifuge este direct opusă acţiunei gravităţei exercitată în direcţiunea BO în sensul săgeţei. Urmează deci că forţa centrifugă micşorează gravitatea mai mult la ecuator decât pe un paralel oarecare. Forţa centrifugă descrescând dela ecuator la poli, acceleraţiunea gravităţei va merge, prin urmare, crescând dela ecuator la poli.

Valoarea acceleraţiunei la latitudinea de 45° şi la nivelul mărei este :

$$g_{45} = 980{,}6056 \text{ centimetri.}$$

S'a constatat că acceleraţiunea g în un loc oarecare, la nivelul mărei şi a cărui latitudine este λ, este dată în raport cu g_{45}, prin relaţiunea:

$$g = g_{45}\ (1-0{,}002552 \cos 2\lambda).$$

Formula generală a acceleraţiunei în un loc a cărui latitudine este λ şi altitudinea i. Combinând formulele, cari dau valorele acceleraţiunei la înălţimea i şi la latitudinea λ, găsim că acceleraţiunea g a unui loc de înălţime i deasupra nivelului mărei şi de latitudine λ, este:

$$g = 980{,}6056\ (1-0{,}002552 \cos 2\lambda)\left(\frac{1-2i}{R}\right),$$

unde R însemnează raza pământului.

Această formulă se mai poate scrie şi în modul următor, dacă se efectuează calculele şi se neglije cantităţile mici:

$$g = 980{,}6056 - 2{,}5028 \cos 2\lambda - 0{,}000003\,i.$$

Inălţimea i fiind dată în centimetri, acceleraţiunea g va fi exprimată tot în centimetri.

In tabloul următor sunt indicate acceleraţiunile câtorva localităţi:

Localitatea	Latitudinea	Acceleraţiunea g a gravităţei în centimetri
Ecuator	0°0′	978,103
Bucureşti *)	44°25′38″	980,5308
Latitudinea 45°	45°	980,6056
Paris	48°50′14″	980,96
Pol	90°	983,109

Formula generală a intensităţei gravităţei în un loc a cărui latitudine este λ şi înălţimea i deasupra nivelului mărei. Intensitatea gravităţei în un loc determinat pe de pământ va fi reprezentată prin acelaş număr ca şi acceleraţiunea gravităţei în acel loc, dacă admitem că gravitatea se exercită asupra unităţei de masă.

Dacă adoptăm ca unitate de massă gramul, valorile numerice de mai sus ale acceleraţiunei gravităţei vor reprezentà în dyne intensitatea gravităţei în acele localităţi.

*) Acceleraţiunea gravităţei la Bucureşti este calculată pentru înălţimea de 82 metri deasupra nivelului mărei, care este aproximativ înălţimea bulevardului Carol din faţa Universităţei.

Prin urmare, intensitatea gravităţei la latitudinea de 45° şi la nivelul mărei fiind 980,6056 dyne, intensitatea gravităţei în un loc a cărui latitudine este λ şi înălţimea i centimetri, va fi reprezentată în dyne prin relaţiunea:

$$g = 980,6056 - 2,5028 \cos 2\lambda - 0,000003\, i.$$

Lungimea pendulului care dă secunda. — Din formula pendulului

$$(1) \quad t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}},$$

putem deduce lungimea pendulului care bate secunda.

Dacă în un loc determinat de pe suprafaţa pământului, unde g este cunoscut, facem în relaţiunea (1) timpul t egal cu o secundă, obţinem:

$$(2) \quad 1 = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}, \text{ deci :}$$

$$(3) \quad l = \frac{g}{\pi^2}.$$

Astfel, lungimea pendulului care la Paris bate secunda, se obţine luând în relaţiunea (3) g egal cu 980,96; valoarea lui l la Paris este 99,386 centimetri.

In tabloul următor sunt indicate lungimele pendulului, cari dau secunda, la diferite latitudini:

Localitatea	Latitudinea	Lungimea pendulului, care dă secunda, în centimetri
Ecuator	0°0′	99,103
Bucureşti	44°25′38″	99,348
Latitudinea 45°	45°	99,356
Paris	48°50′14″	99,386
Pol	90°	99,610

Aplicaţiunea pendulului la măsurarea timpului.—O aplicaţiune importantă a oscilaţiunilor isocrone ale pendulului a fost făcută de Huyghens la măsurarea timpului (1657).

Să considerăm roata dinţată A (fig. 61), care se mişcă în sensul săgeţei prin ajutorul unui resort sau unei greutăţi atârnate la capătul unei sfori înfăşurate pe axul O al roţei dinţate, Dacă mişcarea roţei ar fi datorită numai greutăţei ce cade, mişcarea roţei ar fi uniform variată, aşà că un ac fixat pe roată ar descrie în timpuri egale spaţii diferite şi nu ar putea servì la măsura timpului.

Prin ajutorul unui pendul, putem regulà mişcarea roţei A, oprind periodic căderea greutăţei ce pune roata A în mişcare.

In acest scop pendulul BC, atârnat de suportul D prin o lamă flexibilă, când oscilează, pune în mişcare furca E, care intră în coada pendulului, precum şi vergeaua F şi axul H. De acest ax este fixat arcul I, terminat la cele două capete prin vârfurile ascuţite *a* şi *b*, cari intră între dinţii roţei dinţate A.

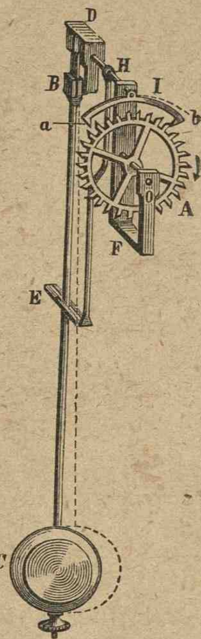


Fig. 61.

Dacă pendulul este în repaus, vârful *b* opreşte mişcarea roţei. Când însă pendulul în mişcarea sa oscilatorie ocupă posiţiunea indicată în figură prin linia punctată, roata dinţată se mişcă în sensul săgeţei, până când un dinte al roţei vine de atinge vârful *a*. Arcul cu care s'a mişcat roata este semi-arcul între doui dinţi consecutivi. Când pendulul efectuează oscilaţiunea următoare, vârful *a* se ridică şi roata este oprită de vârful *b*. Oscilaţiunile pendulului fiind isocrone, urmează că şi mişcările roţei A se fac în timpuri egale.

Un ac indicator fixat pe roata A va percurge în timpuri egale arce egale. Va trebuì în urmă să combinăm lungimea pendulului cu numărul dinţilor roţei dinţate pentru a aveà un orologiu cu care să putem evaluà timpul în secunde.

Balanţa.

Greutate absolută. Variaţia ei pe pământ. Calculul greutăţei absolute. — S'a văzut că resultanta tuturor puterilor paralele, cari lucrează asupra unui corp, datorite gravităţei, este o putere egală cu suma componentelor, pe care am numit-o *greutate*.

Greutăţei astfel definite, i se dă în special numele de *greutate absolută*.

Variaţia greutăţei absolute cu latitudinea şi altitudinea. Greutatea absolută a unui corp nu este o cantitate constantă; ea varie cu latitudinea şi cu înălţimea locului deasupra nivelului mărei.

In adevăr, dacă în un loc determinat de pe faţa pământului, greutatea unui corp este P, acceleraţiunea ce gravitatea va imprima-o corpului va aveà o valoare determinată g. Raportul între greutatea P a corpului şi acceleraţiunea g este o cantitate constantă m, care se numeşte, după cum se ştie, massa corpului. Avem deci:

$$\frac{P}{g} = m. \tag{1}$$

Să considerăm acelaş corp, de massă m, pe care să-l transportăm în un loc diferit de cel d'întâiu. Experienţa a arătat că, în acest cas, acceleraţiunea are o valoare diferită g'. Conform teoremului proporţionalităţei puterilor cu acceleraţiunile, corpul având aceiaşi massă m şi g' diferind de g' va trebuì ca greutatea corpului la a doua staţiune să fie diferită de cea d'intâiu. Fie P′ această greutate. Vom aveà:

$$\frac{P'}{g'} = m. \tag{2}$$

Din relaţiunile (1) şi (2) deducem:

$$P = m\,g$$
$$P' = m\,g'.$$

Se vede deci, că greutatea absolută a aceluiaş corp varie proporţional cu acceleraţiunea gravităţei. Valoarea lui g crescând dela ecuator la poli, greutatea absolută a unui corp va creşte proporţional dela ecuator la poli; de asemenea, greutatea absolută descreşte la aceiaşi latitudine cu cât ne ridicăm deasupra nivelului mărei.

Putem demonstrà experimental variaţiunea greutăţei absolute a unui corp prin ajutorul unui dinamometru foarte sensibil. Pentru acelaş corp, flexiunea dinamometrului creşte cu cât ne depărtăm dela ecuator spre poli; pentru aceiaşi localitate, flexiunea descreşte cu cât ne ridicăm mai sus dela nivelul mărei.

Calculul greutăţei absolute a unui corp. Să luăm ca unitate de massă, massa unui centimetru cub de apă destilată la temperatura de 4 C°. şi care constitue massa de un gram. Greutatea acestui centimetru cub de apă în dyne la diverse latitudini se va obţine îmulţind massa de un gram cu acceleraţiunea gravităţei exprimată în centimetre. Vom aveà astfel valorile următoare pentru localităţile indicate mai jos:

Localitatea	Latitudinea	Greutatea în dyne a unui centimetru cub de apă destilată la 4° C
Ecuator	0°0′	978,103
Bucureşti	44°25′38″	980,1308
Latitudinea 45°	45°	980,6056
Paris	48°50′14″	980,96
Pol	90°	983,109

Putem uşor calculà în dyne greutatea absolută a unui corp de massă m. Greutatea absolută p în un loc unde acceleraţiunea este g, este:

$$p = m\,g$$

Pentru a aveà p în dyne, vom evaluà massa m a corpului în grame, luând ca termen de comparaţiune gramul (massa unui centimetru cub de apă destilată la 4° C.), iar g în centimetri.

Greutate relativă. Măsurarea greutăţilor relative şi a masselor cu balanţa.—Se numeşte *greutate relativă* raportul dintre greutatea unui corp şi o greutate luată ca unitate; greutatea luată ca unitate este greutatea corespunzătoare massei de un gram (gramul fiind massa unui centimetru cub de apă destilată la 4° C.).

S'a văzut că greutatea absolută a unui corp este variabilă dela un loc la altul. Greutatea relativă a unui corp este însă aceiaş orcare ar fi locul considerat de pe faţa pământului

In adevăr, să considerăm un loc oarecare, unde acceleraţiunea gravităţei este g. Fie p şi m greutatea absolută şi massa corpului; fie p' şi m' greutatea absolută şi massa gramului, care-l luăm drept unitate de greutate.

Ştiind că puterile sunt egale cu massele multiplicate cu acceleraţiunile, vom aveà:

$$p = m\,g \qquad (1)$$

$$p' = m'\,g. \qquad (2)$$

Divizând relaţiunea (1) prin (2), deducem:

$$(3) \quad \frac{p}{p'} = \frac{m}{m'} = a.$$

Se vede de aci că: *a*) greutatea relativă reprezintată prin raportul $\frac{p}{p'}$ nu depinde de accelerațiunea gravității; greutatea relativă a unui corp este deci aceiaşi, orcare ar fi locu ce l'am considerà pe pământ; *b*) dacă facem în relațiunea (3), $m' = 1$, se vede că $\frac{p}{p'} = m$, adică greutatea relativă a corpului este reprezintată numeric prin massa corpului.

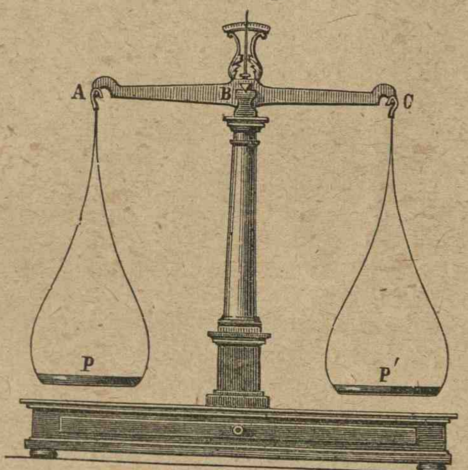


Fig. 62.

Aparatele, de care ne servim pentru a comparà între ele greutățile sau massele, se numesc *balanțe*.

Operațiunea, care consistă în a comparà greutățile sau massele între ele, se numeşte *cântărire*.

Balanța cu brațe egale.— Balanța cu brațe egale (fig. 62), este formată din o pârghie dreaptă ABC, care se póte mişcà împrejurul axului orizontal B. La extremitățile pârghiei în A şi C, sunt atârnate două discuri P şi P′ egale în greutate, pe cari se pot pune greutăți. Cele două brațe AB şi BC ale pârghiei sunt egale între ele; din această cauză, balanța se numeşte *balanța cu brațe egale*.

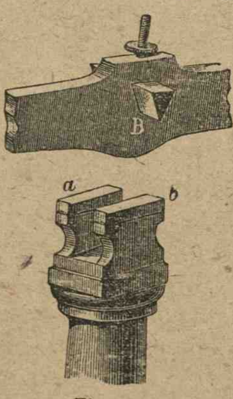


Fig. 63.

Am spus că pârghia se poate mişcà împrejurul unui ax orizontal ce trece prin B. In acest scop (fig. 63), axul de suspensiune este format de muchia ascuțită B a unei prisme triunghiulare, ce străbate perpendicular pârghia la mijlocul ei. Muchia ascuțită B a acestui cuțit se reazimă pe două plane *a* şi *b*, aşezate în acelaş plan orizontal. Pentru ca planele *a* şi *b* să fie cât se poate mai rezistente, ele sunt tăiate din oțel, din quartz sau din agat.

La cele două capete ale pârghiei, în A şi C (fig. 64), se află două cuţite, formate fiecare din o prismă triunghiulară şi perpendiculară pe pârghie. Muchiele acestor cuţite sunt îndreptate în sus şi sunt paralele cu muchia cuţitului B, împrejurul căruia se mişcă pârghia.

De cuţitele A şi C, se atârnă cârligele cari susţin discurile balanţii.

Acest mod de suspensiune prezintă avantagii, căci greutăţile puse pe discuri constituesc, orcare ar fi înclinaţiunea balanţei, două puteri verticale, cari trec prin muchiile ascuţite ale cuţitelor terminale.

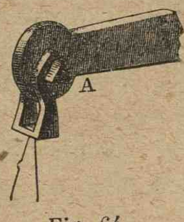


Fig. 64.

In general, balanţele sunt construite astfel, că muchiile cuţitelor din A, B, C să fie în acelaş plan. Pentru simplicitate, ne putem imaginà cele trei muchii reduse la trei puncte A, B, şi C (fig. 65). In acest caz, linia ABC este *linia pârghiei*,

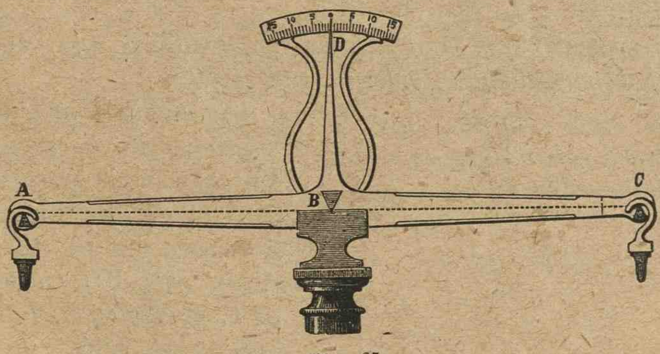


Fig. 65.

iar cele două braţe ale pârghiei sunt reprezintate prin lungimele AB şi BC. La mijlocul pârghiei este fixat, perpendicular pe linia pârghiei, un ac D care se poate mişcà înaintea unui arc de cerc gradat.

La mijlocul arcului se află diviziunea notată zero. Când acul se opreşte înaintea acestei diviziuni, aceasta ne indică că acul este vertical iar pârghia orizontală.

Să examinăm cari sunt condiţiunile : *a*) de *stabilite* ; *b*) de *exactitate* ; *c*) de *sensibilitate* a unei balanţe.

Condiţiunea de stabilitate a unei balanţe. — Să presupunem o balanţă (fig. 66) reprezintată prin linia pârghiei ABC Fie π greutatea pârghiei, aplicată în centrul de gravitate G.

Vom examinà cazurile când centrul de gravitate este dedesubtul axului de suspensiune, deasupra acestui ax şi se confundă cu axul.

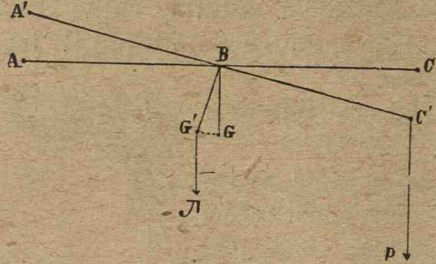


Fig. 66.

a) *Centrul de gravitate G dedesubtul axului de suspensiune.* Să presupunem că atârnăm (fig. 66) în A şi C discurile deşerte. Linia pârghiei ABC este orizontală şi greutatea π este în direcţiunea verticalei BG. Să punem o greutate *p* pe discul din C. Pârghia se va înclinà şi va luà direcţiunea A'BC'; centrul de gravitate al pârghiei va venì din G în G' aşà că BG' este perpendicular pe A'BC' şi BG=BG'; balanţa va fi din nou în echilibru. Inclinarea se va face până când rezultanta puterilor π şi *p* va trece prin axul de suspensiune B.

In acest caz, *când centrul de gravitate este dedesubtul axului de suspensiune, balanţa este stabilă.*

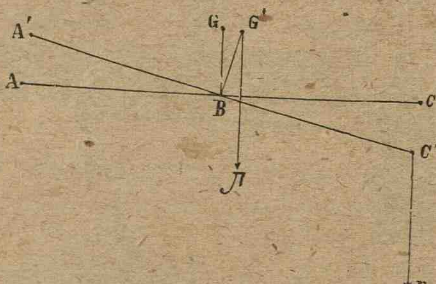


Fig. 67.

b) *Centrul de gravitate deasupra axului de suspensiune.* Fie ABC linia pârghiei şi G centrul de gravitate, situat deasupra axului de suspensiune B (fig. 67). Dacă punem în C greutatea *p*, balanţa se înclină în A'BC' şi centrul de gravitate se mută pe un arc de cerc din G în G'. Puterile π aplicate în G' şi *p* aplicate în C' au drept efect a mişcà pârghia împrejurul lui B până când ABC ià o direcţiune verticală; pârghia, în acest caz, se va întoarce cu 90° dela poziţiunea orizontală. Echilibrul balanţei este deci *nestabil*, în cazul când centrul de gravitate este deasupra axului de suspensiune.

c) *Centrul de gravitate situat pe axul de suspensiune.* Dacă greutăţile puse în discuri sunt egale, balanţa este în echilibru orcare ar fi înclinarea balanţei, căci rezultanta trece necontenit prin axul de suspensiune. Echilibrul balanţei în acest caz este *indiferent.*

Dacă punem în unul din discuri o supra-greutate, efectul ei este să întoarcă pârghia ABC cu 90^0 dela poziţiunea orizontală.

Condiţiuni pentru ca o balanţă să fie exactă.— Pentru ca cântăririle efectuate cu o balanţă să fie *exacte*, cu alte cuvinte ca balanţa să fie *exactă* (*justă* sau *dreaptă*), trebueşte ca balanţa să satisfacă următoarelor condiţiuni : 1°) ca linia pârghiei să fie orizontală, când discurile balanţei nu sunt încărcate ; 2°) ca linia pârghiei să rămână tot orizontală, după ce am adăogat două greutăţi egale în fiecare din cele două discuri ale balanţei.

Prima condiţiune se recunoaşte în modul următor. Am spus că pârghia balanţei este prevăzută de un ac indicator, fixat perpendicular pe pârghie, şi care se mişcă înaintea unui arc de cerc gradat. Balanţa este astfel construită, că în cazul când acul se opreşte înaintea diviziunei zero, pârghia este orizontală. Pentru exactitatea balanţei, vom căută deci să vedem dacă această primă condiţiune este satisfăcută.

A doua condiţiune de exactitate, este ca pârghia să rămână orizontală, după ce am pus greutăţi egale în fiecare din discuri. Această condiţiune este satisfăcută când braţele pârghiei AB şi BC (fig. 68) sunt egale. In adevăr, dacă p sunt greutăţile egale puse pe discuri, când pârghia ABC este orizontală avem condiţiunea de echilibru :

$$p \times AB = p \times BC.$$

Urmează deci, ca braţul de pârghie AB să fie egal cu braţul BC.

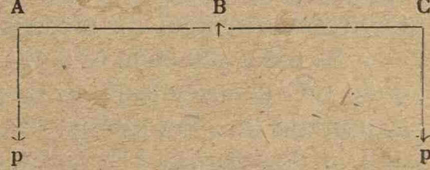


Fig. 68.

Condiţiuni de sensibilitate a unei balanţe.— Să presupunem că o balanţă, satisfăcând condiţiunilor de exactitate, conţine în fiecare disc greutăţi egale. Dacă apoi punem în unul din discuri o mică greutate p, pârghia se va înclină în sensul greutăţei puse pe disc şi un nou echilibru se va stabili. Se zice că o balanţă este *sensibilă*, când pentru o mică greutate pusă pe un disc balanţa se înclină cu un unghiu apreciabil. Astfel, dacă pentru o greutate de un miligram, pârghia se înclină cu un unghiu apreciabil, balanţa se zice că este sensibilă până la un miligram.

Să vedem cari sunt condiţiunile de sensibilitate a unei balanţe.

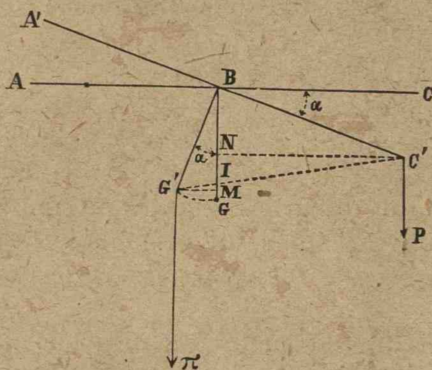


Fig. 69.

Să considerăm o balanţă (fig. 69) la care linia pârghiei ABC este o linie dreaptă şi unde braţele pârghiei AB şi BC sunt egale.

Fie π greutatea pârghiei ABC şi G centrul de gravitate al pârghiei. Când pârghia este în echilibru, G este pe verticala care trece prin axul de suspensiune B.

Să presupunem că punem o greutate adiţională *p* în unul din discuri; linia pârghiei ABC se va înclinà în A'BC' cu un unghiu α şi un nou echilibru se va stabilì. Centrul de gravitate al pârghiei se va mutà din G în G', descriind arcul de cerc GG', aşà că BG' va fi perpendicular pe direcţiunea A'C', căci se ştie că centrul de gravitate a unui corp rămâne invariabil orcare ar fi poziţiunea corpului.

Unghiul α nu este arbitrar. Pârghia se înclină până când rezultanta puterilor paralele π aplicată în G', şi *p* aplicată în C', trece prin axul de suspensiune B.

Să unim punctele G' şi C' prin dreapta G'C, şi fie I punctul unde G'C taie verticala ce trece prin B. Puterile paralele π şi *p*, aplicate la extremităţile dreptei G'C şi a căror rezultantă este în direcţiunea IB, făcându-şi echilibru, putem scrie:

$$\frac{\pi}{IC'} = \frac{p}{G'I'}$$

de unde:

$$(1) \qquad \pi \times G'I = p \times IC'.$$

Să ducem din C' şi G' perpendicularile C'N şi G'M pe BG. Triunghiurile dreptunghii G'IM şi C'IN sunt asemenea, ca având unghiurile egale. Vom aveà deci:

$$\frac{G'I}{IC'} = \frac{G'M}{C'N}.$$

Inlocuind în (1) obţinem:

$$(2) \qquad \pi \times G'M = p \times C'N.$$

Să notăm distanţa dela axul de suspensiune până la centrul de gravitate cu d; avem $BG = BG' = d$. De asemenea fie l braţele de pârghie $AB = BC = A'B = BC'$.

In triunghiul $BG'M$, avem:

$$G'M = G'B \sin \alpha = d \sin \alpha.$$

De asemenea în triunghiul $BC'N$ avem:

$$NC' = BC' \cos \alpha = l \cos \alpha.$$

Inlocuind $G'M$ şi NC' în relaţiunea (2), obţinem:

$$\pi \times d \sin \alpha = p \times l \cos \alpha,$$

de unde:

$$\tan \alpha = \frac{pl}{\pi d}. \qquad (3)$$

Tangenta unghiului α, cu care pârghia se înclină pentru o greutate p determinată pusă pe un disc al balanţei, măsură sensibilitatea balanţei. In general, unghiul α este mic, aşà că unghiul α se ià egal cu tang α. Putem zice că sensibilitatea balanţei este exprimată prin unghiul α.

Condiţiunile, de cari depinde sensibilitatea unei balanţe, sunt:

a) sensibilitatea unei balanţe este în raport direct cu lungimea l a braţelor de pârghie ale balanţei; cu cât aceste braţe sunt mai lungi, cu atât sensibilitatea este mai mare;

b) sensibililatea unei balanţe este în raport invers cu greutatea π a pârghiei; balanţa, prin urmare, va fi cu atât mai sensibilă cu cât pârghia va fi mai uşoară;

c) sensibilitatea balanţei este în raport invers cu distanţa d între axul de suspensiune şi centrul de gravitate al pârghiei; balanţa va fi deci cu atât mai sensibilă, cu cât această distanţă va fi mai mică;

d) sensibilitatea varie în raport direct cu supra-greutatea p, pe care o punem în unul din discuri.

e) In relaţiunea (3) găsim numai supra-greutatea p, pe când greutăţile puse în cele două discuri şi care-şi fac echilibru nu figurează. Sensibilitatea unei balanţe este deci independentă de aceste greutăţi. De exemplu, să presupunem că în fiecare disc a unei balanţe exacte am pus câte o greutate de un kilogram; pârghia balanţei va rămâneà orizontală. Să adăogim apoi în unul din discuri o greutate de un centigram. de exemplu: balanţa se ve înclinà în partea discului în care s'a pus centigramul. Unghiul α care măsoară sensibilitatea balanței, depinde numai de greutatea unui centigram, cu care am supra-încărcat unul din discuri și este independent de greutatea kilogramului.

Aceasta se întâmplă numai în cazul când punctele A, B și C ale liniei pârghiei sunt în linie dreaptă. Dacă aceste puncte nu ar fi în linie dreaptă, experiența și calculul arată că sensibilitatea depinde și de greutatea totală pusă în discuri. Aceasta este cauza, pentru care constructorii de balanțe caută ca punctele A, B și C, să fie pe aceeași linie dreaptă.

Când voim, prin urmare, a construì o balanță sensibilă, trebue a căutà ca lungimea brațelor de pârghie să fie cât se poate mai mare și greutatea pârghiei cât se poate mai mică, fără ca pârghia să se îndoae când punem greutăți la capetele ei. Pentru a satisface acestor condițiuni, pârghia se taie în o placă resistentă de metal, căreia i se dă forma rombică, și se scobește apoi pârghia la interior pentru a fi mai ușoară (fig. 70).

S'a văzut de asemenea că sensibilitatea balanței crește cu cât distanța între ax și centrul de gravitate este mai mică. Această condițiune este realizată la balanțe, fixând perpendicular pe mijlocul pârghiei un șurub prevăzut cu o piuliță. Mișcând piulița în sus sau în jos, ridicăm sau scoborîm centrul de gravitate al pârghiei și facem, prin urmare, ca distanța între ax și centrul de gravitate să se mișcoreze sau să se mărească (fig. 70).

Descrierea unei balanțe de precisiune. — Vom descrie acì un model de balanță de precisiune, cu care fizicianii și chimiștii se servesc la cântăriri, și la care sunt aplicate condițiunile de exactitate și sensibilitate indicate mai sus.

Balanța de precisiune (fig. 70) este formată din pârghia A, B, C în formă rombică, și care este scobită în interior pentru a fi mai ușoară. In B este muchia cuțitului, care formează axul de suspensiune. In A și C sunt cuțitele, de cari se atârnă cârligele cu discurile, în cari se pun greutățile P, P. Muchiele cuțitelor A, B și C sunt în acelaș plan și la distanțele AB = BC.

Orizontalitatea pârghiei este indicată prin acul D, care se mișcă înaintea unei plăci de fildeș E, pe care sunt trase diviziuni de o parte și de alta a unei diviziuni centrale notate cu zero. Când discurile sunt deșerte, aranjăm atunci două din şuruburile M şi N, pe cari stă balanţa, aşà ca acul indicator să vină înaintea diviziunei zero. Cu cât acul este mai lung, cu atât şi mişcarea acului pentru o greutate determinată va fi mai mare. In balanţele sensibile, acul este îndreptat în jos.

Pentru ca distanţa între axul de suspensiune şi centrul

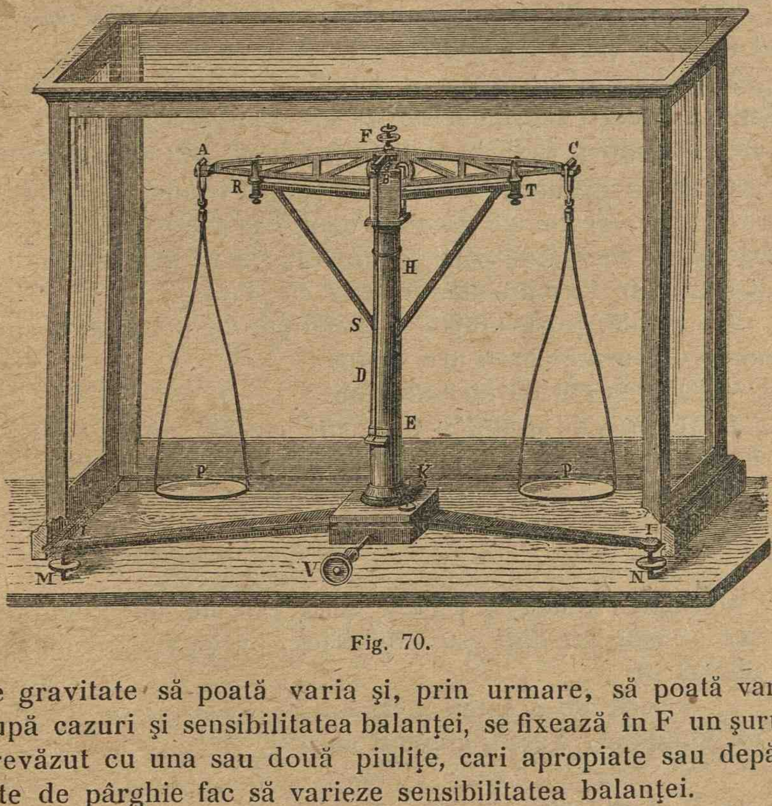


Fig. 70.

de gravitate să poată varia şi, prin urmare, să poată varia după cazuri şi sensibilitatea balanţei, se fixează în F un şurub prevăzut cu una sau două piuliţe, cari apropiate sau depărtate de pârghie fac să varieze sensibilitatea balanţei.

Pârghia ABC stă prin axul ei pe două plăci rezistente de oţel, agat sau quartz, situate în acelaş plan ; aceste plăci sunt fixate pe coloana H. Această coloană este fixată pe picioarele I, J, K, din cari două I şi J sunt prevăzute cu şuruburile M şi N, destinate a obţine prin ajutorul lor verticalitatea coloanei H şi orizontalitatea pârghiei ABC.

Cuţitul B stând necontenit pe plăcile cu cari se termină coloana H, s'ar toci cu timpul. Pentru aceasta, o furcă RST este pusă în mişcare de nasturile V, prin un mecanism convenabil. Când mişcăm nasturile V în un sens, furca RST se ridică în sus, ridicând cu ea şi pârghia ABC. La o mişcare a nasturului V în sens contrar, cuţitul B se aşează pe plăcile rezistente.

Balanţa este închisă în o cutie cu pereţii de sticlă, pentru a evità curenţii de aer sau introducerea gazelor, cari ar puteà stricà balanţa.

De asemenea, se introduce în cutia balanţei un vas cu acid sulfuric, pentru a uscà aerul conţinut în interior.

Balanţele întrebuinţate în laboratoriile de fizică sau de chimie sunt foarte sensibile. Ele pot să cântărească greutăţi până la un kilogram şi să fie sensibile până la $1/_{10}$ din un miligram.

Cutii cu greutăţi. — Pentru a puteà comparà greutăţile între ele, ne servim de greutăţi marcate, începând dela un kilogram şi mergând până la un miligram. Aceste greutăţi sunt conţinute în cutii numite *cutii cu greutăţi.*

Greutăţile, întrebuinţate la balanţele de preciziune, sunt formate din următoarele trei grupe:

a) O greutate de un kilogram.

b) O serie de greutăţi, începând cu 500 grame şi finind cu un gram. Aceste greutăţi sunt:

500$^{gr.}$	200$^{gr.}$	100$^{gr.}$	100$^{gr.}$
50	20	10	10
5	2	2	1

Greutatea totală a acestei serii este de un kilogram. Forma acestor greutăţi este cilindrică, având înălţimea egală cu diametrul.

c) O serie de greutăţi începând cu 5 decigrame şi finind cu un miligram. Aceste greutăţi sunt:

0$^{gr.}$,5	0$^{gr.}$,2	0$^{gr.}$,1	0$^{gr.}$,1
0 ,05	0 ,02	0 ,01	0 ,01
0 ,005	0 ,002	0 ,002	0 ,001

Greutatea lor totală este de un gram. Ele au forma unor plăci pătrate de platină sau de aluminiu, pe cari sunt imprimate greutatea lor. Miligramele sunt făcute, în general, din fire de platină.

Greutăţile, începând dela 500 grame până la miligram, sunt conţinute în aceiaş cutie cu greutăţi.

Este necesar, când voim a face cântăriri precise, a verifica greutăţile conţinute în o cutie cu greutăţi. Pentru aceasta se va comparà între ele greutăţile egale, de exemplu greutăţile de 10 grame; se va comparà apoi suma acestor greutăţi cu greutatea de 20 grame şi aşà mai departe.

Metode de cântărire. — Metodele obicinuite de cântărire sunt urmoarele:

1°) *Metoda simplei cântăriri.* Se cântăreşte un corp prin metoda simplei cântăriri, punând corpul în unul din discurile balanţei, de obiceiu în cel din stânga, şi punând în celalt disc greutăţi marcate până când acul balanţei se opreşte înaintea diviziunei zero.

Când ne servim de această metodă, presupunem că balanţa este exactă (justă), adică cele două braţe ale pârghiei sunt egale în lungime.

2°) *Metoda dublei cântăriri sau a lui Borda.* Borda a indicat o metodă, care dă rezultate exacte chiar când balanţa nu ar fi *justă;* condiţiunea, ce trebue a o îndeplinì balanţa în acest caz, este să fie *sensibilă.*

Pentru a cântărì corpul prin metoda dublei cântăriri, se procedează în modul următor: se pune corpul de cântărit pe discul din dreapta al balanţei, iar pe discul din stânga se pun alice de plumb, grăunţe de nisip etc., până ce acul balanţei se opreşte înaintea diviziunei zero. Când echilibrăm greutatea corpului în modul indicat mai sus, se zice că *luăm* sau *facem tara* (popular daraua) greutăţei date.

După această primă operaţiune, luăm corpul de pe discul balanţei şi-l înlocuim prin greutăţi marcate până ce acul balanţei se opreşte din nou la zero.

Greutăţile marcate şi corpul de cântărit făcând echilibru aceleiaşi tare, greutatea corpului este reprezintată prin greutăţile marcate.

Astfel, fie x greutatea corpului, P greutatea tarei şi p greutăţile marcate; de altă parte, l şi l' lungimele braţelor de pârghie. Când balanţa rămâne în echilibru în cele două operaţiuni succesive, vom puteà scrie:

$$x\,l = P\,l'$$

$$p\,l = P\,l',$$

deci: $$x = p.$$

3°) *Metoda transpunerei sau metoda lui Gauss.* Această metodă consistă în a pune corpul de cântărit în unul din discuri, de exemplu în discul din dreapta, iar în celalt disc greutăţi marcate până ce acul balanţei se opreşte la zero.

In o a doua operaţiune, se pune corpul pe discul din stânga, iar în discul din dreapta greutăţi marcate, până când acul se opreşte din nou la diviziunea zero.

Să presupunem, în cazul cel mai general, că balanţa nu este *exactă* (justă) şi fie l şi l' lungimele braţelor de pârghie, p şi p' greutăţile puse în discuri pentru a face echilibru greutăţei necunoscnte x.

Prima cântărire ne dă relaţiunea :

(1) $$x l = p l'.$$

A doua cântărire ne conduce la relaţiunea :

(2) $$x l' = p' l.$$

Inmulţind egalităţile (1) şi (2) membru cu membru şi reducând, obţinem :

$$x = \sqrt{pp'}.$$

Greutatea x a corpului este deci media geometrică a greutăţilor p şi p'.

Această metodă se întrebuinţează în caz de determinări foarte precise.

4°) *Metoda cântărirei cu greutăţi constante*. S'a văzut că sensibilitatea balanţei nu depinde de greutatea totală pusă pe discuri, când linia pârghiei este o linie dreaptă. Când linia pârghiei nu este o linie dreaptă, se demonstră că sensibilitatea balanţei depinde şi de greutăţile totale puse pe discuri; în acest caz, pentru ca balanţa să păstreze aceiaş sensibilitate, ne servim de metoda cântărirei cu greutăţi constante.

Iată cum se procedează în acest caz. Să considerăm o balanţă cu care putem cântărì greutăţi dela 500 grame până la un miligram. Se pune atunci în unul din discuri, obişnuit în cel din dreapta, seria greutăţilor până la un miligram, aşà că suma lor totală să fie de 500 de grame. In cel al doilea disc, se pune sau 500 grame sau i se face tara, pentru a aveà echilibru.

Când voim a cântărì corpul, îl punem pe discul cu greutăţile divizionare şi scoatem din aceste greutăţi până ce acul revine din nou la zero. Greutăţile marcate scoase de pe disc reprezintă greutatea corpului.

Când operăm în acest mod, discurile sunt încărcate necontenit cu aceiaş greutate de 500 grame fiecare şi balanţa conservă aceiaş sensibilitate.

Cântarul sau balanţa romană. — Cântarul sau balanţa romană (fig. 71) este o pârghie de primul gen, (punctul fix fiind între putere şi rezistenţă), cu braţe neegale. Această balanţă este formată din o vergea de metal, mobilă împrejurul axului O. In B se află un cârlig, mobil împrejurul unui ax, şi de care putem atârnà corpul de cântărit. In A este sfera P, susţinută de inelul A, care se poate mişcà pe vergeà.

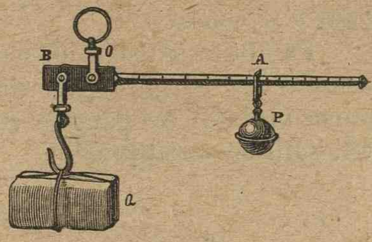


Fig. 71.

Greutatea sferei P este constantă ; Q este greutatea de cântărit. Pentru ca cântarul să fie în echilibru, trebue ca rezultanta greutăţilor P+Q să treacă prin axul O ; totodată, braţele de pârghie AO şi BO să satisfacă condiţiunei următoare:

$$\frac{P}{BO} = \frac{Q}{OA}.$$

Cântarul se gradează în un mod empiric. Se atârnă de cârligul din B greutăţi cunoscute de 1, 2, 3, etc. kilograme. Se notează prin linii locul unde inelul A se opreşte pentru ca pârghia să fie orizontală. Aceste linii indică greutăţi corespunzătoare cu 1, 2, 3, etc. kilograme. Se procedează în un mod analog cu greutăţi inferioare unui kilogram.

Cântarul serveşte în economia domestică.

Balanţa zecimală. — Balanţa zecimală este o aplicaţiune a pârghiilor.

Această balanţă (fig. 72) se compune din pârghia ABCD, mobilă împrejurul axului B. Acest ax este format din muchia ascuţită a unui cuţit.

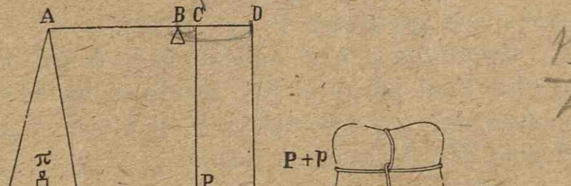


Fig. 72.

$\frac{BC}{BD} =$

In C şi D sunt două vergele verticale ; de capetele de jos ale acestor vergele sunt legate pârghiile HI şi EG. Pârghia HI este mobilă împrejurul axului I ; pârghia EG împrejurul axului G. Pe pârghia HI este fixată o placă, pe care se pune greutatea $P + p$, pe care voim a o cântărì. In fine, la capătul A al pârghiei ABCD se află discul N, pe care punem greutăţile marcate, cari contrabalanţează greutatea $P + p$ ce voim a o cântărì.

Pârghiile satisfac următoarele condiţiuni: *a*) lungimea braţului de pârghie AB este de 10 ori mai mare decât lungimea braţului de pârghie BC; *b*) lungimele BC, CD, EF şi EG, satisfac condiţiunei:

$$\frac{BC}{BD} = \frac{FG}{EG}.$$

Dacă aceste condiţiuni sunt satisfăcute, când greutatea de cântărit $P + p$ este contrabalanţată prin o greutate π pusă pe disc, aşà că pârghia ABCD să fie orizontală, aceasta ne indică că greutatea $P + p = 10\,\pi$. Prin urmare, greutatea pusă pe disc multiplicată cu zece, când echilibrul balanţei este stabilit, ne dă greutatea corpului ce voim a cântărì.

De acì derivă şi numele de *balanţa zecimală*, dată, acestei balanţe.

Ne propunem a demonstrà faptele indicate mai sus. Greutatea, ce voim a o cântărì pe care o punem pe placa fixată pe pârghia HI, o putem descompune în două greutăţi P şi *p*, cea dintâiu aplicată în H, iar a doua în I, după regula puterilor paralele şi de acelaş sens.

Pentru ca pârghia ABC să rămână orizontală, când greutatea P este aplicată în punctul C al pârghiei, din cauză că braţul de pârghie AB este de 10 ori mai mare decât BC, trebueşte ca greutatea pusă în discul N să fie de 10 ori mai mică decât greutatea P.

Greutatea *p* este aplicată în I. Această putere lucrând în punctul F al pârghiei EG, produce acelaş efect ca şi o putere necunoscută x, aplicată în E şi lucrând asupra braţului de pârghie EG. Vom aveà deci:

$$p \times FG = x \times EG. \tag{1}$$

Din această relaţiune, deducem valoarea lui x:

$$x = p \times \frac{FG}{EG}. \tag{2}$$

Dacă considerăm pârghia ABD, puterea x aplicată în D şi lucrând asupra braţului de pârghie BD este echivalentă cu o putere z aplicată în C şi lucrând asupra braţului de pârghie BC.

Avem deci:

$$(3) \qquad x . \mathrm{BD} = z . \mathrm{BC}.$$

Prin urmare:

$$(4) \qquad z = x \frac{\mathrm{BD}}{\mathrm{BC}}.$$

Inlocuind în relaţiunea (4) x prin valoarea sa din rel. (2) obţinem:

$$(5) \qquad z = p . \frac{\mathrm{FG}}{\mathrm{EG}} . \frac{\mathrm{BD}}{\mathrm{BC}}.$$

Insă, balanţa zecimală este astfel construită încât cantitatea:

$$\frac{\mathrm{FG}}{\mathrm{EG}} \times \frac{\mathrm{BD}}{\mathrm{BC}} = 1.$$

Relaţiunea (5) devine:

$$z = p.$$

Prin urmare, greutatea totală $\mathrm{P} + p$ este aplicată în punctul C al pârghiei, unde distanţa BC este de 10 ori mai mică decât AB.

HIDROSTATICA

Proprietăţile licidelor. Fluide. Obiectul Hidrostaticei.

Proprietăţile corpurilor licide. — S'a văzut că corpurile licide sunt caracterizate : *a)* prin un volum propriu ; *b)* licidele nu au o formă proprie, ci iau forma vaselor în cari sunt conţinute ; un licid, prin urmare, nu are un centru de gravitate invariabil, după cum există la corpurile solide ; *c)* coesiunea foarte mică, moleculele unui corp licid putând alunecà foarte uşor între ele.

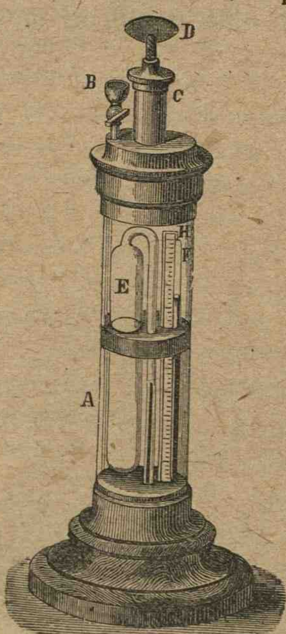


Fig. 73.

Compresibilitatea licidelor. Coeficient de compresibilitate. S'a crezut foarte mult timp că licidele sunt incompresibile. Canton a arătat cel dintâiu, în 1761, că licidele posedă o compresibilitate mică.

Mai târziu, cestiunea compresabilităţii licidelor a fost studiată de Oersted, Sturm şi Colladon, Regnault şi în timpurile recente de Cailletet şi Amagat.

Vom indicà aci aparatul de care s'a servit Oersted pentru a determinà compresibilitatea licidelor. Acest aparat, numit *piezometru* (fig. 73), se compune din un cilindru de sticlă A, închis la cele două capete cu două capace metalice. Prin capacul de sus străbate o pâlnie B, prevăzută cu un robinet, prin care putem introduce apa în cilindrul de sticlă A. In C se află un corp de pompă prevăzut cu un piston, care poate fi pus în mişcare prin şurubnl D. Mişcând pistonul în jos, licidul din cilindrul A va fi comprimat.

In interiorul cilindrului A se află vasul de sticlă E de două ori recurbat; acest vas conţine licidul a cărui compresibilitate voim a o determinà. Ramura subţire şi deschisă a vasului E este divizată în părţi, a căror capacitate a fost determinată prealabil; ea pătrunde în mercurul care se află la baza cilindrului A. Se cunoaşte de asemenea, prin determinări prealabile, capacitatea totală a vasului E.

Un tub de sticlă F închis la capătul de sus conţine aer; graţie unei scări H alăturate la tubul F se poate constatà înălţimea la care se ridică mercurul în acest tub, când exercităm o presiune (apăsare) asupra licidului. Tubul F este, după cum vom vedeà mai departe, un manometru cu aer închis servind a măsurà presiunile.

Pentru a face experienţele, exercităm prin ajutorul pistonului o presiune considerabilă asupra licidului din cilindrul A şi, prin urmare, şi asupra licidului din vasul E, a cărui compresibilitate voim a o studià. Se constată că mercurul se ridică în ramura divizata a vasului E cu un număr oarecare de diviziuni; de asemenea mercurul se ridică în manometrul cu aer închis F, care indică presiunea.

Cunoscând deoparte presiunea exercitată asupra licidului, de altă parte capacitatea diviziunilor vasului E ocupate de mercur, vom puteà deduce cantitatea cu care licidul, care umpleà la început vasul E, s'a comprimat; cu alte cuvinte se va cunoaşte compresibilitatea licidului în raport cu presiunea exercitată asupra lui.

Pentru ca observaţiunile să fie exacte, trebue a le face la aceeaş temperatură, căci experienţa a arătat că un licid se încălzeşte când este comprimat. De asemenea, trebue să ţinem socoteală în aceste determinări şi de micşorarea volumului vasului E ce conţine licidul asupra cărui experimentăm.

Experienţele, efectuate asupra licidelor prin piezometre, au indicat că licidele sunt *compresibile*.

Experienţele cele mai noui, cu aparate perfecţionate, sunt datorite, cum am spus, lui Cailletet şi Amagat. Vom rezumà rezultatele obţinute de Amagat, după ce vom defini coeficientul de compresibilitate.

Fie V volumul unui licid sub presiunea P şi V′ volumul aceluiaşi licid, sub presiunea P′. Micşorarea volumului licidului este V—V′.

Experienţa arată că, între volumul iniţial V, diferenţa de volum V—V′ şi diferenţa de presiune P′—P, există relaţiunea:

$$(1) \qquad V - V' = K\, V\, (P' - P),$$

K fiind un coeficient de proporţionalitate.

Deducem din relaţiunea (1) valoarea lui K:

$$(2) \qquad K = \frac{1}{V} \cdot \frac{V - V'}{P' - P}.$$

Coeficientului de proporţionalitate K i se dă numele de *coeficient de compresibilitate.*

Dacă facem în relaţiunea (1) V = 1 şi P′—P = 1, deducem K = V—V′. *Coeficientul de compresibilitate* este, prin urmare, *cantitatea cu care variază unitatea de volum când presiunea exercitată asupra licidului se măreşte cu o unitate* (de exemplu cu o atmosferă).

Amagat servindu-se de un aparat foarte rezistent, în care se puteau produce presiuni foarte mari şi făcând să varieze şi temperatura licidelor supuse la experienţe, a ajuns la următoarele rezultate:

a) Coeficientul de compresibilitate a licidelor se micşorează pe măsură ce presiunea creşte; această micşorare a coeficientului de compresibilitate este cu atât mai pronunţată cu cât temperatura licidului este mai ridicată.

b) Coeficientul de compresibilitate a licidelor se măreşte pe măsură ce temperatura licidului creşte. Apa face excepţiune la această din urmă lege.

Pentru a ne face o idee de mărimea compresibilităţii la licide, vom indicà rezultatele obţinute de Amagat în determinările sale asupra apei. Să considerăm un metru cub de apă sub presiunea de o atmosferă; dacă presiunea exercitată asupra apei este de 1000 atmosfere, volumul apei se reduce la 956 decimetri cubi; la presiunea de 3000 atmosfere, volumul ocupat de apă este numai de 898 decimetri cubi.

Elasticitatea licidelor. Dacă licidele sunt puţin compresibile, experienţa arată că ele sunt corpuri *perfect elastice.*

Fluide. Obiectul Hidrostaticei. — Moleculele, cari formează un corp licid, întocmai ca şi moleculele unui corp gazos, fiind foarte mobile, s'a dat numele general de *fluide* corpurilor licide şi gazoase.

Există însă diferenţe între licide şi gaze. Intre altele este următoarea : Un licid pus în un vas are un volum determinat ; dacă vasul are o capacitate mai mare decât volumul licidului, în acest caz licidul conţinut în vas se termină prin o suprafaţă liberă, adică prin o suprafaţă care nu atinge pereţii vasului. Un gaz însă, conţinut în un vas închis, ocupă tot spaţiul interior.

Obiectul *Hidrostaticei* este studiul condiţiunilor de echilibru a fluidelor.

Ne vom ocupà mai întâiu de condiţiunile de echilibru a corpurilor licide.

Echilibrul licidelor independente de gravitate. Principiul lui Pascal.

Principiul lui Pascal. — Să presupunem un licid asupra căruia nu se exercită acţiunea gravităţii. Un licid fiind format din molecule foarte mobile şi fiind totodată perfect elastic, o presiune exercitată asupra licidului se va transmite în toate părţile licidului cu aceiaş intensitate. Pascal a enunciat cel dintâiu principiul următor, cunoscut sub numele de principiul egalei transmisiuni a presiunilor la licide sau de principiul lui Pascal :

Când exercităm o presiune asupra unei porţiuni plane din suprafaţa licidului, această presiune se transmite în toate părţile şi cu o egală intensitate ; prin urmare, porţiuni plane de aceiaşi suprafaţă, luate pe peretele vasului în care licidul este conţinut sau în interiorul licidului, vor încercà presiuni egale.

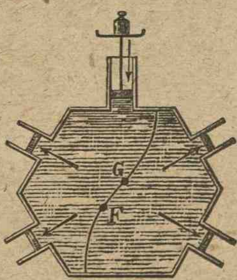


Fig. 74.

Astfel, să presupunem că licidul este conţinut în un vas (fig. 74), prevăzut cu mai multe tuburi identice ; în fiecare din aceste tuburi intră pistoane cari au aceiaş suprafaţă. Dacă presupunem că pe pistonul vertical punem o greutate de 5 kilograme, vom exercità pe suprafaţa plană a licidului în contact cu pistonul o presiune de cinci kilograme. Această presiune se va transmite în toate părţile cu o egală intensitate; prin urmare, pe fiecare din suprafeţele egale ale celorlalte pistoane se vor exercită din interior în afară presiuni egale cu 5 kilograme. Pentru ca aceste pistoane să rămână imobile, va trebui să aplicăm pe fiecare din ele presiuni de 5 kilograme îndreptate din afară în interior.

Să considerăm o suprafaţă plană FG, luată în interiorul licidului, aşà că suprafaţa FG să fie egală cu suprafaţa pistonului vertical. Dacă asupra acestui piston exercităm o presiune de 5 kilograme, conform principiului lui Pascal asupra supraeţei FG se va exercită o presiune tot de 5 kilograme.

Am presupus că porţiunile plane considerate sunt egale în suprafaţă. Să considerăm cazul când aceste porţiuni plane au suprafeţe diferite. Fie S şi s aceste suprafeţe. Să presupunem că asupra suprafeţei s se exercită presiunea p. Putem considera suprafaţa S ca formată din n suprafeţe s. Asupra fiecărei din suprafeţele s exercitându-se, conform principiului lui Pascal, presiunea p, asupra suprafeţei S se va exercita o presiune egală cu np. Avem deci:

$$(1) \qquad S = ns$$

$$(2) \qquad P = np.$$

De unde, divizând relaţiunea (2) prin (1), obţinem:

$$(3) \qquad \frac{P}{S} = \frac{p}{s}.$$

Această consecinţă a principiului lui Pascal o putem enuncia în modul următor:

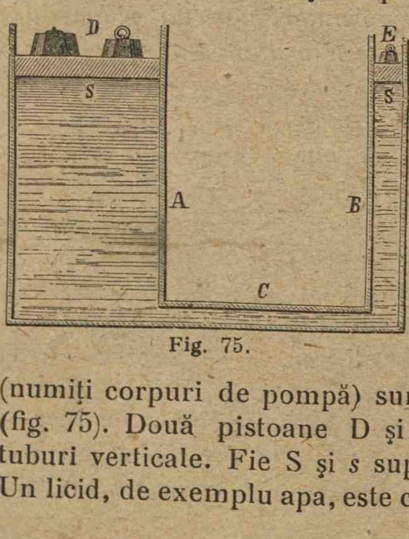


Fig. 75.

Presiunile transmise în un licid sunt proporţionale cu suprafeţele.

Putem verifica, cu oare-care aproximaţiune, această consecinţă a principiului lui Pascal prin următoarea dispoziţiune, care dă explicaţiunea presei hidraulice descrisă mai jos:

Doui cilindri verticali A şi B (numiţi corpuri de pompă) sunt reuniţi la bază prin tubul C (fig. 75). Două pistoane D şi E pătrund exact în cele două tuburi verticale. Fie S şi s suprafeţele plane ale pistoanelor. Un licid, de exemplu apa, este conţinut între cele două pistoane.

La începutul experienței, licidul este la acelaşi nivel în ambele tuburi. Să presupunem că am pus o greutate de 5 kilograme pe pistonul E. Dacă suprafața S a pistonului D este de 100 ori mai mare de cât suprafața *s* a pistonului E, presiunea exercitată de licid asupra pistonului D va fi de 100 de ori mai mare; prin urmare, presiunea licidului asupra pistonului D este de 500 kilograme. Experiența arată că, pentru ca pistonul D să rămână imobil, trebue să punem pe acest piston o greutate de 500 kilograme.

Presa hidraulică. — Presa hidraulică este o aplicațiune

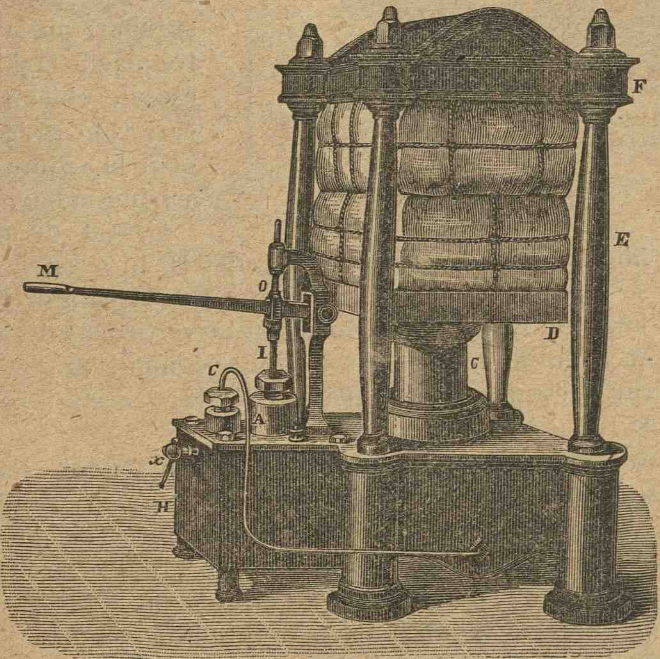


Fig. 76.

a principiului lui Pascal. Ea a fost imaginată de însuşi Pascal; construcțiunea ei însă datează de la 1797 când mecanicul englez Bramah i-a dat o formă practică. Cu începutul secolului XIX, presa hidraulică a găsit numeroase aplicațiuni în industrie.

Presa hidraulică (fig. 76 şi fig. 77) este formată din doi cilindri, numiți corpuri de pompă, A şi B, legați între ei prin tubul de comunicațiune *c*. Corpurile de pompă trebuind a fi resistente, sunt construite în fontă ca şi celelalte părţi ale aparatului.

Corpul de pompă B, suportând presiuni mari, are pereţii foarte groşi. In acest corp de pompă se mişcă pistonul C, format din un cilindru masiv. Pe cilindrul C este fixată masa D, care se poate mişcà împreună cu cilindrul C între 4 coloane verticale E. De capetele de sus ale coloanelor E este înţepenită prin şurupuri placa F. Intre plăcile D şi F sunt aşezate obiectele, pe cari vom să le supunem la acţiunea presei hidraulice.

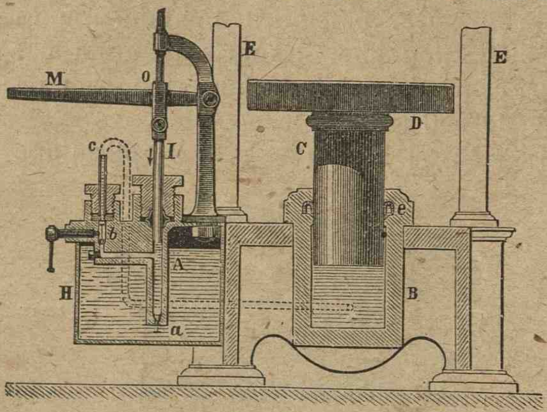


Fig. 77.

Corpul de pompă A este împlântat în un rezervor cu apă H. In acest corp de pompă se mişcă pistonul I prin ajutorul unei pârghii M mobile în jurul unui ax fixat la o coloană verticală laterală.

Două ventile *a* şi *b* fac posibilă comunicaţiunea între rezervoriu şi corpul de pompă A, şi între acelaşi corp de pompă şi tubul de comunicaţiune *c*.

Funcţionarea presii hidraulice se face în modul următor: Să presupunem că ridicăm pârghia M în sus. Ventilul *a* se deschide şi apa din rezervoriul H se introduce în corpul de pompă A; mişcând pistonul I în jos, ventilul *a* se închide, apa din corpul de pompă apasă asupra ventilului din *b*, pe care 'l deschide, şi se introduce prin tubul de comunicaţiune *c* în cilindrul B. La mişcarea în sus a pistonului I, se va închide ventilul *b* şi se va deschide ventilul *a* şi aşà mai departe.

Apa introdusă în corpul de pompă B va apăsà asupra cilindrului C, care se va ridicà în sus împreună cu placa D. Este uşor de înţeles că obiectele aşezate pe D, când distanţa d'intre plăci va deveni din ce în ce mai mică, vor fi supuse unei presiuni considerabile.

Din cauza presiunilor enorme, apa ar puteà trece între spaţiul dintre corpul de pompă B şi cilindrul C. Pentru a se evità acest lucru, care ar face imposibilă funcţionarea presei hidraulice, se introduce în o deschidere circulară e, făcută în corpul de pompă B un inel de piele (fig. 78), a cărui secţiune are forma de U resturnat. Pentru ca apa să nu străbată prin inel, trebue să avem precauţiunea să 'l îmbibăm cu uleiu, înainte de a ne servì de presă.

Presa hidraulică are întrebuinţări foarte numeroase. Astfel, ea este întrebuinţată la extragerea sucului din sfecle, din care se prepară sacharul; la extragerea uleiului din plantele oleaginoase; la comprimarea substanţelor, cari prezintă un volum mare, de exemplu a fânului, bumbacului etc. De asemenea presa hidraulică serveşte a încercà rezistenţa unor materiale, de exemplu a căldărilor întrebuinţate la motori, a lanţurilor utilizate în marină etc.

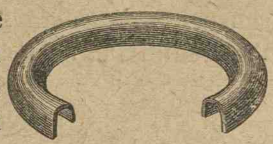


Fig. 78.

Presiunea în un punct. — Fie s o suprafaţă foarte mică (un element de suprafaţă), descrisă în jurul punctului A, luat în licid, fie pe peretele vasului care conţine licidul, fie interiorul licidului. Dacă asupra acestei suprafeţe se exercită o presiune oarecare p, se dă numele de *presiune elementară* presiunii p.

Raportul $\frac{p}{s}$ este presiunea mijlocie raportată la unitatea de suprafaţă.

Să presupunem că suprafaţa s descreşte foarte mult şi tinde către zero. Limita raportului $\frac{p}{s}$, în cazul când s tinde către zero, se numeşte *presiunea în punctul A.*

Presiunea este normală la un element de suprafaţă când licidul este în echilibru. — Fie un element de suprafaţă, luat pe peretele vasului care conţine licidul. Presiunea la acest element de suprafaţă este normală. In adevăr, dacă presiunea ar fi oblică la element, am putea-o descompune în două componente: una normală la element, a doua în direcţiune tangenţială. Cea din urmă ar aveà de efect a mişcà moleculele licide prin ajutorul căror se exercită presiunea asupra peretelui şi atunci echilibrul nu ar mai existà. Urmează deci că presiunea este normală.

In cazul când suprafaţa elementară este în interiorul licidului, am putea-o considerà ca solidificată, formând deci ca un fel de perete; am repetà întocmai demonstraţiunea de mai sus şi am ajunge la aceiaş concluziune.

Egalitatea presiunilor în jurul unui punct al unui licid în echilibru. — Când un licid oarecare este în echilibru, presiunea în un punct al licidului este aceeaşi în toate sensurile. Aceasta resultă din principiul lui Pascal, pe care l'am enunciat mai sus.

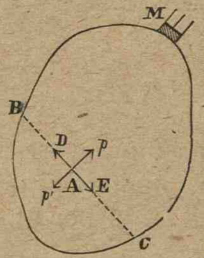


Fig. 79.

Ne propunem a dà şi o demonstraţiune teoretică. Să presupunem (fig. 79) un licid închis în un vas prevăzut cu pistonul M. Dacă exercităm o presiune asupra licidului prin ajutorul acestui piston, această presiune se transmite în toate sensurile.

Fie punctul A luat în interiorul licidului. Voim a probà că presiunea ce o încearcă punctul A în toate sensurile este aceeaş.

Să ducem prin punctul A planul BC. Să presupunem că toate moleculele licide dela stânga planului BC sunt solidificate. Planul BC formează un perete solid şi asupra punctului A se exercită presiunea p normală pe peretele BC, după cum s'a văzut mai sus.

Să presupunem apoi că partea solidificată redevine licidă, afară de un element plan de suprafaţă DE. Acest element fiind în echilibru, trebue a se exercità asupra lui o presiune p' egală şi de sens contrar cu p.

Planul BC este un plan oarecare. Putem repetà aceiaşi demonstraţiune pentru orce plan ce ar trece prin punctul A.

Urmează deci că, *în un punct a unui licid în echilibru, presiunea este aceeaşi în toate sensurile.*

Echilibrul licidelor dependinte de gravitate.

Suprafaţa liberă a unui licid în echilibru dependent de gravitate.—Am studiat până acì echilibrul licidelor independente de gravitate. Ne vom ocupà acum cu echilibrul licidelor supuse la acţiunea gravităţei.

Să considerăm un licid conţinut în un vas, aşà ca capacitatea vasului să fie mai mare decât volumul licidului. In acest cas, licidul se aşează la fundul vasului, iar *suprafaţa liberă*, în contact cu atmosfera, este *plană şi orizontală.*

Putem dovedì experimental că suprafaţa liberă este plană, căci imaginea unui obiect, formată de suprafaţa lucie a licidului, este simetrică cu obiectul, ceeace nu se întâmplă, după cum vom vedeà mai târziu, decât cu oglinzile plane.

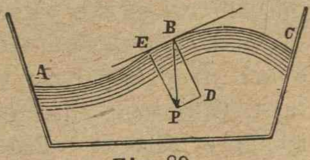


Fig. 80.

Suprafaţa liberă a licidului este *orizontală*, căci ea este perpendiculară, după cum se ştie, pe direcţiunea verticală.

Teoretic, putem demonstrà acelaş lucru în modul următor: Să presupunem (fig. 80) că suprafaţa liberă a licidului n'ar fi orizontală şi, prin urmare, nu ar fi perpendiculară la direcţiunea gravităţei. Fie ABC această suprafaţă şi B o moleculă de pe suprafaţă; fie P greutatea acestei molecule. Putem discompune greutatea P în două componente: BD şi BE, cea d'întâiu perpendiculară, iar a doua tangentă la suprafaţă în punctul B. Efectul componentei BD ar fi să apese asupra moleculelor aşezate sub ea; din cauza incompresibilităţei licidelor, această componentă este distrusă. Componenta BE ar aveà drept efect a mişcà molecula B în direcţiunea tangenţială BE. Insă atunci licidul nu mai este în echilibru. Trebue deci ca BD să fie perpendiculară pe direcţiunea gravităţei. Această perpendicularitate trebue să existe pentru toate punctele suprafeţei licidului. Deci, suprafaţa liberă a unui licid în echilibru, supus la acţiunea gravităţei, este *plană* şi *orizontală.*

Condiţiunea de echilibru a unui licid supus la acţiunea gravităţei.—Pentru ca un licid, supus la acţiunea gravităţei să fie în echilibru, se cere ca licidul să îndeplinească condiţiunea următoare:

Un licid supus la acţiunea gravităţei este în echilibru, când presiunea este aceeaşi în toate punctele aceluiaşi plan orizontal luat în interiorul licidului.

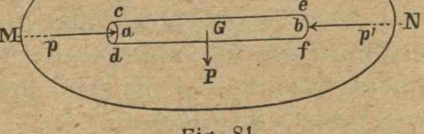


Fig. 81.

Să luăm (fig. 81) două puncte *a* şi *b*, situate în acelaş plan orizontal, în interiorul lìcidului MN. Voim a demonstrà că dacă licidul este în echilibru, presiunea este aceiaş în punctele a şi b.

Să descriem nişte elemente de suprafaţă $c\,d$ şi $e\,f$ în jurul punctelor a şi b. Presiunea în un punct fiind aceiaş, orcare ar fi orientarea elementelor de suprafaţă. să presupunem că mişcăm $c\,d$ şi $e\,f$, până ce iau o direcţiune verticală.

Să considerăm cilindrul format de moleculele licidului, având drept baze $c\,d$ şi $e\,f$, şi să presupunem cilindrul solidificat. Cilindrul fiind imobil, presiunile exercitate asupra lui îşi fac echilibru. Aceste presiuni sunt: a) presiuni exercitate normal pe faţa laterală şi convexă a cilindrului; fiindcă cilindrul nu cade, rezultanta acestor presiuni este egală şi de sens contrar greutăţei P a cilindrului, aplicată în centrul de gravitate G; b) presiunile p şi p' exercitate pe bazele $c\,d$ şi $e\,f$; fiindcă cilindrul nu se mişcă lateral, urmează că presiunile p şi p' sunt egale.

Să presupunem în urmă că cilindrul redevine licid. Elementele de suprafaţă $c\,d$ şi $e\,f$, asupra căror se exercită presiunile egale p şi p', vor fi în echilibru. Dacă, în fine, schimbăm orientarea elementelor de suprafaţă $c\,d$ şi $e\,f$, făcând ca aceste elemente să fie orizontale, presiunile exercitate asupra lor vor rămâneà normale şi egale între ele.

Punctele a şi b sunt două puncte oarecari luate în un plan licid orizontal. Urmează deci, că presiunea este aceiaşi în toate punctele unui plan orizontal luat în massa unui licid în echilibru.

Suprafeţe de nivel. — Când un licid este greu (supus la acţiunea gravităţei), presiunea este deosebită în diferitele părţi ale licidului.

Când o suprafaţă din interiorul licidului este astfel că presiunile exercitate asupra elementelor de suprafaţă egale să fie aceleaşi, o asemenea suprafaţă se numeşte *suprafaţă de nivel.*

Un strat orizontal plan în interiorul unui licid greu în echilibru este o suprafaţă de nivel. De asemenea, suprafaţa liberă orizontală şi plană a unui licid greu în echilibru este o suprafaţă de nivel.

Presiunea exercitată pe o suprafaţă orizontală în interiorul unui licid. — Fie s suprafaţa elementară $a\,b$ (fig. 82) din un plan orizontal din massa licidului. Se demonstră că presiunea exercitată asupra lui $a b$ este greutatea coloanei licide, a cărei bază este s şi a cărei înălţime este distanţa verticală i dela baza $a b$ până la suprafaţa liberă a licidului. Dacă d este greutatea unităţei de volum a cilindrului, presiunea exercitată asupra elementului de suprafaţă $a b$ este:

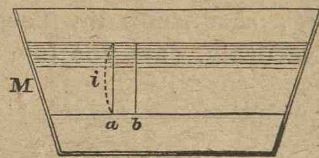


Fig. 82.

$$s \times i \times d.$$

Se demonstră că această presiune este aceiaş pentru suprafaţa s, orcare ar fi forma vasului, fie cilindric, mai larg sau mai strâmt la partea de sus decât la basă, etc.

Dacă considerăm suprafaţa S formată din reunirea suprafeţelor elementare s, presiunea exercitată pe suprafaţa S va fi suma presiunilor exercitate pe suprafeţele s. Vom aveà deci:

$$S \times i \times d.$$

Diferinţa de presiune între două elemente egale în suprafaţă luate în două plane orizontale diferite a unui licid greu în echilibru.—Fie ab şi $a'b'$ (fig. 83) două elemente de suprafaţă egale, luate în două plane orizontale la înălţimi diferite în interiorul licidului.

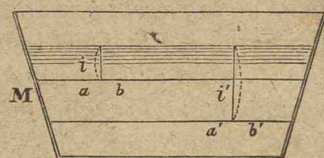


Fig. 83.

După cele văzute anterior, presiunea pe $a b$ este:

$$(1) \qquad s \times i \times d;$$

s fiind suprafaţa elementară $a b$, i înălţimea verticală dela basa $a b$ până la suprafaţa liberă a licidului, d greutatea unităţei de volum.

Presiunea pe $a' b'$ va fi:

$$(2) \qquad s \times i' \times d.$$

suprafeţele elementare $a b$ şi $a' b'$ fiind egale.

Dacă facem diferenţa între (2) şi (1) găsim:

$$s\, d\, (i'—i),$$

care reprezintă diferinţa de presiune între două elemente egale în suprafaţă la nivele diferite. Se vede că diferenţa de presiune este egală cu greutatea unei coloane cilindrice de licid, având ca basă suprafaţa elementară şi ca înălţime distanţa verticală între cele două plane orizontale.

Presiunea exercitată de un licid pe fundul orizontal a unui vas. — Să considerăm un licid, supus la acţiunea gravităţei, conţinut în vasul *abcd* (fig. 84). Să luăm pe fundul vasului *bc* o suprafaţă foarte mică (un element de suprafaţă) *ef*; să ducem din fiecare punct al acestei suprafeţe drepte verticale, cari vor tăià în suprafaţa liberă a licidului un element de suprafaţă *e'f'*. Avem astfel un cilindru licid, al cărui basă este *ef*. Fiindcă acest cilindru are o greutate, presiunea licidului pe suprafaţa *ef* este greutatea coloanei licide a cărei basă este *ef* şi înălţimea *ee'* a cilindrului.

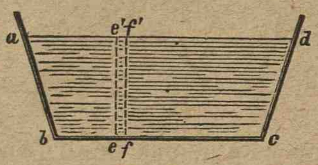


Fig. 84.

Dacă presupunem că toată basa *bc* a vasului a fost descompusă în elemente de suprafaţă de forma *ef*, pe fiecare din ele se vor exercità presiuni analoage. Presiunea totală exercitată pe *bc* va fi suma presiunilor exercitate pe elementele de suprafaţă din care se compune basa *bc*. Deducem de acì:

Presiunea exercitată de un licid greu pe fundul orizontal a unui vas este egală cu greutatea unei coloane cilindrice de licid, având drept bază fundul vasului, iar drept înălţime distanţa dela fundul vasului până la suprafaţa liberă a licidului.

Putem verificà experimental presiunea pe fundul unui vas prin aparatul lui Masson, care este o modificare a unui aparat imaginat anterior de Pascal.

Aparatul lui Masson (fig. 85) se compune din trei vase A, B, C de formă diferită, deschise la ambele capete şi prevăzute cu garnituri metalice la partea inferioară, graţie cărora se pot înşurubà pe un trepied D. Toate aceste vase au aceeaşi deschidere la partea inferioară.

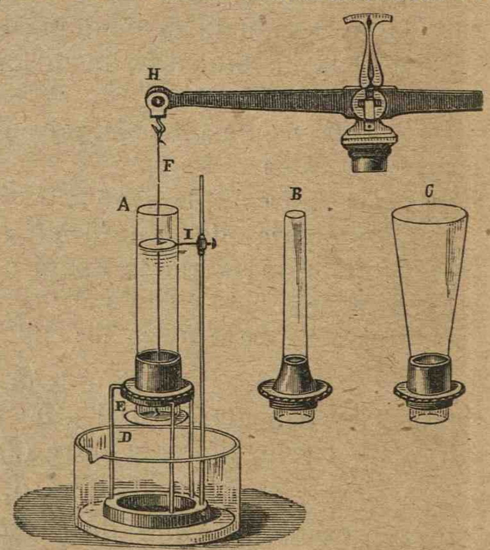


Fig. 85.

Să înşurubăm vasul A pe trepiedul D. Vom pune sub vas o placă de sticlă E (numită obturator), susţinută la mijloc prin un fir F, a cărui capăt superior este legat la extremitatea H a braţului de pârghie a unei balanţe.

Se pune pe al doilea disc al balanţei o greutate oarecare. Se toarnă apoi apă în vasul A, până ce observăm că câteva picături de apă au început să iasă din vas. In acest caz, presiunea exercitată de licid asupra fundului vasului este egală cu puterea cu care obturatorul este susţinut la baza vasului A. Insemnăm, prin ajutorul indicelui I, înălţimea coloanei licide în vasul A.

Să repetăm apoi experienţa cu vasele B şi C, cel d'întâiu mai strâmt, iar al doilea mai larg la capătul de sus decât la basă, lăsând indicele I fix. Experienţa va arătà că, turnând apă în aceste vase, imediat ce vom depăşì indicele I, obturatorul se va deslipì de vas.

Se vede deci că presiunea licidului pe fundul vasului nu depinde de forma vasului; ea depinde de suprafaţa fundului, precum şi de înălţimea coloanei licide. Fiindcă licidele luate sub acelaş volum au greutăţi diferite, presiunea va depinde de asemenea şi de natura licidului.

Putem determinà experimental presiunea exercitată pe fundul vasului în grame. Este de ajuns ca menţinând indicele I fix, să punem greutăţi marcate în grame pe fundul obturatorului, pentru a puteà deslipì obturatorul de vasul deşert. Se găseşte că greutăţile marcate reprezintă tocmai greutatea coloanei cilindrice de apă din vasul A.

Greutăţile apei din vasele B şi C, diferind de greutatea apei din vasul A, se vede că presiunea pe fundul vasului este mai mare decât greutatea apei din vasul B şi mai mică decât greutatea apei din vasul C.

Presiunea de jos în sus asupra unei suprafeţe orizontale din interiorul unui licid.— S'a văzut că presiunea exercitată asupra suprafeţei *s* din un plan orizontal este egală cu greutatea coloanei cilindrice, care ar aveà ca bază suprafaţa dată şi ca înălţime distanţa verticală dela bază până la suprafaţa liberă. Fiindcă acest strat licid orizontal rămâne în echilibru, aceasta ne indică că asupra lui se exercită o presiune de jos în sus, egală cu greutatea coloanei cilindrice.

Putem dovedì experimental existenţa acestei presiuni de jos în sus şi chiar s'o măsurăm. Se ià (fig. 86) un tub larg A, deschis la ambele capete şi pe care 'l putem închide la basă cu un disc de sticlă (obturator) BC, prevăzut la mijlocul său cu un fir D. Introducem tubul A în vasul cu apă M, menţinând obturatorul lipit de tubul A prin ajutorul firului D.

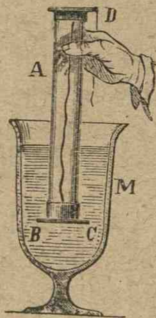


Fig. 86.

Experienţa va arătà că putem să lăsăm firul liber şi obturatorul nu va cădeà. Aceasta ne arată că asupra obturatorului se exercită o presiune de jos în sus.

Ne propunem să măsurăm această presiune. Să turnăm apă în vasul A. Experienţa va arătà că obturatorul nu va cădeà, decât atunci când nivelul licidului în vasul A este aproape acelaş ca şi în vasul M. In acest caz, presiunea de jos în sus exercitată asupra obturatorului este egală cu presiunea de sus în jos; însă presiunea de sus în jos este egală cu greutatea coloanei de apă având de basă fundul vasului şi ca înălţime distanţa dela basă la suprafaţa liberă. Urmează deci că aceasta va fi şi valoarea presiunii de jos în sus exercitată asupra obturatorului, şi, prin urmare, a suprafeţei orizontale a licidului în contact imediat cu obturatorul.

Se poate verificà prin ajutorul aceluiaş aparat că presiunea este aceiaş în toate părţile unei suprafeţe orizontale a unui licid în echilibru. Transportând tubul A aşà ca obturatorul să fie necontenit în acelaş plan orizontal, vom constatà că va trebuì să turnăm în tub apă a cărei înălţime să fie aceiaş, pentru a puteà deslipì obturatorul de tub.

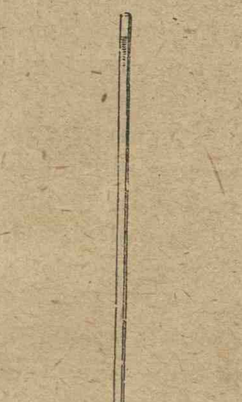


Fig. 87.

Putem a demonstrà existenţa presiunii de jos în sus prin experienţa numită polobocul lui Pascal.

Se aplică (fig. 87) pe fundul de sus a unui poloboc un tub lung de sticlă. Se umple polobocul şi se toarnă apă în tub până la o înălţime de mai mulţi metri. Presiunea exercitată de sus în jos asupra stratului licid, care atinge fundul de sus, devine din ce în ce mai mare; prin urmare, presiunea de jos în sus exercitată de licid asupra fundului polobocului, devine considerabilă. Vom vedeà acest fund ridicându-se, devenind convex şi apoi aruncat afară. Această experienţă ne arată că cu o mică cantitate de licid putem produce presiuni considerabile.

Presiuni laterale. — Licidele exercită presiuni laterale asupra pereţilor vasului, în care sunt conţinute. Putem probà existenţa acestei presiuni, făcând o deschidere mică în peretele unui vas. Vom vedeà licidul ţîşnind în afară, sub forma unui fir licid, perpendicular la început la peretele vasului şi apoi recurbându-se sub acţiunea gravităţei. Direcţiunea normală, care o ià firul licid la început, ne arată că presiunea laterală a licidului este normală la peretele vasului, ce conţine licidul.

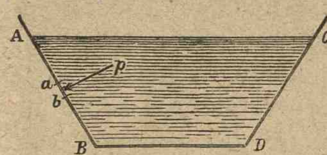


Fig. 88.

Să vedem care este mărimea acestei presiuni. Să considerăm elementul de suprafaţă *ab* (fig. 88) luat pe peretele vasului ABCD. Presiunea *p* a licidului asupra elementului de suprafaţă *ab* este normală la suprafaţă şi este aceiaş, după cum s'a văzut, orcare ar fi orientaţiunea sa. Putem presupune acest element învârtindu-se împrejurul unuia din punctele sale până ce ià o poziţiune orizontală. Presiunea exercitată asupra elementului este aceea a unei coloane licide verticale având de basă elementul de suprafaţă, iar ca înălţime distanţa verticală dela element până la suprafaţa liberă.

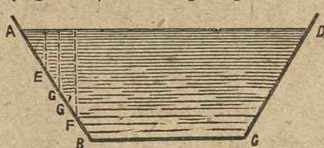


Fig. 89.

Să trecem acum la cazul când, în loc de un element de suprafaţă, luăm pe peretele vasului o suprafaţă plană, având o întindere oarecare. Fie EF acea suprafaţă (fig. 89). Putem considerà suprafaţa dată ca formată din o infinitate de suprafeţe elementare. Presiunea exercitată asupra suprafeţei EF este egală cu suma presiunilor exercitate de licid asupra tuturor elementelor de suprafaţă, cari formează suprafaţa EF. Se demonstră că această presiune este egală cu aceea a unei coloane licide, având ca basă suprafaţa EF, iar ca înălţime distanţa dela centrul de gravitate G al suprafeţei EF până la suprafaţa liberă. Punctul de aplicaţiune al presiunei este în G'. numit *centru de presiune.*

Centrul de presiune este situat dedesubtul centrului de gravitate. In adevăr, dacă considerăm firele licide verticale plecând dela suprafeţele elementare, ele vor fi cu atât mai grele cu cât vor fi mai lungi şi vor plecà, prin urmare, de la elementele de suprafaţă situate mai jos. Fiindcă rezultanta acestor puteri paralele este mai apropiată de puterile cele mai mari, rezultă că *centrul de presiune* G' va fi aşezat mai jos decât *centrul de gravitate* G al suprafeţii plane considerate.

Consecinţă dedusă din presiunile laterale. Morişca hidraulică. Fie vasul ABCD (fig. 90) care conţine un licid. Să presupunem că pereţii AB şi CD sunt plani şi paraleli. Să luăm pe peretele AB suprafaţa plană *ab* şi prin fiecare din punctele conturului acestei suprafeţi să ducem normale la această suprafaţă. Cilindrul drept astfel format va tăià pe CD porţiunea plană *a b'* egală cu *ab*. Presiunile *p* şi *p'*, exercitate de licid pe aceste două suprafeţe, sunt egale şi de sens contrar.

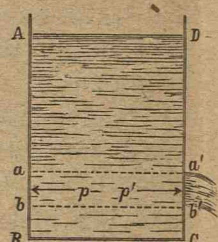


Fig. 90.

Să presupunem acum că deslipim din faţa CD porţiunea de perete *a'b'*. Presiunea *p'* va aveà de efect a face să curgă licidul din vas; iar presiunea *p* tinde să deà vasului o mişcare în sens contrar curgerii licidului.

Funcţionarea morişcei hidraulice este explicată prin presiunile laterale. *Morişca hidraulică* (fig. 91) se compune din un rezervoriu de sticlă, care se poate mişcà cu uşurinţă împrejurul unui ax vertical AB. Vasul AB comunică la partea sa inferioară cu un tub orizontal CD recurbat în formă de Z şi deschis la ambele capete.

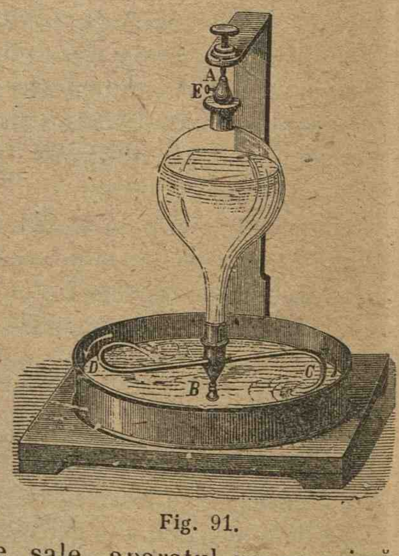


Fig. 91.

Vasul AB fiind umplut cu apă, dacă tubul CD este închis cu dopuri la extremităţile sale, aparatul nu se mişcă. Dacă scoatem dopurile şi deschidem robinetul E, pentru ca să lăsăm aerul să intre în rezervoriul AB, vom vedeà aparatul punându-se în mişcare în sens invers cu deschiderile tubului CD.

De acì derivă numele de *morişcă hidraulică* dată acestui aparat. Presiunile efective, cari produc mişcarea, sunt acele ce apasă pe pereţii tubului CD, în direcţiune opusă deschiderilor tubului.

Principiul lui Archimede.

Principiul lui Archimede. — Archimede, celebru matematic al anticităţii, a enunciat principiul următor care poartă numele său:

Orce corp cufundat în un licid pierde din greutatea sa o parte egală cu greutatea volumului de licid dislocuit.

Putem demonstrà teoretic principiul lui Archimede în modul următor: Să considerăm în interiorul licidului în echilibru conţinut în vasul ABCD (fig. 92) o porţiune *ab* de licid. Să presupunem că această porţiune de licid se solidifică, conservându-şi însă volumul şi greutatea; massa *ab* va continuà de a fi în echilibru. Puterile, cari lucrează asupra porţiunei *ab*, sunt: *a)* greutatea P, aplicată la centrul de gravitate G; *b)* presiunile *p* normale la elementele de suprafaţă, cari compun suprafaţa totală a porţiunei *ab*, şi a căror rezultantă este P′.

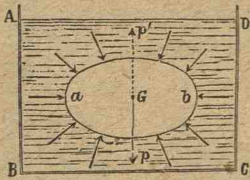


Fig. 92.

Porţiunea solidificată *ab* fiind în echilibru, este necesar ca rezultanta P′ să fie egală şi de sens contrar greutăţei P. Rezultanta presiunilor P′ trebuind să treacă prin centrul de gravitate G, orcare ar fi orientaţiunea massei *ab*, urmează că această rezultantă este aplicată chiar în punctul G, centrul de gravitate al porţiunei *ab*.

Să înlocuim acum solidul fictiv *ab* prin un solid real, de aceiaş formă şi de acelaş volum ca şi porţiunea *ab*. Rezultanta P′ a presiunilor va fi aceiaş, ca şi în cazul precedent, şi va fi aplicată în G centrul de gravitate al porţiunei licide *ab*. Asupra corpului solid real vor lucrà deci două puteri: *a*) greutatea P a corpului în direcţiunea gravităţii; *b*) rezultanta P′ a presiunilor licidului asupra corpului solid, a cărei direcţiune este opusă gravităţei şi a cărei punct de aplicaţiune este centrul de gravitate al masei licide *ab*; această rezultantă P′ este, după cum s'à văzut, egală cu greutatea massei licide.

Corpul solid pierde deci din greutatea sa greutatea volumului de licid dislocuit.

Putem demonstrà *experimental* principiul lui Archimede. Se atârnă (fig. 93) la unul din discurile B a unei balanţe hidrostatice (balanţa hidrostatică are coloana care susţine pârghia mai lungă; de discuri sunt fixate cârlige pentru a atârnà greutăţi) cilindrul gol în interior *C* şi cilindrul masiv D. Aceste cilindre sunt astfel construite, că volumul cilindrului masiv fiind egal cu capacitatea interioară a cilindrului *C*, cilindru masiv intră perfect în cilindrul gol.

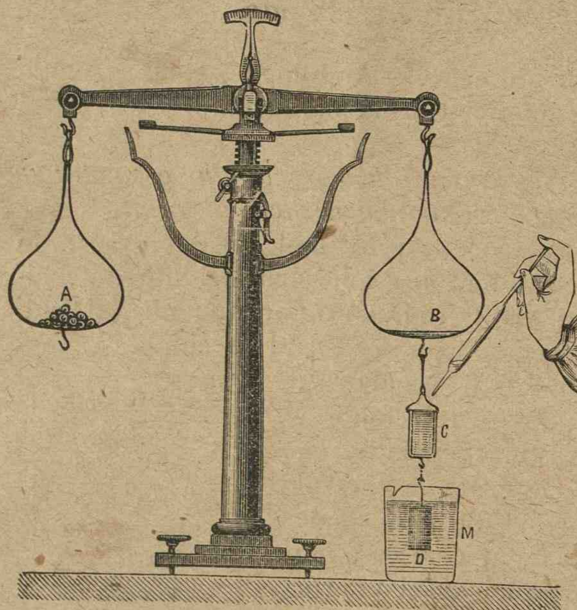


Fig. 93.

După ce am atârnat cilindrele de discul B, facem tara, punând pe discul A greutăţi, de exempln alice de plumb, grăunţe de nisip etc. Balanţa fiind în echilibru, să punem sub cilindrul masiv D un vas cu apă M, aşà ca cilindrul să fie cu totul cufundat în licid. Experienţa ne va arătà că pârghia balanţei se va înclinà spre discul A. Cilindrul D, introdus în apă, a pierdut deci din greutatea sa.

Pentru ca pârghia balanţei să reià din nou poziţiunea orizontală, va trebuì să umplem cu apă cilindrul C. Insă, greutatea apei introduse în C este egală cu greutatea apei dislocuite de cilindrul masiv D.

Urmează deci, că cilindrul D, introdus în licid, a pierdut din greutatea sa o parte egală cu greutatea volumului de licid dislocuit.

Greutatea aparentă. — După principiul lui Archimede, greutatea unui corp introdus în un licid este diferința a două puteri : 1°) greutatea sa P ; 2°) greutatea P′ a volumului de licid dislocuit de corp, P′ nefiind decât rezultanta presiunilor exercitate de licid asupra corpului. Se dă numele de *greutate aparentă* diferenței P—P′ între greutatea corpului și greutatea volumului egal de licid dislocuit de corp.

Relativ la greutatea aparentă, vom examinà următoarele trei cazuri :

1°) Diferința $P - P' > o$, adică greutatea corpului mai mare decât greutatea volumului egal de licid dislocuit de corp. In acest caz, corpul va cădeà în licid cu o mișcare uniform accelerată, însă mai încet decât în aer din cauza rezistenței licidului.

2°) $P - P' = O$, când greutatea corpului este egală cu greutatea licidului dislocuit; în acest caz, corpul stă în licid fără a se suì sau coborî.

3°) $P - P' < O$, greutatea corpului mai mică decât greutatea licidului dislocuit. Un asemenea corp, introdus în licid, va fi aruncat de licid în afară; corpul va eșì la suprafață până ce greutatea volumului de licid, dislocuit de corp, este egală cu greutatea corpului. Acesta este cazul *corpurilor plutitoare*.

Astfel, pluta, lemnul și toate corpurile mai ușoare de cât apa plutesc la suprafața ei; de asemenea, fierul fiind ma greu decât apa și mai ușor decât mercurul va cădeà la fund dacă l'am introduce în apă și va plutì la suprafața mercurului, dacă l'am pune în acest din urmă licid.

Ne putem convinge de aceste fenomene, făcând următoarea experiență : Să introducem un ou în un vas cu apă distilată; vom vedeà că corpul, fiind mai greu decât apa, va cădeà la fund. Dacă dizolvim în apă o cantitate mai mare de sare, oul fiind mai ușor decât apa în aceste condițiuni va plutì la suprafața apei. In fine, dacă dizolvim sarea în o cantitate convenabilă de apă, vom puteà face ca oul să steà în interiorul apei fără a se mişcà.

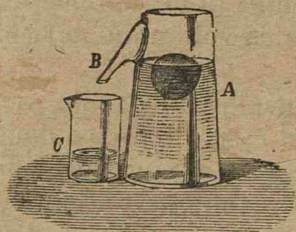


Fig. 94.

Am spus că corpul, plutind la suprafaţa sau în interiorul licidului, dislocueşte un volum de licid a cărui greutate este egală cu greutatea totală a corpului. O putem probà aceasta experimental (fig. 94). In vasul A prevăzut cu tubul lateral B se toarnă apă, până când începe să curgă prin deschiderea laterală. Se introduce în A un corp, care poate plutì la suprafaţa sau în interiorul licidului. Licidul, dislocuit de corp, va curge prin deschiderea laterală B şi 'l vom culege în vasul C. Cântărind greutatea licidului cules precum şi corpul, se constată că aceste două greutăţi sunt egale.

Inotătorul lui Descartes.— Cu aparatul numit *înotătorul lui Descartes* sau *ludion* putem realizà cele trei cazuri, când greutatea corpului este mai mare, egală sau mai mică decât greutatea volumului de licid dislocuit.

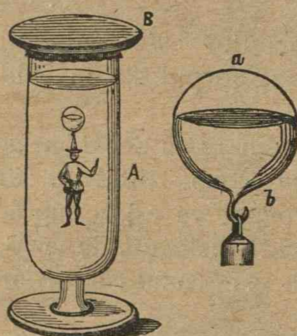


Fig. 95.

Inotătorul lui Descartes (fig. 95) se compune din vasul A, în care se toarnă apă până aproape de vârf; vasul este astupat cu membrana B formată din o piele de beşică. In licidul din vasul A înoată o mică figură de porcelană sau de sticlă, atârnată la o beşică de sticlă *a*, prevăzută cu o mică deschidere *b* la partea inferioară. Beşica *a* conţine apă şi o mică cantitate de aer, aşà că introdusă în licidul din vasul A înoată la suprafaţa lui. Dacă apăsăm cu degetul asupra membranei B, presiunea se transmite asupra licidului, o cantitate de apă va intrà în sfera *a* prin deschiderea *b* şi va comprimà aerul din beşică. Inotătorul, format din sfera *a* şi figurină, devenind astfel mai greu decât licidul dislocuit, va cădeà la fund.

Dacă încetăm de a apăsà pe membrana B, aerul comprimat din beşica *a* va împinge licidul în afară şi înotătorul, devenind mai uşor, va eşì la suprafaţa licidului.

Prin încercări putem regulà apăsarea, aşà ca înotătorul să se menţină imobil în interiorul licidului.

Condiţiuni de echilibru a corpurilor plutitoare.—Să considerăm mai întâi cazul unui corp care pluteşte în interiorul licidului.

Dacă corpul este *omogen* (când părţi egale din volumul corpului au aceeaşi greutate) centrul de gravitate al corpului se confundă cu centrul de gravitate al massii licidului; totodată, în acest centru de gravitate se aplică şi greutatea P a corpului şi rezultanta P′ a presiunilor exercitate de licid asupra corpului şi care este egală, după cum s'a văzut, cu greutatea licidului dislocuit de corp. Pentru ca un corp omogen, cufundat în un licid, să fie în echilibru, trebue ca puterile P şi P′, aplicate în centrul de gravitate al corpului, să fie egale şi de sens contrar.

Dacă corpul *nu este omogen*, cum se întâmplă în general, punctul de aplicaţiune al greutăţii P (fig. 96) a corpului este aplicat în G, iar punctul de aplicaţiune a lui P′ în O, care este centrul de gravitate a massii licide dislocuite de corp. Pentru ca corpul să fie în echilibru, trebuesc ca punctele de aplicaţiune G şi O a puterilor P şi P′ să fie pe aceiaşi verticală. In adevăr, dacă G şi O nu ar fi pe aceiaşi verticală, puterile egale P şi P′ aplicate la extremităţile lui GO, ar formà un cuplu care ar aveà drept efect să aducă GO în direcţiune verticală şi, prin urmare, ca punctul G şi O să fie situate pe aceiaşi verticală.

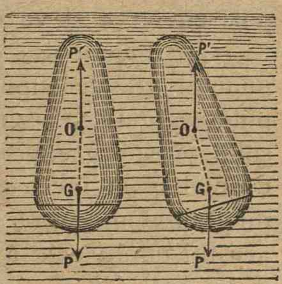


Fig. 96.

Pentru ca echilibrul să fie *stabil*, este necesar ca G sà fie situat sub punctul O.

Condiţiunile ce trebue deci să îndeplinească un corp cufundat în interiorul unui licid, ca să fie în echilibru, sunt următoarele : *a*) greutatea licidului dislocuit să fie egală cu greutatea corpului ; *b*) centrul de gravitate al corpului şi centrul de gravitate al licidului dislocuit să fie pe aceiaşi verticală. Pentru stabilitatea echilibrului, centrul de gravitate al solidului trebue să fie sub centrul de gravitate al licidului, *Cazul când corpul plutește la suprafața licidului.* Când corpul plutește la suprafața licidului, condițiunea de stabilitate ca centrul de gravitate al corpului să fie sub centrul de gravitate al licidului *nu e necesară.*

Fie (fig. 97), în adevăr, RST secțiunea plană a unei năvi, trecând prin dreapta verticală *d e*, și fie *g* centrul ei de gravitate. Licidul dislocuit are un volum mai mic decât nava; centrul de gravitate al licidului este în *c*, situat sub *g*.

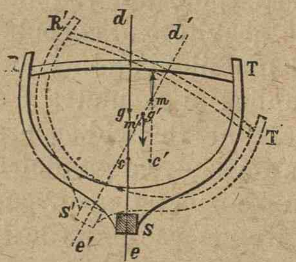


Fig. 97.

Dacă nava se înclină și ocupă pozițiunea R'S'T', verticala *d e* va luà pozițiunea *d' e'*. Fiind-că centrul de gravitate al navei, care este un corp solid, este invariabil, punctul *g* va vení în *g'* și va ocupà același loc în raport cu nava. In ceia-ce privește licidul, din cauză că forma sa variază de și conservă același volum, centrul său de gravitate se va schimbà în raport cu nava și va ocupà, de exemplu, pozițiunea *c'*.

Să ducem din *c'* o dreaptă verticală care va tăià *d' e'* în punctul *m*, deasupra lui *g'*. Dacă transportăm din *c'* în *m* puterea egală cu rezultanta presiunilor licidului asupra corpului solid (adică greutatea licidului), vedem că la extremitățile dreptei *g' m* lucrează cuplul format de greutatea corpului și de greutatea egală a licidului dislocuit. Se demonstră că efectul acestui cuplu este același, dacă am considerà greutatea licidului aplicată în un punct oarecare a dreptei *c'm*; prin urmare, efectul cuplului este același dacă greutatea licidului este aplicată în *c'* sau în *m*. Insă efectul cuplului care lucrează la capetele dreptei *g' m* este a întoarce nava în pozițiunea primitivă. Echilibrul este, prin urmare, *stabil* în acest caz. Punctului *m* i se dă numele de *metacentru.*

Se vede deci că în cazul unui corp plutitor la suprafața unui licid, de și centrul de gravitate al corpului este deasupra centrului de gravitate al licidului dislocuit, echilibrul însă este *stabil.* Condițiunea de îndeplinit este ca *metacentrul* să fie deasupra centrului de gravitate al corpului plutitor.

Dacă metacentrul ar vení în *m'*, sub centrul de gravitate, se vede ușor că greutatea navei aplicată în *g'* și greutatea egală a licidului aplicată în m', ar formà un cuplu care ar tinde să depărteze nava şi mai mult dela poziţiunea primitivă. Echilibrul este nestabil în acest caz.

Densităţi.

Densitate absolută. Greutate specifică absolută. Relaţiunea între densitatea absolută şi greutatea specifică absolută.—*Densitate absolută*. Se numeşte *densitate absolută* a unui corp, massa unităţei de volum a acelui corp. In sistemul de unităţi C. G. S. unitatea de volum fiind centimetrul cub, densitatea absolută în unităţi C. G. S. este massa unui centimetru cub.

Greutatea specifică absolută. Se defineşte *greutatea specifică absolută* a unui corp, greutatea absolută a unităţei de volum. In sistemul de unităţi C. G. S., greutatea specifică absolută este greutatea absolută a unui centimetru cub de corp.

Relaţiunea între densitatea absolută şi greutatea specifică absolută. S'a văzut că greutatea absolută a unui corp este egală cu massa sa multiplicată cu acceleraţiunea, ce gravitatea o imprimă corpului în un loc determinat de pe pământ.

Dacă considerăm un corp a cărui volum este egal cu unitatea, massa sa va aveà o valoare invariabilă δ, greutatea sa absolută o valoare p, variabilă cu acceleraţiunea g a gravităţei.

Vom aveà deci :

$$p = \delta . g. \qquad (1)$$

După definiţiunile de mai sus, p reprezintând greutatea specifică absolută şi δ densitatea absolută a corpului, relaţiunea (1) ne arată că, greutatea specifică absolută este egală cu densitatea absolută multiplicată cu acceleraţiunea imprimată corpului de gravitate.

Aceiaş relaţiune ne arată că greutatea specifică absolută este variabilă cu g; pentru locuri diferite de pe pământ, ea creşte dela ecuator la poli. Pentru un loc determinat de pe faţa pământului, greutăţile specifice absolute sunt proporţionale cu densităţile absolute ale corpurilor.

Densitatea relativă. Greutate specifică relativă. Relaţiunea între densitatea relativă şi greutatea specifică relativă.—*Densitate relativă.* Se numeşte *densitate relativă* raportul dintre densitatea absolută a unui corp şi densitatea absolută a unui alt corp, luat ca termen de comparaţiune.

Ca termen de comparaţiune se ià densitatea absolută a apei la 4° centigrade, adică massa unui centimetru cub de apă distilată la 4° C.

Greutate specifică relativă. Se defineşte *greutatea specifică relativă* a unui corp, raportul între greutatea specifică absolută a unui corp şi greutatea specifică absolută a unui alt corp, servind ca termen de comparaţiune.

Se ià ca termen de comparaţiune greutatea specifică absolută a apei la 4° C, adică greutatea absolută a unui centimetru cub de apă la 4° C.

Relaţiunea între greutatea specifică relativă şi densitatea relativă. Dacă însemnăm cu δ şi δ', densităţile absolute a unui corp şi a apei, densitatea relativă d este:

$$d = \frac{\delta}{\delta'}.$$

Notând cu p şi p', greutăţile specifice absolute ale corpului şi a apei, ştiind că $p = \delta g$ şi $p' = \delta' g$, vom aveà:

$$(1) \qquad \frac{p}{p'} = \frac{\delta}{\delta'}.$$

Insă, $\frac{p}{p'}$ reprezintă greutatea specifică relativă a corpului. Relaţiunea (1) ne arată că greutatea specifică relativă a unui corp este egală cu densitatea sa relativă. Din această cauză se întrebuinţează indiferent numirile de greutate specifică relativă, densitate relativă sau, prin prescurtare, densitate.

Relaţiunea între massa M, volumul V şi densitatea absolută δ a corpului.—Fie δ densitatea absolută, adică massa unităţei de volum a corpului. Dacă corpul are volumul V, este evident că massa sa va fi de V ori mai mare. Vom aveà deci:

$$M = V . \delta.$$

Relaţiunea între greutatea absolută P, volumul V şi greutatea specifică absolută p a corpului. — Un raţionament analog ne conduce la relaţiunea:

$$P = V . p.$$

S'a văzut însă că $p = \delta g$; deci:

$$P = V.\delta.g.$$

Altă definiţiune a densităţei relative. — S'a văzut că pentru o substanţă oarecare a cărei volum este V, greutatea absolută P şi greutatea specifică absolută p, avem relaţiunea:

$$(1) \qquad P = Vp.$$

Să aplicăm această relaţiune la apa destilată la 4° C. Vom aveà atunci:

$$(2) \qquad P' = Vp',$$

P' reprezintând greutatea absolută a aceluiaş volum V de apă, ca şi volumul corpului, şi p' greutatea specifică absolută a apei la 4° C.

Divizând relaţiunea (1) prin (2) deducem:

$$(3) \qquad \frac{P}{P'} = \frac{p}{p'} = d.$$

Insă, $\frac{p}{p'}$ reprezintă densitatea relativă d a corpului. Se vede de acì că: *densitatea relativă sau greutatea specifică relativă a unui corp este egală cu raportul dintre greutatea corpului şi greutatea aceluiaş volum de apă distilată, temperatura apei fiind de 4° centigrade.*

Determinarea densităţilor corpurilor solide şi licide.

Principiul metodelor de determinare a densităţilor corpurilor solide şi licide. — Pentru a determinà densitatea unui corp solid sau licid ne servim de următoarea definiţiune a densităţilor:

Se defineşte *greutatea specifică relativă* sau *densitatea relativă* sau, mai scurt, *densitatea* unui corp, raportul între greutatea corpului şi greutatea aceluiaş volum de apă destilată la temperatura de 4° C.

Prin urmare, pentru a cunoaşte densitatea unui corp solid sau licid, vom determinà: 1°) greutatea unui volum oarecare din corpul a cărui densitate o căutăm, prin una din metodele de cântărire, de preferinţă prin metoda dublei cântăriri; 2°) greutatea unui volum egal de apă destilată la temperatura de 4° C. Cocientul între cele două numere găsite va reprezintà densitatea căutată.

Acest principiu de determinare a densităţilor este realizat prin trei metode diferite: *a)* metoda flaconului; *b)* metoda balanţei hidrostatice; *c)* metoda areometrelor.

Trebue să observăm că densităţile variază cu temperatura corpurilor; pentru aceasta s'a convenit a se luà corpul la temperatura de 0° C., iar apa la temperatura de 4° C.

Fiindcă este foarte greu a menţine apa la temperatura de 4° C., se determină densitatea corpului în raport cu apa la temperatura de zero grade. Dacă d' este densitatea corpului în raport cu apa la 0° C, pentru a aveà densitatea d a corpului în raport cu apa la 4° C, vom îmulţì d' cu 0,9998, care reprezintă densitatea apei la 0°.

In adevăr, fie P greutatea corpului la 0°; P′ greutatea unui volum de apă egal cu volumul corpului la 0° şi P'_4 greutatea aceluiaş volum de apă la temperatura de 4° C.

Putem scrie identitatea:

$$\frac{P}{P'_4}=\frac{P}{P'}\times\frac{P'}{P'_4}$$

Insă, $\frac{P}{P'_4}$ reprezintă densitatea relativă d în raport cu apa la temperatura de 4° C; $\frac{P}{P'}$ densitatea d' în raport cu apa la 0° C., şi care este determinată experimental; în fine $\frac{P'}{P'_4}$ reprezintă densitatea apei la 0° C. în raport cu apa la 4° C. şi care are drept valoare 0,9998.

Avem deci:

$$d=d'\times 0{,}9998.$$

Metoda flaconului. — Această metodă a fost indicată de Klaproth pe la finele secolului XVIII. Ea a fost perfecţionată pe la mijlocul secolului trecut de către Regnault. Din toate metodele de determinare a densităţilor solidelor sau licidelor, ea este aceea care dă rezultatele cele mai precise.

Vom indicà succesiv modul de procedare, prin această metodă, la determinarea densităţilor corpurilor solide şi licide.

Determinarea densităţilor corpurilor solide prin metoda flaconului. Flaconul *a* (fig. 98), care serveşte la determinarea densităţilor solidelor, având forma unuì balonaş, este de sticlă subţire şi este prevăzut cu un gât în care intră dopul de sticlă *bd*. Acest dop, deschis la ambele capete, este format din tubul dela basă mai larg *b*, intrând cu frecare în gâtul balonului; este apoi continuat prin un tub capilar şi se termină prin pâlnia *d*. Pe tubul capilar este trasă linia c, care serveşte ca linie de reper.

Fig. 98.

Pentru a determinà densitatea unui corp solid insolubil în apă, de exemplu a ferului, procedăm astfel: se umple flaconul *a* cu apă distilată şi se introduce dopul *bd* în flacon. Apa din flacon va umpleà dopul până la pâlnia *d*. Se pune apoi balonul în ghiaţă care se topeşte şi a cărei temperatură este, prin urmare, de 0° C. Se aşteaptă câtva timp aşà că apa din balon să aibă temperatura de 0° C. Apa trecând dincolo de punctul fix *c*, vom introduce în pâlnia *d* hârtie sugătoare care va absorbì apa; vom face astfel ca nivelul apei să vină până în punctul fix *c*. Am închis astfel un volum determinat de apă la temperatura de 0° C.

Scoatem flaconul din ghiaţă, îl ştergem şi îl lăsăm să ià temperatura ambiantă a camerei, în care operăm.

Punem apoi flaconul pe unul din discurile balanţei şi alături cu el, pe acelaş disc, corpul solid a cărui densitate voim a aflà. Punem pe celalt disc al balanţei alice de plumb, etc., până ce acul balanţei se opreşte la diviziunea zero; luăm astfel tara flaconului plin cu apă şi a corpului.

Luăm corpul de pe discul balanţei şi-l înlocuim cu greutăţi marcate până ce acul revine din nou la zero. Fie P grame greutăţile marcate. P grame reprezintă greutatea corpului solid.

Se ià apoi flaconul de pe disc împreună cu greutăţile marcate. Se scoate dopul şi se introduce corpul solid în flacon. Inchidem flaconul cu dopul *bd*; îl punem din nou în ghiaţă şi cu aceleaşi precauţiuni ca mai sus, după ce am absorbit apa aşà ca nivelul ei să vină în *c*, şi am lăsat flaconul să ià temperatura ambiantă, îl punem din nou pe acelaş disc al balanţei.

Pentru ca balonul plin cu apă, în care s'a introdus corpul, să fie echilibrat de aceiaş tară, experienţa arată că trebue să punem greutăţi marcate P′ grame pe discul unde se află balonul.

Greutatea P′ grame reprezintă greutatea volumului de apă dislocuit de corp la temperatura de 0° C.

Deci P şi P′ fiind greutăţile aceloraşi volume ale solidului şi ale apei la 0° C, raportul $\frac{P}{P'}$ reprezintă densitatea corpului în raport cu apa la 0° C.

Pentru a aveà densitatea solidului în raport cu apa la 4° C, vom îmulţi, după cum s'a văzut, $\frac{P}{P'}$ prin 0,9998.

Să observăm că, în modul de operaţiune descris, cântăririle s'au făcut prin metoda dublei cântăriri, care dă rezultate destul de precise chiar cu o balanţă care nu ar fi justă.

Determinarea densităţii licidelor prin metoda flaconului. Flaconul descris la determinarea densităţii solidelor poate servì şi la licide. In general, pentru licide ne servim de un flacon de formă specială (fig. 99). Acest flacon de sticlă este format din rezervoriul cilindric *a*, continuat prin un tub capilar, pe care este trasă o linie fixă *b* şi terminat prin un tub mai larg *c* în formă de pâlnie. Flaconul poate fi astupat de un dop plin *d*, ceeace este util în cazul licidelor volatile. Putem menţine flaconul vertical, fixându-l la un suport.

Fig. 99.

Iată în ce mod operăm cu acest flacon. Se umple flaconul cu licidul, a cărui densitate voim s'o aflăm, şi în urmă îl introducem în ghiaţă care se topeşte. Se absoarbe apoi cu hârtie sugătoare escesul de licid, care trece peste linia fixă *b*. Când licidul din flacon are temperatura de 0° C, scoatem din ghiaţă flaconul, îl ştergem şi-l lăsăm să ià temperatura camerei în care operăm. Punem, în urmă, flaconul pe unul din discurile balanţei şi-i facem tara.

Luăm flaconul de pe disc, îl golim de licid, îl uscăm în interior şi-l punem din nou pe acelaş disc al balanţei. Pentru ca balanţa să fie echilibrată de aceiaş tară, trebue să punem greutăţi marcate pe discul cu flaconul gol. Fie P grame acele greutăţi ; P grame reprezintă greutatea volumului de licid închis în flacon până la punctul fix *b* la 0° C.

Operăm în acelaş mod cu apa distilată. Fie P′ grame, greutăţile marcate puse pe discul pe care se află balonul gol în această a doua operaţiune. P′ reprezintă greutatea unui volum de apă, egal cu volumul licidului dat, la temperatura de 0° C.

Raportul $\frac{P}{P'}$ reprezintă densitatea licidului în raport cu apa la 0° C. Pentru a aveà densitatea licidului în raport cu apa la 4° C, vom multiplicà $\frac{P}{P'}$ cu 0,9998.

Determinarea densităţilor corpurilor solide şi licide cu balanţa hidrostatică. — Această metodă prezintă mai puţină preciziune decât metoda flaconului.

Densitatea solidelor cu balanţa hidrostatică. Se atârnă corpul solid (fig. 100), a cărui densitate voim să aflăm, la discul *c* a unei balanţe hidrostatice prin ajutorul unui fir subţire de metal, de exemplu de platină sau de fer. Se pune în celalt disc *a* greutăţi şi se face tara.

Se desface corpul de fir. Pentru a aveà echilibrul balanţei cu aceiaş tară pusă în discul *a*, trebue să punem pe discul *c* greutaţile marcate P grame, cari reprezintă greutatea corpului solid. Se vede de acì că corpul solid a fost cântărit prin metoda dublei cântăriri.

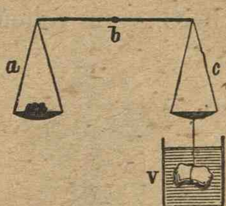


Fig. 100.

Se leagă apoi solidul din nou de discul *c* prin ajutorul firului, şi se introduce sub corp vasul V plin cu apă distilată la temperatura de 0° C. In acest vas cufundăm corpul solid. Balanţa se va înclinà spre discul *a* şi pentru a revenì la echilibrul primitiv, trebue a pune în discul *c* o greutate marcată de P′ grame.

Aceste P′ grame reprezintă greutatea volumului apei la 0°, egal cu volumul corpului la 0°. In adevăr, conform principiului lui Archimede, solidul introdus în apă la 0° perde o parte din greutatea sa egală cu greutatea volumului de apă dislocuit. Perderea greutăţii corpului măsurată prin P′ grame reprezintă greutatea unui volum de apă egal cu volumul corpului dat la 0°.

Raportul $\frac{P}{P'}$ este densitatea solidului în raport cu apa la 0°; acest raport multiplicat cu 0,9998 reprezintă densitatea solidului în raport cu apa la 4° C.

Densitatea licidelor cu balanța hidrostatică. Balanța hidrostatică este de asemenea întrebuințată la determinarea densității licidelor.

Să presupunem că voim a determinà densitatea alcoolului. Se atârnă de discul *c* al balanței hidrostatice (fig. 100), prin ajutorul unui fir subțire, o sferă de sticlă în care s'a introdus prealabil alice de plumb, nisip etc. pentru a fi mai grea. Se pune apoi pe discul *a* diferite greutăți pentru a luà tara sferei.

Se cufundă în urmă sfera în un vas V cu alcool la 0° C. Sfera fiind complect cufundată în licid, va perde, conform principiului lui Archimede, o parte din greutatea sa egală cu greutatea volumului de licid dislocuit. Pentru a aveà orizontalitatea balanței, vom pune pe discul *c* greutatea marcată P grame, care va reprezintà greutatea volumului alcoolului dislocuit de sferă la 0° C.

Operând în un mod analog și pentru apa distilată la 0° C, vom vedeà că va trebuì să punem pe discul *c* greutatea P′ grame, pentru a aveà echilibrul balanței cu aceiaș tară.

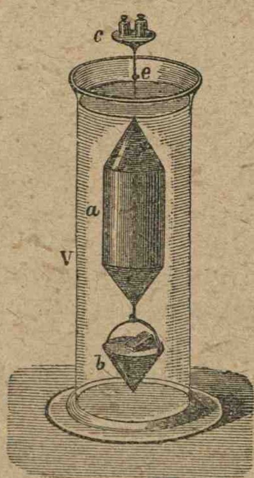


Fig. 101.

P și P′ reprezintă greutățile respective a două volume egale de alcool și apă la 0° C.

Raportul $\frac{P}{P'}$ reprezintă densitatea alcoolului în raport cu apa la 0° C;

$\frac{P}{P'} \times 0,9998$ este densitatea alcoolului în raport cu apa la 4° C.

Determinarea densităților solidelor și licidelor prin metoda areometrelor. — Cea mai puțin precisă din metodele de determinare a densităților este acea efectuată prin ajutorul instrumentelor numite areometre. Singurul avantagiu este o determinare expeditivă a densităței.

Densitatea unui solid determinat cu areometrul lui Nicholson. Areometrul lui Nicholson (fig. 101) se compune din un vas metalic *a* de tinichea sau de cupru, de formă cilindrică, terminat la cele două base prin două conuri. De conul inferior se atârnă un coşuleţ *b*, în care se pun alice de plumb pentru a fi mai greu. De conul superior este lipită o vergea terminată prin discul *c*, pe care se pot pune şi greutăţi. Pe vergea este trasă o linie *e*, care serveşte ca linie de reper.

Pentru a determinà densitatea unui solid, se introduce areometrul în vasul V, care conţine apă destilată la 0° C. Se pune corpul pe discul *c* precum şi greutăţi suficiente, aşà că areometrul să se cufunde în licid până ce linia fixă *e* va fi la acelaş nivel cu suprafaţa liberă a apei.

Se ià apoi corpul de pe discul *c* şi se înlocueşte cu greutăţi marcate. Fie P grame aceste greutăţi; P grame reprezintă greutatea corpului solid.

In urmă, se ià greutăţile marcate P grame de pe discul *c*; se scoate areometrul din apă şi se pune corpul în coşuleţ după cum se vede în figură. Se introduce din nou areometrul în apă. Pentru ca linia *e* a areometrului să fie la acelaş nivel cu apa din vasul V, va trebuì să punem pe discul *c* greutatea marcată P′ grame. P′ va reprezintă greutatea unui volum de apă distilată egal cu volumul corpului la temperatura de 0° C.

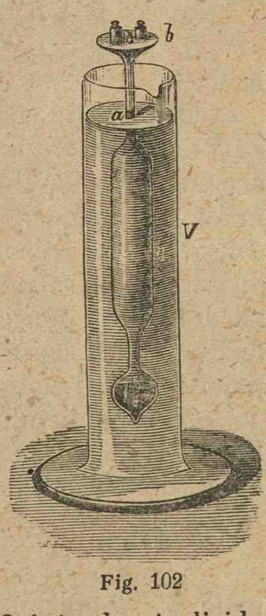


Fig. 102

Cocientul $\frac{P}{P'}$ reprezintă deci densitatea solidului în raport cu apa la 0° C.

Determinarea densităţii unui licid cu areometrul lui Fahrenheit. Areometrul lui Fahrenheit (fig. 102) este format din un cilindru, prevăzut la capătul inferior cu o băşică în care se poate introduce mercur sau alice de plumb, pentru a face aparatul mai greu şi a se puteà cufundà în licide. Capătul de sus al cilindrului este continuat prin un tub, pe care se fixează discul *b*, pe care se pune greutăţi. Pe tub este trasă linia de reper *a*.

Areometrul Fahrenheit trebuind a fi introdus în licide, cum sunt de exemplu acizii, cari atacă metalele, este construit în întregul lui numai de sticlă.

Să vedem în ce mod putem determinà densitatea unui licid cu areometrul lui Fahrenheit.

Se cântăreşte odată pentru totdeauna areometrul. Fie p grame această greutate.

Se introduce apoi areometrul în licidul la 0^{0} conţinut în vasul V şi a cărui densitate o căutăm. Pentru ca areometrul să se cufunde în licid până la linia de reper a, va trebuì să punem pe discul b greutatea marcată P grame. Greutatea $P + p$ reprezintă greutatea unui volum de licid la 0^{0} egal cu volumul areometrului până la linia fixă a.

Scoatem acum areometrul din licid, îl ştergem şi-l introducem din nou în vasul V, în care se află acum apă distilată la 0^{0} C. Pentru ca areometrul să se cufunde în apă până la linia a, va trebuì să punem pe discul b greutatea marcată P' grame. In acest caz $P' + p$ reprezintă greutatea la 0^{0} a unui volum de apă egal cu volumul areometrului până la linia fixă.

Deci, $P + p$ şi $P' + p$ reprezintă greutăţile a două volume egale de licid şi de apă la 0^{0} C.

Câtul $\frac{P + p}{P' + p}$ este densitatea licidului în raport cu apa la 0^{0} C.

Densităţile corpurilor solubile în apă.— Să presupunem că voim a determinà densitatea unui corp solubil în apă, de exemplu densitatea sacharului. Pentru aceasta, vom căutà ma întâiu densitatea d' a solidului în raport cu un licid, în carei corpul nu se dizolvă; de exemplu, se va căutà densitatea sacharului în raport cu esenţa de terebentină. In urmă, se va determinà densitatea d'' a licidului în raport cu apa. Productul $d'd''$ a acestor densităţi reprezintă densitatea d a corpului solid în raport cu apa.

Ne propunem a demonstrà exactitatea relaţiunii $d = d'd''$. Fie P, P', P'' greutăţile volumelor egale de sachar, lichid şi apă. Vom scrie identitatea:

$$\frac{P}{P''} = \frac{P}{P'} \times \frac{P'}{P''}, \tag{1}$$

unde, $\frac{P}{P''}$ reprezintă densitatea d a solidului în raport cu apa,

$\frac{P}{P'}$ densitatea d' a solidului în raport cu licidul,

$\frac{P'}{P''}$ densitatea d'' a licidului în raport cu apa.

Inlocuind aceste valori în relaţiunea (1), obţinem:

$$d = d' \times d''.$$

Densitatea câtorva corpuri din cele mai importante. — Vom indică aci densităţile câtorva corpuri solide şi licide din cele mai importante.

Densităţile câtorva elemente în stare solidă:

Aluminiu	topit	2,50
	laminat	2,67
Argint		10,5
Aur		19,25 până la 19,37
Bismut		9,8
Carbon	antracit	1,3 până la 1,8
	diamant	2,5 până la 3,55
	grafit	2,1 până la 2,2
Cupru	electrolitic	8,91
	laminat	8,95
Fer	topit	7,25
	bătut cu ciocanul	7,4 până la 7,9
Magnesiu		1,75
Nickel		8,6 până la 8,8
Platina		21,15 până la 21,7
Plumbul		11,35 până la 11,45
Potasiu		0,865
Sodiu		0,972
Staniu		7,285 până la 7,293
Zinc		6,86 până la 7,2

Densităţile câtorva solide uzuale:

Cauciuc	0,93
Ceară	0,96
Ebonit	1,15
Fildeş	1,8
Ghiaţă	0,92
Guttapercha	0,97
Lemn de brad	0,66
Lemn de ştejar	0,9

Marmoră	2,7
Parafină	0,87
Plută	0,24
Porcelană	2,15 până la 2,3
Sticlă ordinară	2,55

Densităţile câtorva licide uzuale :

Apă destilată la 4° C.	1,000
Apă de mare	1,026
Acid azotic	1,217
Acid sulfuric	1,841
Alcool absolut	0,791
Esenţă de terebentină	0,870
Ether	0,716
Mercur	13,596
Unt-de-lemn	0,815

Dacă observăm densităţile solidelor din acest tablou, vedem că ele variază cu starea fizică. Astfel, densitatea ferului topit este 7,25 ; pe când dacă luăm densitatea ferului bătut cu ciocanul sau tras prin laminoriu, o găsim variând între 7,4 până la 7,9.

Utilizarea tablourilor de densităţi relative pentru aflarea densităţilor absolute şi a greutăţilor specifice absolute în sistemul de unităţi C. G. S.

Densităţile din tabloul de mai sus sunt densităţile relative. Să presupunem că voim a aflà densităţile absolute în sistemul C. G. S., cunoscând densităţile relative. Se ştie că densitatea relativă d este raportul între densitatea absolută δ a corpului şi densitatea absolută δ' a apei distilate la 4° C. Avem deci :

$$(1) \qquad d = \frac{\delta}{\delta'}.$$

Insă, în sistemul C. G. S. densitatea absolută a apei distilate la 4° C. este massa unui centimetru cub de apă la 4° C, care valorează un gram ; deci $\delta' = 1$. Prin urmare relaţiunea de mai sus se reduce la : $d = \delta$.

Ajungem la concluziunea că în sistemul de unităţi C. G. S. densitatea absolută a unui corp solid sau licid precum şi densitatea sa relativă sunt exprimate prin acelaş număr.

Numerile din tabloul de mai sus vor reprezintà în sistemul de unităţi C. G. S. atât densitatea relativă cât şi densitatea absolută a corpului.

Putem utilizà tabloul de densităţi pentru aflarea greutăţei specifice absolute a corpului. Se ştie că; dacă p reprezintă greutatea specifică absolută a corpului, δ densitatea sa absolută şi g, acceleraţiunea gravităţei, avem relaţiunea:

$$p = \delta g.$$

Prin urmare, pentru ca să avem greutatea specifică absolută p în unităţi C. G. S., va trebuì să înmulţim densitatea sa absolută (dată prin tablou) prin acceleraţiunea gravităţei exprimată în centimetri; p va fi atunci exprimată în dyne. Fiindcă g variază, după cum se ştie, pe faţa pământului cu locul de observaţiune, greutatea specifică absolută va fi şi ea variabilă.

Astfel, pe când densitatea apei la 4° C. este egală cu unitatea în orce loc pe suprafaţa pământului, greutatea sa specifică absolută este 978,1 dyne la ecuator şi 980,5 dyne la Bucureşti; de asemenea, densitatea mercurului la 0° este 13,59 în orce loc pe pământ, pe când greutatea sa specifică este 13,59 × 978,1 dyne la ecuator şi 13,59 × 980,5 dyne în Bucureşti.

Areometre. Volumetre. Densimetre. Metode diverse pentru determinarea densităţii solidelor şi licidelor.

Areometre.—Am văzut că pentru determinarea densităţei solidelor ne putem servì de areometrul lui Nicholson, iar pentru densităţile licidelor de areometrul lui Fahrenheit. In aceste determinări, două echilibrări ale areometrului, cari cer câtva timp, sunt necesare. In practica zilnică având necesitate de o determinare expeditivă, s'a adoptat areometrele numite *areometre cu greutate constantă şi volum variabil*, pe când areometrelor lui Nicholson şi Fahrenheit, cari conservă acelaş volum şi numai greutatea lor variază, li s'au dat numele de *areometre cu volum constant şi greutate variabilă*.

Areometre cu greutate constantă. Areometrele lui Beaumé.—*Areometrele cu greutate constantă* sunt nişte instrumente, cu ajutorul cărora putem determinà concentrarea unui licid, adică proporţiunea de apă conţinută într'un licid.

In adevăr, în industrie, comerciu sau economia domestică, nu avem atât necesitate de a cunoaşte densitatea unui licid, cât proporţiunea de apă cu care licidul este amestecat. Aceasta explică întrebuinţarea acestor areometre.

Areometrele cu greutate constantă sunt formate din un tub cilindric de sticlă *a* (fig. 103), continuat prin un tub mai larg *b* şi care are la partea de jos o beşică *c*, care conţine mercur sau alice de plumb, pentru ca instrumentul să aibă o greutate mai mare şi să se poată cufundà în licide.

Unul din areometrele cele mai răspândite este areometrul lui Beaumé. Beaumé a construit două tipuri de areometru, după cum voim a determinà concentrarea licidelor mai grele sau mai uşoare decât apa.

Areometrul lui Beaumé pentru licide mai dense decât apa. Acest areometru este întrebuinţat pentru determinarea concentrărei acizilor, disoluţiunilor saline, siropurilor, a căror densitate este mai mare decât a apei.

Gradaţiunea acestui areometru se face în modul următor: Se pune în beşica *c* a areometrului (fig. 103), greutatea necesară pentru ca instrumentul introdus în apa distilată să se cufunde până aproape de vârful său. Se notează cu zero linia unde areometrul atinge suprafaţa liberă a apei.

Fig. 103.

Se introduce apoi areometrul în o soluţiune formată de 15 părţi în greutate de clorur de sodiu (sare de bucătărie) şi 85 părţi apă (de exemplu, 15 grame clorur de sodiu şi 85 grame apă). Această soluţiune fiind mai grea decât apa (densitatea ei este 1,116), areometrul se va cufundà mai puţin. Se însemnă cu 15 linia unde areometrul atinge suprafaţa liberă a soluţiunei. Intervalul dela 0 la 15 se divide în 15 părţi egale şi diviziunile se prelungesc mai departe în jos pe tub. Pentru ca areometrul să poată servì la determinarea concentraţiunei acizilor, trebue să aibă un tub destul de lung pentru ca diviziunile să poată fi continuate până la 70. Diviziunile se numesc gradele areometrului. Gradaţiunea este făcută la 12°,5 C. sau 10° Réaumur.

Se vede că gradarea acestui areometru fiind cu totul arbitrară, instrumentul nu ne va indicà nici densitatea nici cantitatea sărei dizolvate în apă. El serveşte a arătà dacă o soluțiune oarecare are o concentrare determinată. Astfel, areometrul va trebuì să indice 66 grade când îl introducem în acidul sulfuric concentrat, 36 grade în acidul azotic, 22 grade în acidul clorhidric ordinar; de asemenea, 35 grade în siropuri etc.

Areometrul lui Beaumé pentru licide mai ușoare decât apa. Acest areometru (fig. 104) se gradează în modul următor. Greutatea areometrului este astfel potrivită, prin introducerea unei cantități de mercur în bešica *c*, că cufundat în o soluțiune formală de 10 părți în greutate de clorur de sodiu și 90 părți apă (densitatea soluțiunei 1,0847), să se cufunde până la basa tubului cilindric *a*. Se însemnă cu zero linia areometrului, care este la nivelul suprafeței libere a soluțiunei.

Fig. 104.

Introdus apoi în apă distilată, areometrul se va cufunda mai mult; se însemnă cu 10 linia areometrului la nivelul apei. Intervalul dela 0 la 10 este divizat în 10 părți egale și aceste diviziuni sunt continuate până la capătul tubului *a*.

Gradațiunea se face la 12°,5 C. (10° R.).

Ca și precedentul, acest areometru indică numai dacă un licid are o concentrare determinată. Astfel, introdus în eterul ordinar din comerciu, instrumentul trebue să indice 36 grade; în eterul rectificat, 65 grade etc.

Alcoometrul centesimal a lui Gay-Lussac. — Alcoometrul lui Gay-Lussac este un areometru cu greutate constantă și volum variabil; el indică proporțiunea în volum de alcool conținut în un amestec de alcool și apă. Gradațiunea acestui alcoometru (fig. 105) se face astfel. Se prepară în vase divisate în centimetri cubi amestecuri de alcool și apă destilată în diverse proporțiuni; de exemplu, 10 centimetri cubi alcool și 90 centimetri cubi apă; 20 c. c. alcool și 80 c. c. apă etc.

Fig. 105.

Se introduce mai întâiu alcoometrul în alcool absolut și se pune în bașica *a* o greutate suficientă pentru ca alcoometrul să se cufunde în alcool pur până la capătul de sus. Se însemnă cu 100 linia alcoometrului care este la acelaș nivel cu suprafața liberă a licidului.

Se cufundă apoi alcoometrul succesiv în amestecuri formate de 90, 80, 70 etc., părţi în volum de alcool şi 10, 20, 30 etc. părţi de apă distilată. Se însemnează cu 90, 80, 70 etc. liniile alcoometrului la nivelul amestecului. In fine, se va introduce alcoometrul în apă curată şi se va notà cu zero linia instrumentului la nivelul apei.

Experienţa arată că distanţele între 100, 90, 80 etc. diviziuni nu sunt egale între ele, dar fiindcă diferă prea puţin le putem divide pe fiecare din ele în 10 părţi egale. Alcoometrul va fi astfel divizat în 100 părţi; de aci numirea de *alcoometru centesimal* dat acestui areometru.

Când voim a cunoaşte proporţiunea de alcool conţinut în un amestec, vom introduce alcoometrul în licid şi vom observà ce diviziune corespunde la nivelul licidului; fie 75 acele diviziuni. Aceasta indică că alcoometrul conţine 75 la sută în volum alcool.

Trebue a observà că gradaţiunea alcoometrului este făcută la 15° C. Când voim a cunoaşte proporţiunea de alcool din un amestec la o temperatură diferită de 15° C., ne vom servì de nişte table de corecţiune anume construite de Gay-Lussac.

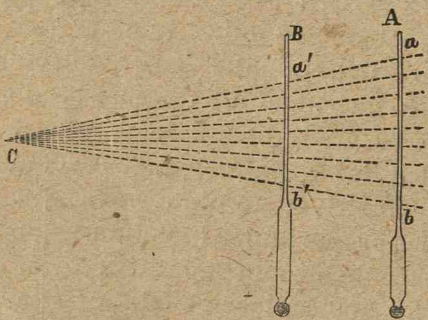


Fig. 106.

Alcoometrul se întrebuinţează exclusiv la amestecurile de alcool şi apă. Dacă am voi să determinăm proporţiunea de alcool din vin, va trebuì să luăm un volum determinat de vin, să'l distilăm şi să culegem alcoolul. La alcoolul astfel obţinut vom adăogà un volum de apă suficient pentru a reproduce volumul iniţial de licid. Vom cufundà apoi alcoometrul în amestecul de alcool şi apă; indicaţiunile alcoometrului ne va dà proporţiunea de alcoolul conţinut în volumul iniţial de vin. Motivul, pentru care operăm astfel, este că vinul pe lângă apă şi alcool conţine şi alte substanţe.

Din cauză că gradaţiunea unui alcoometru cere timp şi oarecari precauţiuni, se gradează mai întâiu un *alcoometru tip*, după metoda indicată mai sus; celelalte alcoometre se gradează în raport cu *alcoometrul tip*.

Fie A *alcoometrul tip* (fig. 106), unde punctele *a* şi *b* reprezintă respectiv 100 şi 0 diviziuni ale alcoometrului. Se pune alcoometrul tip pe o foaie de hârtie; se ià un punct arbitrar C şi se uneşte prin linii drepte punctul C cu *a* şi *b*; se duc de asemenea drepte dela C la fiecare din diviziunile alcoometrului tip. Se uneşte apoi punctele *a* şi *b* prin linia dreaptă *ab*.

Pentru a gradà un alcoometru oarecare B, se determină mai întâiu punctele fixe 100 şi 0, punându-se direct alcoometrul în alcool şi apă. Fie *a'* şi *b'*, poziţiunile corespunzătoare pe alcoometrul B la 100 şi 0 diviziuni.

Se pune alcoometrul B pe foaia de hârtie, aşà ca tubul să fie paralel cu *ab* şi se caută prin încercări ca distanţa *a' b'* să fie cuprinsă între liniele extreme duse dela punctul C la *a* şi *b*. Intersecţiunele tubului alcoometrului B cu liniele intermediare duse din C corespund cu diviziunile notate pe alcoometrul A. Se va notà deci pe alcoometrul B diviziunile corespunzătoare dela alcoometrul tip. Gradarea este bazată pe proporţionalitatea diviziunilor alcoometrelor A şi B.

Alcoometrul tip serveşte nu numai la gradarea altor alcoometre, dar încă a se verificà dacă un alcoometru oarecare gradat este exact sau nu.

Generalizarea gradaţiunei centesimale. Gradaţiunea centesimală s'a aplicat şi la alte areometre, cari indică proporţiunea în greutate de sare conţinută în o disoluţiune. Astfel, să presupunem că voim a construì un areometru care să indice cantitatea de carbonat de sodiu conţinut în o disoluţiune. Se va introduce mai întâi areometrul în apă curată, apoi în soluţiuni coprinzând 5, 10, 15, 20 etc. părţi în greutate de sare şi restul până la 100 de apă. Se va notà cu 5, 10, 15, 20 etc. liniele areometrului cari coincid cu suprafaţa liberă a licidului.

Un asemenea areometru nu se întrebuinţează decât numai la soluţiunea pentru care a fost gradat. Se vor construì, prin urmare, areometre distincte pentru carbonatul de sodiu, sulfatul de zinc, sulfatul de cupru etc.

Volumetre. Densimetre. — Se numeşte *volumetru* un instrument care indică volumul ocupat de o greutate oarecare de licid în raport cu volumul ocupat de aceeaşi greutate de apă.

Volumetrele au forma areometrelor cu greutate constantă. Un model de volumetru exact (fig. 107) este acel ce se prezintă sub forma unui tub cilindric în toată lungimea sa. Pentru a gradà un volumetru, vom pune în tub o greutate suficientă de mercur, pentru ca introdus în apă distilată să se cufunde până aproape de vârf. Vom notà cu 100 linia volumetrului la nivelul apei.

Fig. 107.

Vom introduce apoi volumetrul în un licid, a cărui densitate este cunoscută, de exemplu $\frac{4}{3}$. Instrumentul fiind cufundat în un licid mai greu decât apa, va dislocuì un volum de licid mai mic ; prin urmare, o parte din tubul cilindric va eşì afară din licid. Fie V volumul ocupat de volumetru în ~~apă~~ licid. Aceeaşi greutate P de apă şi de licid fiind dislocuită de volumetru în ambele cazuri, şi ştiind că greutatea a unui corp este egală cu volumul înmulţit cu densitatea, vom puteà scrie pentru apă şi pentru licid relaţiunea :

$$P = 100 \times 1 = V \times \frac{4}{3}.$$

Deducem de acì : $V = 100 \times \frac{3}{4} = 75$. Vom însemnà cu 75 linia volumetrului la nivelul licidului ; vom divide intervalul între 100 şi 75 în 25 părţi egale şi vom continuà aceste diviziuni mai departe până la baza tubului. In acest mod, volumetrul este divizat în părţi de egală capacitate. Se dă numele de grade, diviziunilor făcute pe volumetru.

Dacă voim a cunoaşte volumul ocupat de un licid a cărui densitate este mai mare decât a apei, vom introduce volumetrul în licid şi vom observà diviziunea n care corespunde cu nivelul licidului. Aceasta ne va indicà că, volumul ocupat de n diviziuni de capacitate ale licidului (n grade) au aceeaşi greutate ca şi 100 diviziuni de capacitate (100 grade) ale apei.

Densimetre. Putem uşor transformà volumetrele în *densimetre*, adică în areometre cari să poată indicà densitatea unui licid. Să presupunem, în adevăr, că un volumetru introdus succesiv în apă şi în un licid se opreşte la diviziunile 100 şi n.

Dacă P este greutatea volumetrului, care este în acelaşi timp greutatea volumului corespunzător la 100 diviziuni de capacitate a apei de densitate egală cu unitatea precum şi a

n diviziuni de capacitate a licidului de densitate necunoscută x, vom aveà:

$$P = 100 \times 1 = n \times x,$$

de unde deducem:

$$x = \frac{100}{n}.$$

Pentru a transformà un volumetru în densimetru este de ajuns a scrie în faţa diviziunilor trase pe volumetru valorile densităţilor corespunzătoare.

Echilibrul licidelor suprapuse. Echilibrul licidelor în vase comunicante. Aplicaţiuni.

Echilibrul licidelor suprapuse.—Să presupunem că amestecăm în acelaş vas mai multe licide de densităţi diferite şi cari nu au nici o acţiune chimică între ele. Experienţa ne va arăta că: 1°) ele se vor aşezà după mărimea densităţilor lor, aşà că licidul cel mai greu se va aşezà la fundul vasului, iar cel mai uşor la suprafaţă; 2°) suprafaţa liberă va fi plană şi orizontală; 3°) suprafeţele de separaţiune ale licidelor vor fi de asemenea plane şi orizontale.

Putem demonstrà experimental că suprapunerea mai multor licide se face în modul indicat mai sus. Se introduce în un flacon (fig. 108) mercur, apă şi uleiu, aceste licide neavând nici o acţiune chimică între ele. Dacă agităm flaconul şi apoi îl lăsăm în repaus, se constată că licidele se suprapun după ordinul densităţilor lor; astfel, mercurul M fiind cel mai dens se va aşeza la fundul vasului; peste mercur se va suprapune apa A şi apoi uleiul U. Vom puteà încă constata că suprafaţa liberă este plană şi orizontală; de asemenea, suprafeţele de separaţiune între mercur şi apă sau apă şi uleiu sunt plane şi orizontale.

Fig. 108.

Putem dovedì teoretic aceste rezultate.

a) In adevăr, licidele având densităţi diferite, pentruca massa licidă să fie în echilibru, trebueşte ca moleculele unui licid mai greu, cari s'ar afla în interiorul unui licid mai uşor, să cadă în jos; de aci rezultă suprapunerea licidelor după ordinul de mărime al densităţilor lor.

b) Suprafaţă liberă este plană şi orizontală; demonstraţiunea este identică cu cea stabilită în cazul unui singur licid în echilibru.

c) Suprafaţa de separaţiune între două licide este plană şi orizontală. Să presupunem (fig. 109) că această suprafaţă ar fi inclinată şi ar aveà direcţiunea AB. Să considerăm o moleculă C de pe suprafaţa de separaţiune. Fie P greutatea acestei molecule. Să discompunem greutatea P în două componente: P_1 perpendiculară la AB şi P_2 în direcţiunea lui AB. Componenta P_1 ar aveà drept efect să apese asupra moleculelor aşezate sub ea; din cauză că licidele sunt incompresibile, această componentă este distrusă. Rămâne componenta P_2, care ar mişcà molecula C în direcţiunea BA; însă, în acest caz, massa licidă nu ar mai fi în echilibru.

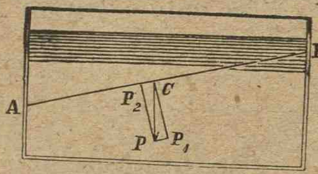


Fig. 109.

Urmează deci că suprafaţa de separaţiune între două licide trebue să fie perpendiculară pe direcţiunea gravităţei în toate punctele suprafeţei; suprafaţa de separaţiune este deci plană şi orizontală.

Nivela cu globula de aer. — Să presupunem că un vas închis este plin cu un licid, în care s'ar aflà o globulă de aer. Experienţa arată că licidul va ocupà fundul vasului şi globula se va aşezà de-asupra licidului. Pe această experienţă este bazată construcţiunea *nivelei cu globula de aer.*

Nivela cu globula de aer (fig 110) este formată din un tub de sticlă AB, închis la amândouă capetele, având o curbură circulară foarte mică. Tubul AB conţine un lichid foarte mobil şi o globulă de gaz; astfel unele nivele conţin apă şi o globulă de aer, alte nivele alcool sau ether şi o globulă de vapoare de alcool sau ether.

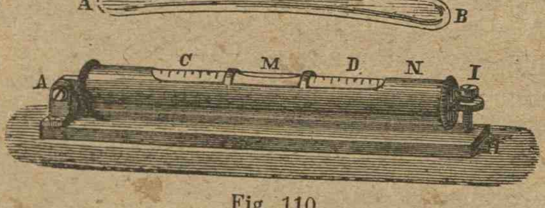


Fig. 110.

Globula de aer aşezându-se în partea cea mai de sus a tubului, se fac pe tub diviziuni echidistante, deopotrivă depărtate de o parte şi de alta a mijlocului M al tubului AB.

Tubul de sticlă AB este introdus în o garnitură metalică N, prevăzută de o deschidere şi fixată pe placa plană H. Nivela este astfel aranjată că planul tangent care trece prin M, mijlocul tubului AB, este paralel cu placa plană H. In acest caz, dacă placa H este aşezată pe un plan orizontal, mijlocul globulei de aer va venì în M, aşà că extremităţile ei vor fi egal depărtate de primele diviziuni din C şi D. Dacă această condiţiune n'ar fi satisfăcută, şurubul I mişcat în mod convenadil permite a stabilì paralelismul planului tangent dus prin M cu placa plană H.

Nivela cu globula de aer serveşte a constatà dacă un plan este orizontal. Pentru ca un plan să fie orizontal, este necesar ca două drepte duse în plan să fie orizontale. Vom constatà deci orizontalitatea unui plan, punând nivela în acel plan în două poziţiuni dreptunghiulare în general; dacă în fiecare din aceste poziţiuni nivela este orizontală, deducem că şi planul este orizontal.

Nivela descrisă ne poate indicà de asemenea orizontalitatea în direcţiunea unei drepte; de exemplu, dacă o lunetă este orizontală.

Putem constatà cu această nivelă verticalitatea unui ax. Dacă axul este perpendicular pe un plan, pentru a verificà verticalitatea axului este destul a ne asigurà dacă planul perpendicular acestui ax este orizontal.

Vase comunicante. Echilibrul unui licid şi a două licide în vase comunicante.—Vom examinà succesiv condiţiunile de echilibru a unui singur licid şi a două licide în vase de formă diferită cari comunică între ele.

1) *Cazul unui singur licid.* Să considerăm mai multe vase, cari comunică între ele, conţinând acelaşi licid. Când licidul este în echilibru, experienţa arată că: 1) *suprafeţele libere a licidului în fiecare din vase sunt orizontale ; 2) licidul se ridică până la aceeaşi înălţime în fiecare din vasele comunicante, aşà că suprafeţele lor libere sunt în acelaşi plan orizontal.*

Putem demonstrà experimental aceste condiţiuni de echilibru, prin ajutorul aparatului următor (fig. 111), format din un rezervoriu de sticlă V, prevăzut la basa sa cu un tub orizontal A. In B se pot adaptà tuburile C,D,E de forme diferite. In R este un robinet, destinat a stabilì sau întrerupe comunicaţiunile între rezervoriul V şi tuburile C, D, E. Pentru a face experienţa, se închide robinetul R şi se umple vasul V cu un licid colorat, după ce am fixat prealabil în B tubul C, de exemplu. Deschizând robinetul R, experienţa arată că licidul descinde din vasul V până când suprafeţele libere din V şi C se vor aflà în acelaşi plan orizontal. Dacă repetăm experienţele cu tuburile D şi E, de formă diferită de C, ajungem la acelaşi rezultat. Experienţa arată încă, că suprafeţele libere ale licidului în fiecare din vasele comunicante sunt ele însăşi orizontale.

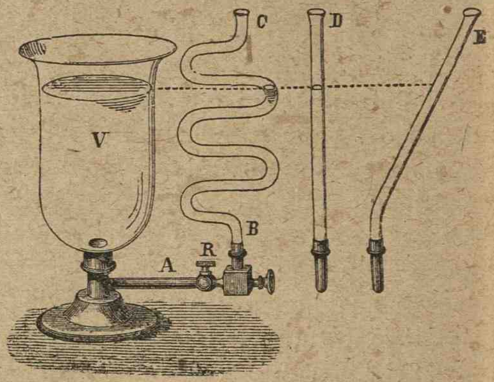


Fig. 111.

Putem demonstrà teoretic aceste condiţiuni de echilibru. Să presupunem că am izolat în tubul de comunicaţiune de la basă a vaselor comunicnate un strat licid vertical. Licidul fiind în echilibru, stratul vertical va suportà presiuni egale şi de sens contrar pe ambele feţe. Presiunea P exercitată pe una din feţe, este egală cu greutatea unei coloane licide, având de bază suprafaţa s şi ca înălţime distanţa i de la centrul de gravitate a suprafeţii s până la suprafaţa liberă a licidului conţinut în unul din vasele comunicante. Dacă d este densitatea licidului, presiunea suportată pe una din feţe este :

$$P = s \times i \times d.$$

Presiunea P′, exercitată pe a doua faţă a suprafeţii s, este greutatea coloanei licide de aceiaşi basă şi având ca înălţime i' distanţa verticală dela centrul de gravitate a suprafeţii s până la suprafaţa liberă a licidului conţinut în cel de al doilea vas comunicant. Această presiune este deci :

$$P' = s \times i' \times d.$$

Licidul fiind în echilibru, presiunile P şi P′ sunt egale. Urmează deci că:

$$s \times i \times d = s \times i' \times d;$$

de unde: $i = i'$.

Toate punctele suprafeţelor libere ale licidului, în vasele comunicante, găsindu-se la aceiaş înălţime de-asupra centrului de gravitate a stratului licid considerat, urmează că: *a)* suprafeţele libere în vasele comunicante sunt orizontale; *b)* aceste suprafeţe se află în acelaş plan orizontal.

2) *Echilibrul a două licide în două vase comunicante.* Când două licide, fără acţiune chimică între ele şi de densităţi diferite, sunt introduse în două vase comunicante, experienţa arată că, când licidele sunt în echilibru, *licidul cel mai greu ocupă tubul de comunicaţiune a vaselor comunicante şi că înălţimile coloanelor licide, dela suprafaţa de separaţiune a licidelor până la suprafeţele libere, sunt în raport invers cu densităţile licidelor.*

Pentru a demonstrà experimental acest fapt, se ià un tub de sticlă (fig. 112) cu două ramuri A şi B, şi se toarnă mai întâi mercur şi apoi apă prin ramura A. Experienţa arată că mercurul va ocupà tubul de comunicaţiune şi se va ridicà în ramura B până la o înălţime oarecare; totodată suprafaţa de separaţiune între cele două licide va fi orizontală.

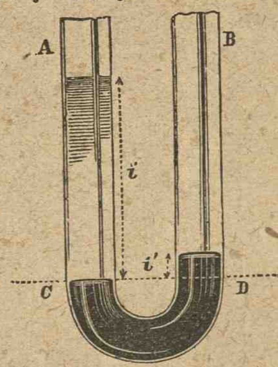


Fig. 112.

Fie CD un plan care trece prin suprafaţa de separaţiune a licidelor. Dacă măsurăm înălţimile i şi i' ale coloanelor de apă şi mercur de-asupra lui CD, găsim că înălţimea coloanei de apă este de 13,6 ori mai mare decât aceia a coloanei de mercur. Insă, fiindcă densitatea mercurului este 13,6, pe când densitatea apei este unitatea, vedem că înălţimile coloanelor licide sunt în raport invers cu densităţile. Dacă, pentru generalitate, i şi i' reprezintă înălţimile coloanelor de apă şi mercur, densităţile acestor licide fiind d şi d', după cele văzute, vom aveà:

$$(1) \qquad \frac{i}{i'} = \frac{d'}{d}.$$

Putem stabilì teoretic relaţiunea (1) în modul următor: Să considerăm două suprafeţe s egale, luate pe planul orizontal CD, ce trece prin suprafaţa de separaţiune a licidelor. Pentru ca licidele să fie în echilibru, va trebuì ca aceste două suprafeţe egale s să suporte presiuni egale. Presiunea exercitată de coloana de apă din ramura A asupra suprafeţei s este $s \times i \times d$, notând cu d densitatea apei. Presiunea suportată de aceiaş suprafaţă s din ramura B este: $s \times i' \times d'$, d' fiind densitatea mercurului. Aceste două presiuni trebuind să fie egale vom aveà:

$$s \times i \times d = s \times i' \times d'.$$

De acì deducem:

$$\frac{i}{i'} = \frac{d'}{d}.$$

Fântâni ordinare. Fântâni artesiane. Jocuri de apă.— Fântânile ordinare, fântânile artesiane, jocurile de apă sunt bazate pe principiul vaselor comunicante, conţinând acelaş licid.

Următoarea experienţă explică jocurile de apă şi fântânile artesiane: Să introducem un licid, de exemplu apă, în vasele comunicante formate din două ramuri A şi B (fig. 113), ramura A fiind mai lungă şi terminată cu un rezervoriu, iar ramura B mai scurtă. Presiunea exercitată de licid asupra părţii terminale a ramurei B, este egală cu acea a unei coloane licide având ca bază suprafaţa extremităţii ramurei B, iar ca înălţime diferinţa de nivel CD între cele două suprafeţe terminale ale licidului. Dacă ramura B este deschisă, licidul va ţişnì din B şi se va ridicà la o înălţime verticală mai mică decât CD, atât din cauza rezistenţei aerului cât şi a frecării moleculelor licidului de pereţii tubului B.

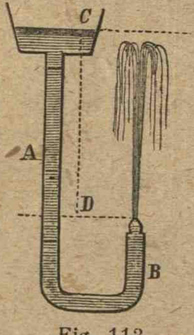


Fig. 113.

Jocurile de apă, unde apa este conţinută în tuburi de înălţimi diferite, sunt o aplicaţiune a experienţei de mai sus.

Fântânele artesiane, sunt nişte găuri verticale făcute în pământ şi din cari apa se ridică la înălţimi mai mult sau maì puţin mari.

Se ştie că scoarţa globului este formată din strate, rare ori orizontale, cele mai dese ori înclinate pe orizont. Din aceste strate, prin unele apa poate străbate cu uşurinţă, precum sunt stratele nisipoase; altele sunt impermeabile, ca stratele de argilă, marnă etc. Să presupunem că un strat permeabil este coprins între două strate impermeabile de argilă. Dacă stratul permeabil este în comunicaţiune cu alte terenuri mai ridicate, prin cari poate stăbate apa de ploaie sau apa din un lac C, de exemplu (fig. 114), apa se va strânge

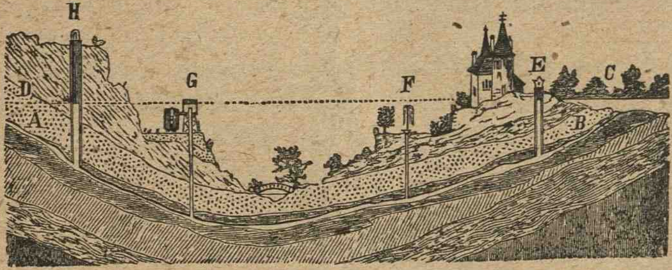


Fig. 114.

în stratul permeabil AB şi nu va putea eşi la suprafaţa pământului din cauza stratului impermeabil, ce 'i este suprapus. Să facem săpături verticale în pământ până la stratul permeabil; unele din ele, ca cele făcute în punctele E şi H de pe faţa pământului, fiind la staţiuni mai înalte decât nivelul CD, apa din stratul permeabil se va ridicà, în virtutea principiului vaselor comunicante, până la nivelul CD; apa din aceste fântâni nu va eşì la suprafaţa pământului. Acestea constituesc *fântânele ordinare.*

Dacă fântânele sunt făcute în punctele F şi G, sub nivelul CD, apa va ţîşnì din fântână la o înălţime cu atât mai mare cu cât diferenţa de nivel între CD şi şi staţiunea dată este mai mare.

Fântânele artesiane au fost cunoscute şi de antici, căci găsim ast-fel de fântâni în China şi Egipt. Li s'a dat numele de *artesiane*, din cauză că în timpurile mai noi au fost săpate astfel de fântâni în vechia provincie Artois din Francia.

Nivela cu apă. Nivelare. — *Nivela cu apă* este un instrument care serveşte la *nivelare*, adică la aflarea diferenţei de înălţime între două puncte. Acest aparat, bazat pe principiul vaselor comunicante, este format din un tub de metal A (fig. 115), terminat la cele două capete prin două tuburi metalice B, C, perpendiculare pe direcţiunea tubului A. In tuburile B şi C pătrund două cilindre de sticlă D şi E, deschise la ambele capete. Tubul este pus pe un trepied F, prin

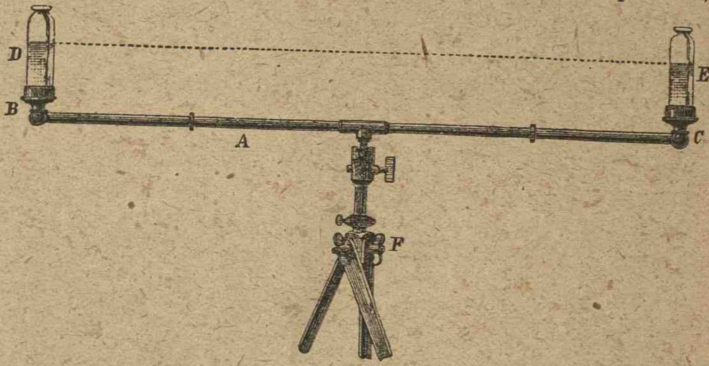


Fig. 115.

ajutorul căruia se poate uşor instala aparatul. Se toarnă apă colorată în nivelă, care constitue un sistem de două vase comunicante. Planul, care trece prin suprafeţele libere ale licidului în vasele D şi E, este un plan orizontal.

Să vedem în ce mod se poate află cu nivela cu apă diferinţa de nivel între două puncte A şi B de pe pământ (fig. 116).

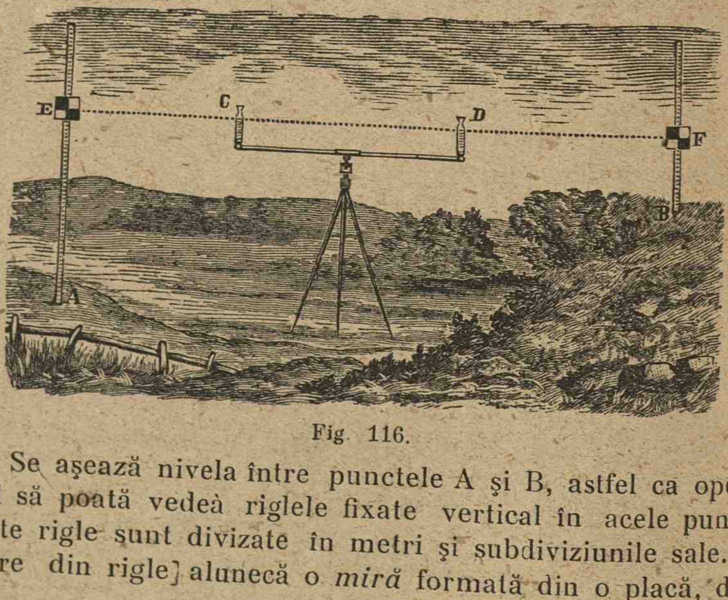


Fig. 116.

Se aşează nivela între punctele A şi B, astfel ca operatorul să poată vedeà riglele fixate vertical în acele puncte. Aceste rigle sunt divizate în metri şi subdiviziunile sale. Pe fiecare din rigle alunecă o *miră* formată din o placă, divizată în patru mici patrate, din cari două sunt colorate în alb şi două în roşu sau negru. Centrul mirei este vârful comun a celor patru patrate.

Operatorul, privind din C, caută ca raza visuală dusă prin planul orizontal CD al suprafeţei libere a apei să treacă prin centrul mirei. Pentru aceasta, va face semn cu mâna unui ajutor al său ca să mişte mira, până ce centrul mirei va venì în direcţiunea razei visuale ce trece prin CD. Fie F această poziţiune a mirei. Se va cetì pe riglă distanţa BF şi se va notà această distanţă.

Operatorul, privind din D, va operà în un mod analog şi pentru staţiunea A. Fie AE înălţimea verticală cetită pe rigla divizată. Diferenţa AE—BF a celor două lecturi este diferenţa de nivel a punctelor A şi B.

CORPURI GAZOASE

Proprietăţile generale ale gazelor. Statica gazelor.

Proprietăţile generale ale gazelor. Forma. Volumul. Expansibilitatea. Forţa elastică. Compresibilitatea. Elasticitatea. Greutatea gazelor. — Vom examinà proprietăţile principale ale gazelor; dintr'aceste proprietăţi, unele au fost studiate.

Un gaz este un *fluid*, care nu are nici *formă determinată* nici *volum determinat*. Pe când un licid, introdus în un vas, are un volum determinat şiià forma vasului care-l conţine, un gaz, de exemplu aerul, are volumul şi forma vasului în care este conţinut.

Am văzut că un licid prezintă o suprafaţă liberă; un gaz însă nu are o *suprafaţă liberă*.

Moleculele gazelor tind a se depărtà între ele şi a ocupà un volum din ce în ce mai mare. Această proprietate a gazelor, numită *expansibilitate*, se poate demonstrà experimental cu ajutorul unei beşici (fig. 1), în care s'a închis o mică cantitate de aer. Punând beşica sub un clopot de sticlă, din care se scoate parţial aerul, experienţa arată că beşica se va umflà; prin urmare, volumul aerului din beşică se va mări din ce în ce mai mult.

Un gaz exercită o apăsare asupra pereţilor vasului în care este închis, căreia i se dă numele de *forţă elastică, tensiune* sau *presiune*.

Pe când licidele sunt fluide foarte puţin compresibile însă perfect elastice, gazele sunt fluide *foarte compresibile* şi *perfect* *elastice*. Se poate pune în evidenţă marea compresibilitate a gazelor, sub influenţa unor puteri mici exercitate asupra lor, precum şi perfecta lor elasticitate prin un aparat (fig. 2) format din un cilindru de sticlă închis la un capăt şi în care străbate un piston. Apăsând asupra pistonului, volumul gazului din cilindru se va reduce din ce în ce mai mult ; aceasta probează *expansibilitatea* gazului. Incetând a mai apăsà asupra gazului, fluidul va împinge pistonul care va reluà poziţiunea iniţială ; aceasta probează *perfecta elasticitate* a gazelor.

Greutatea gazelor. Aerul atmosferic, precum şi toate gazele, sunt corpuri *grele*. Galileu demonstrâ această proprietate a gazelor, cântărind un balon în care introdusese maĭ întâiu aer la presiunea atmosferică şi apoi aer comprimat. Galileu găsì că balonul umplut cu aer comprimat este mai greu ; de acì deduse că aerul este un corp greu.

Se probează comod greutatea gazelor prin următoarea experienţă datorită lui Otto de Guericke (fig. 117). Se face vidul în un balon de sticlă A, prevăzut cu robinetul R ; se atârnă balonul de unul din discurile unei balanţe hidrostatice, punându-se greutăţi în al doilea disc, pentru ca balanţa să fie în echilibru. Dacă se deschide robinetul R, aerul va intrà în balon şi pârghia balanţei se va înclinà în partea balonului. Aceasta probează că aerul, conţinut în balon, este un corp *greu*. Experienţa poate fi repetată cu orce gaz ; se va constatà că *toate gazele sunt corpuri grele*.

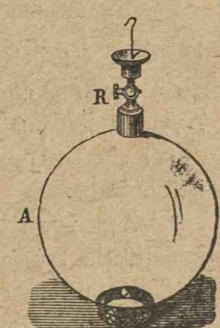


Fig. 117.

Efectuându-se cântăriri, s'a constatat că un litru de aer cântăreşte $1^{gr.}293$; prin urmare, un centimetru cub de aer cântăreşte aproximativ $0^{gr.},0013$.

Obiectul staticei gazelor. — Gazele şi licidele, cunoscute sub numele general de fluide, au câteva proprietăţi comune, cum sunt de exemplu mobilitatea moleculelor şi o perfectă elasticitate. Sunt principii de hidrostatică, aplicabile la licide, cari se aplică în acelaş timp şi la gaze. Reunirea acestor principii, cari exprimă condiţiunile de echilibru ale unui gaz, formează obiectul *staticei gazelor*. Astfel este principiul egalei transmisiuni a presiunilor în un gaz în toate sensurile, principiul lui Archimede aplicat la gaze, etc.

Transmisiunea presiunilor în un gaz în toate sensurile.—Principiul lui Pascal, care exprimă că o presiune exercitată asupra unei porţiuni plane din suprafaţa unui licid se transmite în toate părţile şi cu o egală intensitate, se aplică de asemenea şi la gaze.

Se poate demonstrà experimental acest principiu pentru gaze prin un aparat (fig. 118), format din un rezervoriu A, prevăzut cu cilindrul B în care se poate mişcà un piston. Pe rezervoriu sunt adaptate tuburile recurbate D, E, F. Pentru a face experienţa, turnăm acelaş licid în aceste tuburi şi ne arangiăm astfel, mişcând pistonul în cilindru, ca licidul să fie la acelaş nivel în tuburile D, E, F. Exercitând în urmă o presiune asupra gazului, făcând să înainteze pistonul în cilindrul B, vom vedeà că licidul se ridică deopotrivă în fiecare din tuburile D, E, F. Aceasta indică că presiunea exercitată de piston asupra gazului s'a transmis în toate părţile acestui fluid şi cu aceiaş intensitate.

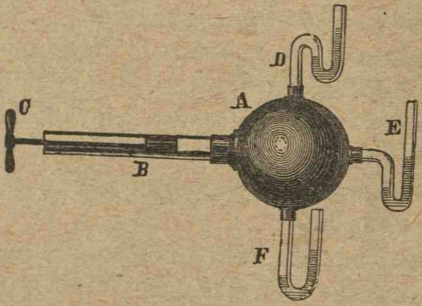


Fig. 118.

Am văzut, ca o consecinţă a principiului lui Pascal, că presiunile transmise în un licid sunt proporţionale cu suprafeţele, asupra căror se exercită presiunile; s'a văzut că pe acest principiu se bazează construcţiunea presei hidraulice.

Experienţa următoare confirmă şi la gaze exactitatea consecinţei principiului lui Pascal (fig. 119). Un sac de cauciuc A

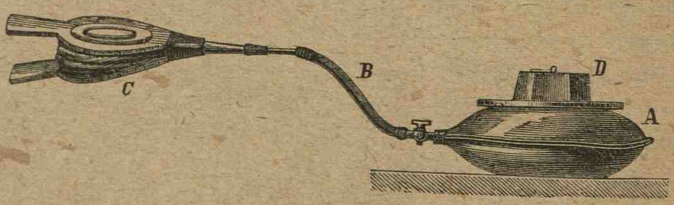


Fig. 119.

comunică prin un tub B cu suflătorul C. Se pune pe sacul A o placă plană şi o greutate D şi se introduce aer în sac prin ajutorul suflătorului C. Vom vedeà că sacul se va umflà şi va ridică greutatea D. In această experienţă, o mică presiune exercitată de suflător asupra secţiunei tubului B produce o presiune considerabilă pe suprafaţa de contact a sacului cu placa. Să presupunem că secţiunea tubului B este un centimetru pătrat şi suprafaţa plăcei în contact cu sacul de cauciuc 1000 centimetri pătraţi. Dacă exercităm o presiune de 20 grame pe secţiunea de 1 cm. pătrat a tubului, gazul va putea ridicà pe suprafaţa de 1000 centimetri pătraţi o greutate de 1000 de ori mai mare adică greutatea de 20 kilograme.

Echilibrul gazelor supuse la acţiunea gravităţei. Diferinţa de presiune între două puncte luate în massa unui gaz în echilibru. — S'a văzut că, pentru ca un licid greu (supus la acţiunea gravităţei) să fie în echilibru, trebue ca toate punctele licidului situate în acelaş plan orizontal să suporte aceiaş presiune. Aceiaş condiţiune există şi pentru echilibrul gazelor, supuse la acţiunea gravităţei.

In casul licidelor, diferinţa de presiune între două puncte luate la înălţimi diferite în masa unui licid în echilibru este egală cu greutatea coloanei de licid, având ca basă o suprafaţă elementară luată în jurul unui punct (suprafaţă pe care o putem luà egală cu unitatea) şi ca înălţime distanţa verticală între două plane orizontale trecând prin punctele date. Diferinţa de presiune între două puncte ale unui gaz în echilibru este evaluată în acelaş mod.

Presiunea atmosferică.

Atmosfera.—Atmosfera este stratul de aer care înconjoară pământul, şi care participă împreună cu el la mişcarea de translaţiune a pământului în spaţiu, precum şi la rotaţiunea sa diurnă împrejurul axei polilor.

Aerul atmosferic este un amestec de două gaze: *oxigenul* şi *azotul*. Analizele făcute asupra aerului au arătat că 100 părţi de aer în volum conţin 20,9 părţi oxigen şi 79,1 azot; de asemenea, 100 grame de aer conţin 23,1 grame oxigen şi 76,9 grame azot. Afară de aceste gazuri, aerul mai cuprinde cantităţi foarte mici de acid carbonic, vapori de apă, amoniac etc.

Atmosfera are aceeaşi formă ca şi pământul, adică o formă elipsoidolă.

Atmosfera fiind formată din strate de aer din ce în ce mai uşoare cu cât ne ridicăm mai sus, fără ca legea descreşterei densităţei să fie cunoscută, înălţimea atmosferei nu poate fi stabilită exact. G. Schmidt evaluează înălţimea atmosferei la 210 kilometre. Este probabil că această înălţime ar fi de vreo 75 kilometre, efectul stratelor de aer ce ar fi suprapuse acestei înălţimi fiind negligiabile din causa rărimei lor.

Presiunea atmosferică. Probe despre existenţa ei. — Atmosfera fiind formată din strate de aer, cari sunt grele, va exercità o presiune asupra corpurilor. Vom indicà mai multe experienţe, cari demonstrează existenţa presiunei atmosferice:

a) Se ia un cilindru de sticlă, deschis la ambele capete (fig. 120), şi se leagă la unul din capetele cilindrului o beşică puţin muiată; beşica apoi uscându-se, se strânge şi devine cu totul plană. Punem apoi cilindrul pe discul maşinei pneumatice. Cât timp aerul nu este scos din cilindru, beşica rămâne plană; în acest cas, presiunea exercitată de atmosferă asupra beşicei este egală cu presiunea aerului din interiorul cilindrului. Scoţând însă aerul din cilindru, observăm că beşica se îndoeşte sub acţiunea presiunei atmosferice până ce crapă. Detunarea ce o auzim, când crapă beşica, provine din intrarea bruscă a aerului în cilindru.

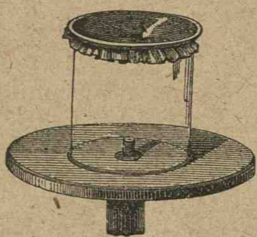


Fig. 120.

Putem repetà experienţa, punând beşica în o posiţiune înclinată sau verticală şi vom ajunge la acelaş rezultat; aceasta arată că presiunea atmosferică se exercită asupra tuturor suprafeţelor, orcare ar fi direcţiunea lor.

b) Putem probà existenţa presiunei atmosferice prin *hemisferele de Magdeburg*, numite astfel din cauză că prima experienţă a fost făcută la Magdeburg de Otto de Guerike.

Fig. 121.

Hemisferele de Magdeburg (fig. 121) sunt formate din două hemisfere A şi B, de cupru sau de alamă, goale în interior. Marginele hemisferei B sunt tăiate astfel ca să poată intrà exact în acele ale hemisferei A, formând o sferă închisă cu totul. Dacă este necesar, se prevede marginele hemisferei A cu o bandă de pele, pe care o ungem cu o substanţă grasă pentru ca închiderea să fie hermetică. Hemisfera A este prevăzută cu un inel D; hemisfera B cu un tub cu robinet C, care se poate adapta la o maşină pneumatică.

Dacă aerul nu este scos din hemisfere, le putem separa foarte uşor, presiunea exterioară a aerului fiind egală cu forţa elastică a aerului din hemisfere. Scoţând însă aerul din hemisferele suprapuse şi apoi închizând robinetul, vom vedeà că va trebuì să întrebuinţăm puteri mari ca să le putem separà; în acest caz, presiunea exterioară a aerului nu mai este echilibrată de forţa elastică a aerului din interiorul hemisferelor. Deschizând robinetul C şi lăsând ca aerul să intre în interiorul hemisferelor, vom vedeà că ele vor puteà fi din nou separate cu uşurinţă.

Fig. 122.

c) Se mai poate dovedì presiunea atmosferică prin experienţa numită *ploaia cu mercur*.

Se ià (fig. 122) un tub lung de sticlă A, care se poate adaptà la o maşină pneumatică, prevăzut la capătul de sus cu un tub mai larg de metal B. In tubul B se introduce un disc de lemn sau de pele groasă. Dacă turnăm mercur în B şi scoatem aerul din tubul A, vom vedeà că mercurul va cădeà în lungul tubului sub formă de ploaie foarte măruntă. Explicaţiunea este următoarea: presiunea atmosferică din exterior ne mai fiind echilibrată prin forţa elastică a aerului din tubul A, mercurul va fi împins de presiunea atmosferică şi va străbate prin porii pelei sau a lemnului.

Această experienţă mai pune în evidenţă existenţa porilor apreciabili ai corpurilor, cărora li s'a dat numele de pori sensibili.

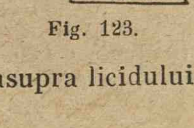


Fig. 123.

d) In fine, putem face experienţa următoare: Să umplem un pahar până la vârf cu apă şi să punem peste licid o foaie de hârtie (fig. 123). Ţinând mâna pe foaia de hârtie şi întorcând paharul cu gura în jos, vom vedea că licidul se va menţine în pahar, chiar dacă am retrage mâna. Cauza este presiunea aerului exercitată asupra licidului de jos în sus.

Să observăm că hârtia are rolul de a împedica ca aerul, care este mai uşor decât licidul, să străbată în massa licidului şi să-i producă căderea. In adevăr, dacă am luà un tub cu un diametru mic, închis la unul din capete, şi l-am umpleà complect cu apă, experienţa arată că am puteà să-l întoarcem cu capătul deschis în jos fără ca licidul să cadă din tub.

Experienţa lui Torricelli. — Până la Torricelli (născut la 1608, mort la 1647) se explicà ridicarea licidelor în tuburile, din cari s'a scos aerul, prin ipoteza că: *natura are oroare de vid.* Săpându-se la Florenţa o fântână, în timpurile lui Torricelli, şi căutând a ridicà apa prin ajutorul pompelor, s'a văzut că apa nu se poate ridicà în tubul gol mai mult de 10 metri. Torricelli, elevul lui Galileu, a dat adevărata interpretare acestui fenomen, arătând că este datorit presiunei atmosferice.

Putem repetà experienţa lui Torricelli în modul următor: Se ià (fig. 124) un tub de sticlă A, închis la unul din capete, de aproape un metru de lungime şi larg dela 7 până la 8 milimetri. Se umple tubul complect cu mercur şi astupându-l cu degetul, îl răsturnăm pe un vas cu mercur V, aşà că capătul deschis al tubului să intre în mercurul din vas. Retrăgând apoi degetul, vom vedeà că mercurul se va coborî în tubul A până în D, aşà că înălţimea coloanei dela nivelul D al mercurului din tub până la nivelul BC al mercurului din vasul V va fi aproximativ de 76 centimetri. Spaţiul vid de aer rămas în tubul A se numeşte *camera barometrică;* tubul A, care serveşte la asemenea experienţe, se numeşte un *tub barometric.*

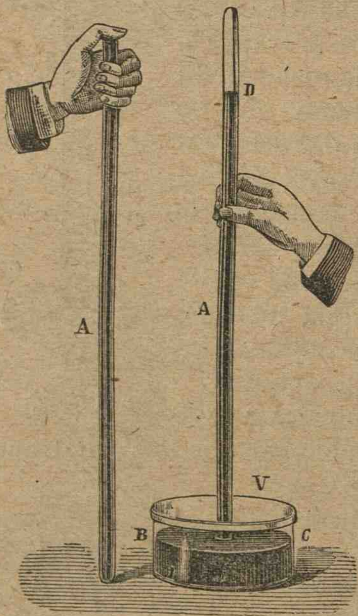


Fig. 124.

Torricelli a interpretat astfel această experienţă. Să considerăm (fig. 125) două suprafeţe egale $a\,b$ şi $a'\,b'$, luate pe planul orizontal dus prin suprafaţa liberă a mercurului din vasul V, $a\,b$ în interiorul şi $a'\,b'$ în exteriorul tubului. Fiindcă mercurul din aparat se află în echilibru, rezultă că presiunile exercitate asupra suprafeţelor egale $a\,b$ şi $a'\,b'$ situate în acelaşi plan orizontal sunt egale. Insă presiunea exercitată asupra suprafeţei $a\,b$ este greutatea coloanei de mercur având ca bază $a\,b$ şi ca înălţime distanţa verticală dela $a\,b$ până la suprafaţa liberă a mercurului din tubul A. In exterior, mercurul fiind în contact numai cu atmosfera, presiunea exercitată asupra lui $a'\,b'$ este greutatea coloanei de aer, care ar aveà drept bază $a'\,b'$. Aceste două presiuni fiind egale, urmează că presiunea atmosferică este egală cu greutatea coloanei de mercur a cărei înălţime este diferinţa de nivel între suprafeţele mercurului din tubul A şi din vasul V.

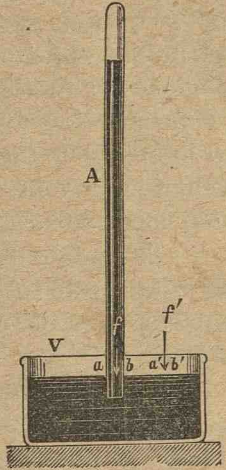


Fig. 125.

Presiunea exercitată de atmosferă pe un centimetru patrat în grame şi dyne.— Ne propunem a evaluà presiunea exercitată de atmosferă asupra unui centimetru patrat. Această presiune este egală cu greutatea unei coloane de mercur având de bază un centimetru patrat şi ca înălţime diferinţa de nivel între suprafeţele mercurului din tubul barometric şi din vas. Din cauză că înălţimea coloanei mercuriale din tubul barometric încearcă mici variaţiuni, ceeace indică variaţiuni în presiunea atmosferică, vom luà ca valoare mijlocie a presiunei atmosferice înălţimea unei coloane de mercur de 76 centimetri.

Presiunea atmosferică este egală, în acest caz, cu greutatea în grame a unei coloane de mercur având ca bază un centimetru patrat şi ca înălţime 76 centimetri. Dacă 13,59 este densitatea mercurului, presiunea exercitată de atmosferă pe un centimetru patrat este:

$$1^2 \times 76 \times 13{,}59 = 1033^{\text{gr.}}$$

Pentru a aveà valoarea aceleiaşi presiuni în unităţi C. G. S. la Bucureşti, vom multiplicà 1033 prin valoarea g a acceleraţiunei gravităţei la Bucureşti, g fiind dat în centimetri. Presiunea atmosferică în dyne este deci:

$$1^2 \times 76 \times 13{,}59 \times 980{,}5 = 1033 \times 980{,}5 = 1012857 \text{ dyne.}$$

Această presiune este aproximativ egală cu un milion de dyne sau o megadynă.

Presiunea atmosferică echilibrată prin greutatea coloanelor de apă sau de alt licid diferit de mercur.— Am văzut că putem exprimà presiunea atmosferică prin greutatea unei coloane de mercur. Dacă luăm tuburi din ce în ce mai lungi şi dacă în loc de mercur am întrebuinţà apă sau un alt licid, greutatea coloanei de licid a cărei înălţime este diferinţa între cele două nivele ale licidului din tubul barometric şi din vasul mai larg măsură presiunea atmosferică.

Să vedem care este înălţimea coloanei de licid a cărui densitate este d, corespunzătoare la înălţimea de 76 centimetri a coloanei de mercur, ce face echilibru presiunei atmosferice.

In cazul când facem experienţa cu mercurul, am găsit că presiunea atmosferică este $1^2 \times 76 \times 13{,}59$ grame sau $1^2 \times 76 \times 13{,}59 \times 980{,}5$ dyne.

Operând cu licidul de densitate d, aceeaşi presiune este:

$$1^2 \times x \times d \text{ grame sau } 1^2 \times x \times d \times 980{,}5 \text{ dyne,}$$

x fiind înălţimea necunoscută.

Presiunea atmosferică fiind aceeaşi în ambele experienţe, vom aveà:

$$76 \times 13{,}59 = x \times d,$$

de unde deducem înălţimea x a licidului de densitate d. Se vede că înălţimile coloanelor licide sunt în raport invers cu densităţile lor.

In special, dacă licidul considerat este apa, a cărei densitate d este egală cu unitatea, înălţimea x va fi:

$$x = \frac{76 \times 13{,}59}{1} = 10^{m},33.$$

Aceasta ne explică pentru ce apa nu se ridică în tuburi goale decât până la înălţimea de 10 metri.

Pascal a verificat aceste rezultate, repetând experienţa lui Torricelli în tuburi de lungimi diferite şi cu licide de deosebite densităţi. Aşà în o experienţă făcută la Rouen, servindu-se de un tub de sticlă lung cam de vreo 15 metri, în care introdusese vin roşu de densitate aproape egală cu unitatea, constată că înălţimea coloanei licide, care face echilibru presiunei atmosferice, este cevà superioară înălţimei de 10 metri.

Experienţele lui Pascal şi Périer. — Pentru a verificà că presiunea atmosferică este cauza care ţine ridicat mercurul în tubul barometric, Pascal şi Périer repetară, în 1648, experienţa lui Torricelli pe vârful şi la poalele muntelui Puy de Dôme. Pascal raţionâ astfel: Dacă presiunea atmosferică este adevărata cauză care menţine ridicat mercurul în tubul barometric, trebueşte ca înălţimea coloanei de mercur de la vârful muntelui să fie mai mică de cât aceia de la baza lui, căci presiunea atmosferică este mai mică pe vârful decât la poalele muntelui. Experienţa confirmâ aceste prevederi a lui Pascal. Se găsi, în adevăr, că înălţimea coloanei de mercur erà mai mică pe vârful muntelui decât la baza lui.

In un mod cu totul aproximativ, dacă admitem că densitatea aerului în raport cu apa, în diferitele strate ale atmosferei, este 0,001293 pe când densitatea mercurului este 13,59, pentru ca mercurul să descindă în tubul barometric cu un centimetru, trebue a ridicà aparatul lui Torricelli cu o înălţime de x centimetri, determinată prin relaţiunea vaselor comunicante:

$$\frac{x}{1}=\frac{13,59}{0,001293}; \text{ de unde:}$$

$x = 105,10$ centimetri $= 105,10$ metri.

Trebue deci o diferenţă de nivel de 105 metri aproximativ, pentru ca mercurul să descindă în tubul barometric cu un centimetru.

Măsura presiunei atmosferice şi a forţei elastice a aerului cu aparatul lui Torricelli. — Aparatul lui Torricelli permite, după cum am văzut, ca să măsurăm presiunea atmosferică a aerului în un loc determinat. Acelaşi aparat serveşte a măsură şi *forţa elastică* a aerului în acelaşi loc. In adevăr, să presupunem că am isolat, în locul luat pe pământ, o massă de aer limitată prin o suprafaţă ideală. Asupra acestei suprafeţe se exercită din afară în interior presiunea atmosferică, iar din interior în afară forţa elastică a massei de aer. Din cauză că suprafaţa considerată este în echilibru, urmează că forţa elastică şi presiunea atmosferică vor fi egale între ele şi vor fi exprimate prin greutatea aceleiaşi coloane de mercur.

Greutatea coloanei de mercur, care face echilibru presiunei atmosferice, este aceiaşi în interiorul unei camere sau în afară în aer liber. In adevăr, massa de aer din cameră fiind în echilibru cu massa de aer din exterior, ele au aceiaşi forţă elastică ; presiunea atmosferică va fi deci aceiaşi în ambele cazuri.

Presiunea exercitată de atmosferă asupra corpului uman. — Presiunea atmosferei asupra corpului uman este considerabilă. Ştiind că presiunea atmosferei pe un centimetru patrat este cevà mai mare de un kilogram şi corpul omului având o suprafaţă medie de 1,75 m. p., urmează că presiunea asupra corpului omului este cam de 17500 kilograme. Această greutate enormă nu are nici un efect asupra organelor noastre, din cauză ca cavităţile şi ţeseturile organismului sunt pline cu licide, cari sunt foarte puţin compresibile, şi cu gaze a căror forţă elastică echilibrează presiunea atmosferei exterioară.

Când presiunea atmosferică se micşorează sau se măreşte prea mult în raport cu valoarea ei mijlocie, forţa elastică a gazelor din interiorul organismului nu mai echilibrează presiunea atmosferică exterioară şi atunci simţim o greutate în mişcările noastre. Astfel, când ne suim pe munţi înalţi, unde presiunea atmosferică este mică, respiraţiunea devine neregulată, pulsul se accelerează şi simţim o tendinţă neresistibilă de a dormi. De asemenea muncitorii, cari lucrează sub apă în aer comprimat, sunt expuşi la accidente grave.

Barometre.

Barometre. Presiunea atmosferică este proporţională cu înălţimea coloanei de mercur din tubul barometric.—Presiunea atmosferică variând cu înălţimea unui loc de-asupra nivelului mărei, de asemenea variând în acelaşi loc în diferitele momente ale zilei, s'a văzut necesitatea a se adoptà aparate precise cu cari să putem măsura presiunea atmosferică.

Se numesc *barometre* aparatele cu cari putem măsura presiunea atmosferică.

S'a văzut că presiunea atmosferică este reprezintată prin greutatea coloanei de mercur, ce face echilibru presiunei atmosferice. Din cauză că greutăţile acestor coloane de mercur, cu secţiunea de 1 cm. patrat, sunt proporţionale cu înălţimele lor, se uzită a se exprimà presiunile atmosferice prin numărul ce reprezintă înălţimile acestor coloane. Astfel, dacă înălţimele coloanelor de mercur sunt de 755, 760, 765 etc. milimetre, se zice că presiunea atmosferică este de 755, 760, 765 milimetri.

Construcţiunea barometrului cu mercur. — Aparatul lui Torricelli, pe care l'am descris, este un barometru cu mercur. Pentru ca barometrul cu mercur să deà indicaţiuni precise, trebue a căutà : *a*) ca mercurul din tubul barometric să fie pur ; *b*) ca camera barometrică să fie lipsită de aer, vapoare de apă etc., cari ar apăsà asupra coloanei de mercur din tubul barometric şi ar face, prin urmare, ca observaţiunile să fie neexacte.

Pentru a construì un bun barometru, se ià un tub de sticlă drept, fără strii, de 85 până la 90 centimetri lungime şi dela 7 până la 8 milimetri diametru. Pentru a curăţì tubul, îl spălăm mai întâi cu acid azotic, apoi cu apă distilată şi, în fine, îl uscăm. Inchidem tubul la unul din capete, iar la celalt adaptăm un mic balonaş. Mercurul, care'l introducem în tub, trebuind a aveà o densitate constantă, îl purificăm punând un strat subţire de acid azotic diluat peste mercur şi încălţând la 60° în timp de 24 de ore ; spălăm apoi mercurul cu apă şi'l uscăm. Cu mercurul astfel purificat, care prezintă o suprafaţă lucie, umplem tubul dela baza sa până la balonaş.

Dacă observăm tubul plin cu mercur, vedem o mulţime de globule de aer precum şi de picături de apă, interpuse între mercur şi tub. Repetând experienţa lui Torricelli şi resturnând tubul barometric pe un vas cu mercur, globulele de aer precum şi vapoarea de apă s'ar ridicà în camera barometrică şi ar apăsà asupra coloanei mercuriale din tub. Pentru ca camera barometrică să fie absolut vidă de aer sau de vapoare de apă, se pune tubul barometric AB (fig. 126) pe un grătar de fer inclinat C, pe care'l încălzim începând din B spre A la o temperatură vecină de aceea a ferberii mercurului. Prin încălzire, globulele de aer sau de vapoare de apă, aderente păreţilor tubului, se vor degagià. Balonaşul B serveşte a culege mercurul aruncat afară din tub prin degagiarea globulelor de aer sau de vapoare de apă. Când toate aceste globule s'au degagiat, lăsăm să se răciască tubul barometric, despărţim balonaşul B de tub şi umplem complect tubul barometric cu mercur purificat, aşà ca mercurul dela partea deschisă să formeze un menisc convex.

Astupând apoi capătul deschis al tubului cu degetul, îl întoarcem cu gura în jos în un vas cu mercur. Se va constatà că camera barometrică este lipsită de gaze, atunci când înclinând tubul barometric, vom auzì mercurul când loveşte pereţii tubului producând un sgomot brusc.

Dacă rezervoriul cu mercur, în care este introdus tubul

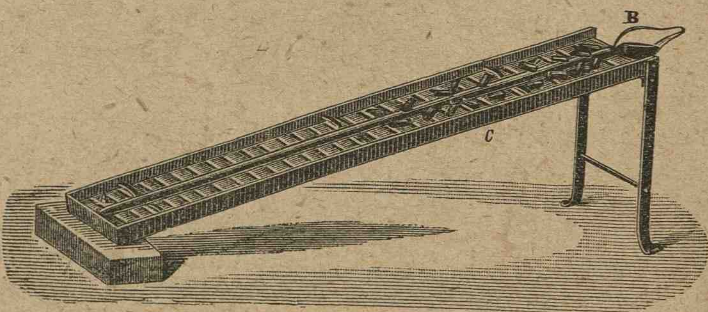


Fig. 126.

barometric, este adânc, se poate uşor constatà că càmera barometrică este absolut vidă, cufundând tubul din ce în ce mai mult în rezervoriu; când înălţimea coloanei de mercur din tub rămâne neschimbată, aceasta ne indică că nu există gaze sau vapori, cari prin forţa lor elastică ar face să varieze înălţimea coloanei barometrice.

In cazul când tubul barometric este larg, este foarte greu a'l umplea cu mercur în modul indicat mai sus. Iată cum se procedează în acest caz: Se lipeşte (fig. 127) la tubul barometric AB un balon C, prevăzut cu tubul D, terminat cu un vârf ascuţit închis; dela balonul C pleacă tubul lateral E prevăzut cu robinetul R. Deschizând robinetul R, se pune E în comunicaţiune cu o maşină pneumatică cu care se scoate aerul din tubul barometric şi din balon. Se întrerupe apoi comunicaţiunea cu maşina pneumatică şi se pune AB în legătură cu un rezervoriu conţinând hidrogen; în acest mod, tubul barometric AB, balonul C şi tubul E se vor umpleà cu hidrogen. Se reîncepe apoi operaţiunile punând sistemul în legătură cu maşina pneumatică, pentru a face din nou vidul, şi apoi cu rezervoriul cu hidrogen. Repetându-se operaţiunile de 15 până la 20 de ori şi scoţând gazul pentru ultima dată, avem siguranţa că vidul din tubul AB şi balonul C este aproape perfect. Se introduce apoi extremitatea tubului D în vasul M ce conţine mercur purificat. Rupând vârful tubului D sub mercur, presiunea atmosferică va apăsà asupra mercurului din M, aşà că va umpleà complect tubul barome-

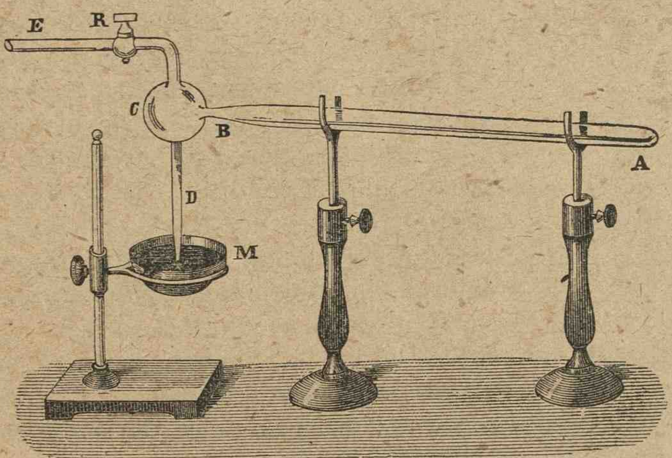


Fig. 127.

tric. Se separă apoi tubul AB de balonul C şi se restoarnă cu gura în jos în un rezervoriu cu mercur.

Tubul barometric şi rezervoriul sunt fixaţi pe o scândură verticală, pe care sunt trase diviziuni în centimetri şi milimetri. Diviziunea zero începe dela nivelul mercurului din rezervoriu. Câte odată aceste diviziuni sunt făcute chiar pe tubul barometric.

Este uşor de înţeles că presiunea atmosferică variând, mercurul se va ridicà în tubul barometric şi se va coborî în rezervoriu, aşà că nivelul mercurului din rezervoriu nu corespunde exact la diviziunea zero a gradaţiunei. S'a căutat a se evità acest inconvenient, luând rezervoriul destul de larg, pentru ca variaţiunile de nivel în rezervoriu să fie negligiabile. Vom descrie în special câteva barometre cu mercur.

Barometru cu nivel invariabil.—Acest instrument este format din tubul barometric A (fig. 128), cufundat în un rezervoriu larg şi puţin înalt B continuat cu boamba E. Mercurul umple boamba E şi o porţiune din suprafaţa plană CD a rezervoriului, fără a'i atinge pereţii laterali. Inălţimea la care se află mercurul în rezervoriu este aproape necontenit aceiaşi, orcare ar fi înălţimea coloanei mercuriale în tubul A. In adevăr, s'a observat că dacă vărsăm mercur în cantitate foarte mică pe o suprafaţă plană, mercurul ia o formă sferică; dacă 'i adăogim cantităţi mici de mercur, globula de mercur se întinde pe suprafaţa plană conservând aproape aceiaşi înălţime. Prin urmare, dacă observaţiunile făcute cu barometrul descris, sunt făcute în condiţiuni ca pătura de mercur din rezervoriul B să se întindă numai pe suprafaţa plană CD, fără a atinge pereţii laterali, înălţimea mercurului în rezervoriu va fi aproape necontenit aceiaşi.

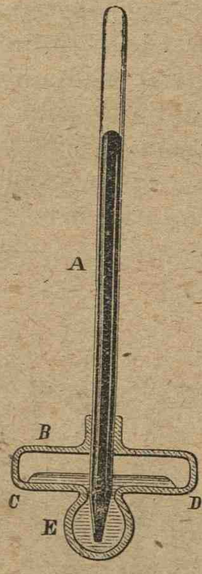


Fig. 128.

O piele de cămilă legând tubul barometric A cu gâtul rezervoriului B, permite atmosferei să-şi exercite presiunea asupra mercurului din rezervoriu; pelea de cămilă serveşte în acelaşi timp să oprească praful să se depună pe suprafaţa mercurului.

Rezervoriului B i se dă numele *de cuvetă*. Barometrul cu nivel invariabil mai este cunoscut şi sub numele de *barometru cu cuvetă*.

Barometrul normal. — Pentru determinări exacte ale presiunei atmosferice, se întrebuinţează un barometru foarte precis, construit de Regnault şi cunoscut sub numele de *barometrul normal* sau *barometrul lui Regnault*.

Barometrul normal (fig. 129) este format din un tub barometric, lung aproape de un metru, larg de cel puţin 30 milimetri de diametru; tubul este cufundat în o cuvetă cu mercur ce are forma unei cutii paralelipipedice. Atât rezervoriul cât şi tubul barometric sunt fixaţi la o scândură de lemn verticală. Una din feţele cuvetei este prevăzută cu un suport recurbat în unghiu drept, terminat prin o piuliţă, în care intră şurubul vertical *s*. Lungimea acestui şurub a fost determinată prealabil prin ajutorul unui instrument numit *catetometru*. Cu catetometrul ne servim să măsurăm distanţa verticală între două puncte situate în două plane orizontale diferite; el se compune din un ax vertical metalic, divizat în centimetri şi milimetri, şi în lungul căruia alunecă o lunetă; pentru a determina distanţa verticală între două puncte, vom vizà cu luneta acele puncte şi vom citì pe axa verticală distanţa între cele două poziţiuni ale lunetei.

Fig. 129.

Pentru a face o observaţiune cu barometrul normal, vom întoarce şurubul *s* până când vârful său atinge mercurul din rezervoriu; această poziţiune va fi determinată exact atunci când extremitatea şurubului şi imaginea sa văzută în mercur par a venì în contact. Vom măsurà în urmă, tot cu ajutorul catetometrului, distanţa verticală dela capătul de sus al şurubului până la nivelul mercurului din tubul barometric. Inălţimea coloanei barometrice va fi suma acestor două distanţe.

Am spus că, în barometrul normal, diametrul tubului barometric este de cel puţin 30 milimetri; în acest caz, suprafaţa liberă a mercurului din tub este plană. Dacă diametrul este mai mic de 30 milimetri, suprafaţă liberă prezintă un menisc convex şi înălţimea coloanei mercuriale este mai mică decât în cazul precedent. Se numeşte *depresiune capilară* diferinţa observată între înălţimele coloanelor de mercur din un tub barometric de 30 milimetri diametru şi un altul cu un diametru mai mic de 30 milimetri. Din această cauză, când facem observaţiuni cu un tub barometric mai strâmt de 30 milimetri, trebue să facem corecţiunea relativă la depresiunea capilară; table anume construite indică mărimea acestei corecţiuni pentru tuburi de diferite diametre.

Se vede imediat precisiunea determinărilor cu barometrul normal: *a*) înălţimea coloanei barometrice determinată cu exactitate; *b*) evitarea corecţiunei capilare.

Pentru a cunoaşte temperatura la care se fac observaţiunile, se fixează lângă barometru un termometru T, introdus în vasul cu mercur A. Vom vedeà, ca aplicaţiune a dilataţiunilor corpurilor, în ce mod se fac corecţiunile înălţimei barometrice, relative la temperatură.

Barometrul lui Fortin. — Una din cele mai importante aplicaţiuni ale barometrelor, fiind măsura înălţimei verticale între două puncte, avem necesitate a transporta aceste instrumente. Fiindcă barometrele descrise sunt instalate în un loc fix, se uzită în acest scop *barometrul Fortin*, care pe lângă o mare preciziune prezintă avantagiul de a fi transportabil.

Vom descrie în special părţile din care se compune acest barometru precum şi modul de a opera cu el.

Cuveta barometrului Fortin. Cuveta acestui barometru are fundul *mobil*, aşà că putem aduce totdeauna mercurul din cuvetă la un nivel fix. Cuveta barometrului Fortin, după cum se vede în secţiune verticală în fig. 130 şi în perspectivă în fig. 131, este formată din un vas cilindric de sticlă D, în care se poate vedeà nivelul mercurului. Cuveta este închisă la partea inferioară prin pielea de cămilă I, a cărei fund poate fi ridicat în sus prin şurubul U; la partea superioară, cuveta este acoperită cu un disc de lemn R, prevăzut la mijlocul său cu tubul vertical deschis S, prin care străbate tubul barometric A. Pe discul de lemn R este fixată placa metalică B, care apasă asupra discului şi este legată cu garnitura metalică inelară C, lipită

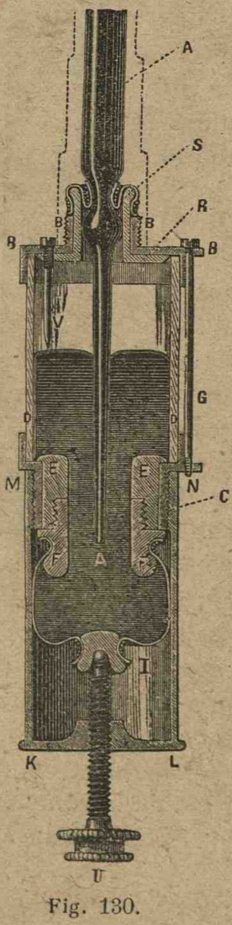


Fig. 130.

Fig. 131.

la baza cilindrului de sticlă D prin trei vergele de metal G, înşurubate atât la discul B cât şi la inelul C. De inelul C este fixat în interior un inel de lemn E, care este tăiat în formă de piuliţă pe peretele vertical intern; în inelul E intră un alt inel de lemn F, tăiat în exterior în formă de şurub. De partea externă a inelului F se leagă pielea de cămilă I. Şurubul U, care apasă asupra pielei de cămilă, intră prin basa cilindrului metalic KLMN, care se poate înşuruba la garnitura metalică inelară C.

Fundul cuvetei fiind mobil, putem ridicà mercurul în cuvetă până la un nivel fix. In acest scop, extremitatea unui vârf de fildeş V, străbătând prin capacul cuvetei, indică nivelul constant până la care va trebuì să ridicăm mercurul la fiecare observaţiune. Se va cunoaşte momentul precis când mercurul este la nivelul capătului vârfului V, când vârful de fildeş şi imaginea sa produsă în mercur vor venì în contact.

Tubul barometric. Tubul barometric A (fig. 130 şi fig. 131) străbate în mercurul din cuvetă şi este cu atât mai strâmt cu cât se apropie de basă. Partea tubului barometric care străbate în cilindrul S prezintă o adâncătură, care permite a legà o piele de cămilă de o parte de tubul barometric, de altă parte de cilindrul S. Prin această piele se va exercità asupra mercurului din cuvetă presiunea exterioară a atmosferei; totodată, pielea de cămilă nu lasă ca mercurul să cadă în afară, când cuveta ar fi plină cu mercur sau barometrul înclinat.

Fig. 132.

Tubul barometric este închis în un cilindru metalic, de alamă sau de bronz, înşurubat prin basa sa la piuliţa garniturei metalice B. Pe cilindru sunt făcute diviziuni în milimetri; aceste diviziuni încep de a extremitatea V a vârfului de fildeş, care este nivelul pe care trebue să-l aibă mercurul la fiecare experienţă.

Pentru a vedeà înălţimea mercurului în tubul barometric, cilindrul de metal este tăiat în direcţiunea lungimei prin două deschideri opuse (fig 132); un cursor inelar P se mişcă în sensul lungimei când învârtim nasturele Q. Vom cunoaşte exact înălţimea coloanei mercuriale, mişcând cursorul P până când planul orizontal care trece prin marginele de jos ale cursorului D va fi tangent la partea superioară a meniscului convex al mercurului. Diviziunea la care se opreşte marginea de jos a cursorului indică înălţimea coloanei barometrice.

Măsura precisă a coloanei barometrice. Vernier. Cursorul P, care se mişcă pe cilindrul metalic divizat, este un *vernier*, cu care putem măsurà înălţimea coloanei barometrice cu aproximaţiune de $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{20}$ sau chiar $\frac{1}{50}$ din un milimetru.

Un vernier consistă în o riglă divizată, care se mişcă în sensul lungimei une rigle mai mari de asemenea divizată. Să considerăm (fig. 133) rigla mai mare AB, pe care poate aluneca

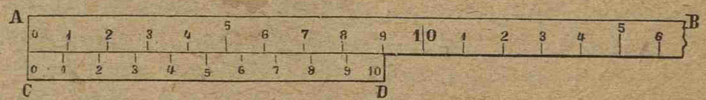


Fig. 133.

paralel cu ea rigla mai mică CD. Să presupunem că rigla AB este divizată în milimetri; dacă luăm lungimea riglei mai mici CD de 9 milimetri şi o dividem în 10 părţi egale, rigla CD este un *vernier* cu care putem măsurà lungimile până la $^1/_{10}$ din un milimetru. Distanţa între două diviziuni consecutive ale vernierului valorează $^9/_{10}$ din un milimetru; diferinţa deci între distanţele a două diviziuni consecutive ale riglei AB şi ale vernierului este de $\frac{1}{10}$ din un milimetru.

Să presupunem că avem o lungime LM de măsurat (fig. 134. Aplicând lungimea LM, aşà ca unul din capete să coin-

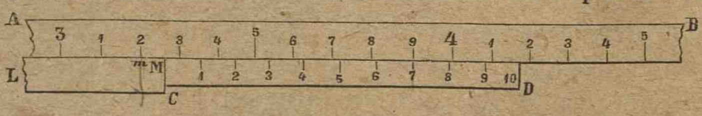


Fig. 134.

cidă cu capătul A al riglei AB, vom vedeà că lungimea LM este egală cu 3 centimetri, 2 milimetri, plus o fracţiune *m*M, mai mică decât un milimetru. Această distanţă *m*M o vom evaluà cu ajutorul vernierului. Vom face să alunece vernierul CD până când extremitatea *C*, care este *zero* al vernierului, va corespunde cu extremitatea M a lungimei LM. Vom observa care diviziune a vernierului este în prelungirea unei diviziuni a riglei AB; după figură, diviziunea 7 a vernierului coincide cu o diviziune a riglei celei mari. Fiindcă diviziunea 6 a vernierului rămâne îndărăt cu $\frac{1}{10}$ din un milimetru de diviziunea corespondentă a riglei AB, diviziunile următoare ale vernierului 5,4. . . 0 vor rămânea îndărăt în raport cu diviziunile corespondente ale riglei AB cu distanţele $\frac{2}{10}, \frac{3}{10} \ldots \frac{7}{10}$ din un milimetru. Deci, distanţa mM este egală cu $\frac{7}{10}$ din un milimetru.

Prin urmare, *numărul de ordine al diviziunei vernierului CD, care coincide cu o diviziune a riglei AB, ne dă numărul de zecimi de milimetri a lungimei mM.*

Pentru a aveà un vernier cu care să putem cetì $^1/_{20}$ şi $^1/_{50}$ din un milimetru, se vor luà rigle a căror lungimi să fie de 19 şi 49 de milimetri şi le vom divide respectiv în 20 sau 50 de părţi egale.

Cursoarele adaptate la barometrele Fortin sunt verniere, cu care putem cetì, în general, $^1/_{10}$ sau $^1/_{20}$ din un milimetru. Cursorul P (fig. 132) este un vernier cu care putem citì $^1/_{10}$ din un milimetru. Se vede, după figură, că zero al cursorului este coprins între diviziunile 760 şi 761 milimetri; diviziunea 8 a vernierului coincide cu o diviziune făcută pe tubul cilindric; înălţimea coloanei barometrice este deci: $760^{mm},8$.

Modul de a operà cu barometrul Fortin în caz de transport. Când voim a transportà barometrul Fortin, întoarcem şurubul U (fig. 130) dela basa aparatului; mercurul se va suì în cuvetă, pe care o va umplea complect, alungând aerul prin pielea de cămilă. Continuând a mişcà şurubul U, mercurul se va suì în tubul barometric până la vârf. Când simţim o mică rezistenţă la mişcarea şurubului, suntem avizaţi că mercurul a umplut complect tubul barometric. Putem mişcà apoi barometrul în orce sens, fără teamă că aerul s'ar introduce în barometru sau că mercurul, ciocnindu-se de tubul barometric, l'ar puteà stricà.

Suspensiunea barometrului Fortin. Dacă voim a face observaţiuni cu acest barometru în un loc fix, îl atârnăm de un cuiu, fixat în perete, prin inelul cu care este prevăzut cilindrul metalic ce încongioară tubul barometric. Barometrul ia atunci direcţiunea verticală, întocmai ca şi direcţiunea luată de un fir cu o greutate atârnată la capătul său. Se vor efectuà apoi observaţiunile barometrice în modul indicat mai sus.

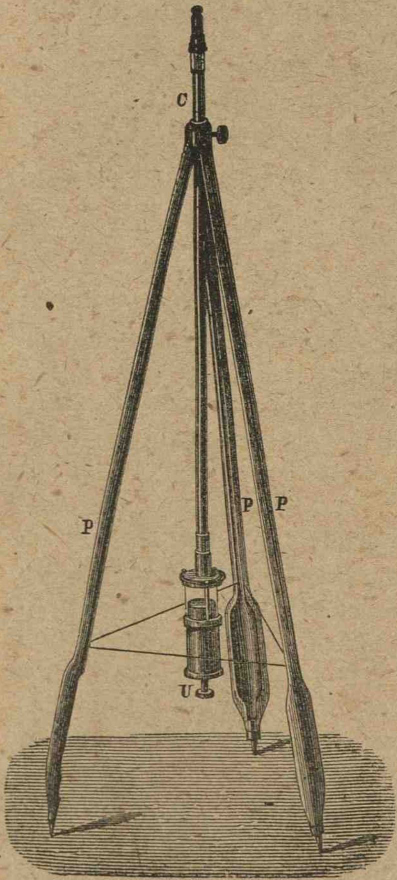


Fig. 135.

In caz de voiagiu, ne servim de o suspensiune particulară indicată de *Cardan*.

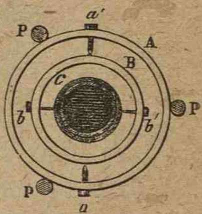


Fig. 136.

Pe inelul metalic A (fig. 135 şi 136) fixat la picioarele P,P,P, ale unui trepied, sunt înţepenite două cuie metalice *a* şi *a'*, cari se află pe acelaş diametru al cercului. Capetele cuielor *a* şi *a'* intră în două mici deschideri făcute în inelul B, aşà că acest din urmă inel este mobil împregiurul axului *a a'*. In inelul B sunt de asemenea înţepenite cuiele metalice *b* şi *b'* în direcţiunea unui diametru perpendicular la *a a'*; vârfurile cuielor *b* şi *b'* intră în două mici deschideri ale cilindrului metalic C, care încongioară tubul barometric. Barometrul, putându-se mişcà în două plane verticale perpendiculare axelor *a a'* şi *b b'*, va fi în direcţiunea intersecţiunei acestor plane. Barometrul va luà, prin urmare, direcţiunea verticalei care trece prin intersecţiunea axelor *a a'* şi *b b'*.

Picioarele P, P, P formează o cutie, în care putem aşezà barometrul când voim să-l transportăm.

Corecţiunile barometrice.—Pentru ca observaţiunile barometrice, determinate prin ajutorul coloanelor de mercur, să fie comparabile, trebue să facem două corecţiuni : *a)* corecţiunea relativă la *temperatură* ; *b)* corecţinnea relativă la *capilaritate*..

Corecţiunea barometrică relativă la temperatură. Inălţimea coloanei mercuriale fiind citită la temperatura de t^0, în acest caz atât mercurul cât şi rigla divizată, pe care citim înălţimea coloanei de mercur, sunt dilatate. Pentru comparabilitatea observaţiunilor barometrice în acelaş loc, vom căută înălţimea coloanei de mercur la 0^0, care face echilibru aceleiaşi presiuni atmosferice. Această operaţiune se numeşte *reducerea înălţimilor barometrice la temperatura de zero grade.*

Fie I, numărul de milimetri care reprezintă *înălţimea* coloanei de mercur la temperatura de t^0, cetiţi pe rigla de metal pe care sunt trase diviziunile în milimetri. Din cauză că diviziunile pe riglă sunt trase la temperatura de 0^0, fiecare diviziune a riglei la temperatura de t^0 va fi dilatată şi numărul de milimetri I', care reprezintă exact înălţimea coloanei mercuriale, este:

$$(1) \qquad I' = I\,(1 + kt),$$

k fiind coeficientul de dilataţiune liniară a riglei.

Greutatea P a coloanei de mercur, a cărei înălţime este I' şi bază s, făcând echilibru presiunei atmosferice, este:

$$(2) \qquad P = s \times I' \times d,$$

d fiind densitatea mercurului la t^0.

Fie I_0 înălţimea coloanei de mercur la temperatura 0^0 şi care face echilibru aceleiaşi presiuni atmosferice. In acest caz, greutatea exercitată de coloana de mercur pe aceeaşi bază s este tot P. Avem deci:

$$(3) \qquad P = s \times I_0 \times d_0,$$

d_0 fiind densitatea mercurului la 0_0.

Comparând relaţiunele (1), (2) şi (3) deducem:

$$I\,(1 + kt)\,d = I_0\,d_0;$$

de unde:

$$(4) \qquad I_0 = I\,(1 + kt)\,\frac{d}{d_0}.$$

Vom vedeà, în studiul dilataţiunilor, că între densităţile d_0 şi d al aceluiaşi corp, de exemplu a mercurului, există relaţiunea:

$$\frac{d}{d_0} = \frac{1}{1 + \mu t},$$

μ fiind coeficientul de dilataţiune al mercurului.

Introducând în relaţiunea (4) obţinem:

$$I_0 = \frac{I\,(1 + kt)}{1 + \mu\,t}.$$

Inlocuind $\frac{1+kt}{1+\mu t}$ prin valoarea sa aproximativă: $1+(k-\mu)t$, avem:

$$(5) \qquad I_0 = I\,[1+(k-\mu)\,t].$$

Această relaţiune servă a efectuà corecţiunea barometrică relativă la temperatură. I_0 este *înălţimea barometrică redusă la 0° C.*

Dacă diviziunile sunt făcute pe un tub de alamă, $k = 0{,}000019$ şi coeficientul de dilataţiune μ al mercurului fiind 0,000181 relaţiunea (5) devine:

$$I_0 = I\,[1-(0{,}000181-0{,}000019)\,t]$$
$$= I\,(1-0{,}000162\,t).$$

Putem aveà aproximativ înălţimea barometrică la 0°, scăzând din înălţimea cetită I cantitatea $0{,}123\,t = 760 \times 0{,}000162\,t$; deci:

$$I_0 = I - 0{,}123\,t,$$

0,123 fiind productul lui 0,000162 prin presiunea atmosferică mijlocie de 760 milimetri.

Dacă diviziunile, în loc de a fi făcute pe tubul de alamă cum se obicinueşte în general, sunt făcute chiar pe tubul de sticlă, va trebuì să înlocuim în (5) k prin 0,000008, care este valoarea coeficientului mediu de dilataţiune a sticlei. Formula aproximativă, care dă înălţimea barometrică la 0° când diviziunile sunt trase pe tubul de sticlă, este:

$$I_0 = I - 0{,}132\,t.$$

Corecţiunea relativă la capilaritate. Dacă tubul barometric are un diametru interior mai mare de 30 de milimetri, suprafaţa liberă a mercurului este orizontală. Când diametrul interior al tubului este mai mic de 30 milimetri, suprafaţa liberă este convexă, şi înălţimea coloanei de mercur, care măsură presiunea atmosferică, este mai mică decât în cazul când tubul barometric ar aveà un diametru de 30 milimetri. Depresiunea coloanei de mercur, datorită acţiunilor capilare, depinde: *a*) de *diametrul tubului* AB (fig. 137); *b*) de *săgeata* sau *înălţimea mn a meniscului*. Diametrul AB al tubului este dat de constructor sau se determină direct. Se măsură săgeata meniscului, mişcând cursorul (în barometrul Fortin) aşà că planul ce trece prin baza cursorului să fie tangent la menisc şi

Fig. 137.

apoi să treacă prin cercul de contact între mercur şi tubul barometric; distanţa între aceste două poziţiuni ale cursorului este înălţimea meniscului.

Există tablouri, cari dau valorile depresiunei mercurului, când se cunoaşte diametrul tubului şi înălţimea meniscului.

In tabloul următor, luat după Mendelejeff şi Gutkowsky, prima coloană verticală exprimă diametrul tubului în milimetri şi prima linie orizontală săgeata meniscului de asemenea în milimetri. Depresiunile, în milimetri, vor fi la intersecţiunea unei linii cu o coloană.

Diametrul tubului în milimetri	Inălţimea sau săgeata meniscului în milimetri							
	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8
mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
4	0,83	1,22	1,54	1,98	2,37			
5	0,47	0,65	0,86	1,19	1.45	1,80		
6	0,27	0,41	0,56	0,78	0,98	1,21	1,43	
7	0,18	0,28	0,40	0,53	0,67	0,82	0,97	1,14
8		0,20	0,29	0,38	0,46	0,56	0,65	0,77
9		0,15	0,21	0,28	0,33	0,40	0,46	0,52
10			0,15	0,20	0,25	0,29	0,33	0,37
11			0,10	0,14	0,18	0,21	0,24	0,27
12			0,08	0,10	0,13	0,15	0,18	0,19
13			0,04	0,07	0,10	0,12	0,13	0,14

Aceste depresiuni vor trebuì adăogite la înălţimea coloanei mercuriale citită la barometru.

Exemplu. Inălţimea citită la vernierul cursorului la un barometru Fortin de 9 mm. de diametru este:

$$I = 756^{mm.},70.$$

Temperatura t indicată de termometrul anexat fiind $13^{o},5$, înălţimea I_0 a coloanei barometrice va fi aproximativ:

$$I_0 = I - 0{,}123\ t = 756^{mm.},70 - 0{,}123 \times 13{,}5 = 755^{mm.},039.$$

Inălţimea meniscului măsurată cu cursorul:

$$756^{mm.},7 - 756 = 0^{mm.},7.$$

Căutând în tabloul precedent cifra corespunzătoare la intersecţiunea liniei orizontale începând cu $9^{mm.}$ şi a coloanei verticale începând cu $0^{mm.},7$, vom găsì prin interpolare cifra 0^{mm} 18.

In definitiv, înălţimea barometrică va fi exprimată prin înălţimea coloanei mercuriale redusă la zero grade, la care se adaogă şi depresiunea capilară. Inălţimea barometrică va fi deci :

$$755^{mm.},039 + 0^{mm.}18 = 755^{mm.},219.$$

Reducerea observaţiunilor barometrice la nivelul mărei şi la latitudinea de 45°.—Să presupunem că am făcut o lectură barometrică în o localitate determinată, efactuând corecţiunile relative la temperatură şi capilaritate. Fie I această înălţime. Presupunând că presiunea atmosferică este aceiaş în o altă localitate diferită de cea d'intâiu, experienţa ar arătă că am obţine pentru I o valoare diferită de cea d'intâiu. Cauza este că mercurul nu are aceeaş greutate absolută la diferite latitudini şi altitudini. Pentru ca observaţiunile barometrice să fie în totul comparabile, s'a văzut necesitatea de a se măsură înălţimile barometrice prin un licid de o greutate absolută determinată ; s'a luat astfel mercurul la nivelul mărei şi la latitudinea de 45°.

Fie s, I, δ, secţiunea, înălţimea şi densitatea absolută a mercurului în o localitate unde intensitatea gravităţei este g, latitudinea λ şi altitudinea deasupra nivelului mărei i.

Greutatea absolută P a mercurului, care face echilibru presiunei atmosferice, este :

$$P = s \times I \times \delta \times g. \tag{1}$$

La latitudinea de 45° şi la nivelul mărei, aceiaş presiune este exprimată prin :

$$P = s \times I' \times \delta \times g_{45}, \tag{2}$$

g_{45} fiind intensitatea gravităţei la 45°.

Comparând (1) cu (2), deducem :

$$I \times g = I' \times g_{45}.$$

Deci :

$$I' = I \times \frac{g}{g_{45}}. \tag{3}$$

S'a demonstrat că între g şi g_{45} există relaţiunea :

$$\frac{g}{g_{45}} = (1 - 0{,}002552 \cos 2\lambda)\left(1 - \frac{2i}{R}\right) \tag{4}$$

$$= 1 - 0{,}002552 \cos 2\lambda - 0{,}000000003\, i,$$

R raza pământului şi i altitudinea locului exprimate în centimetri.

Urmează deci, că înălţimea barometrică I' la nivelul mării şi la latitudinea de 45^0, va fi dată prin următoarea expresiune:

$$I' = I\,(1-0{,}002552 \cos 2\lambda - 0{,}000000003\, i),$$

I fiind înălţimea barometrică, asupra căreia s'a efectuat corecţiunile relative la temperatura şi capilaritate, λ latitudinea locului şi *i* altitudinea sa deasupra nivelului mării exprimată în centimetri.

Barometrul cu sifon.—Barometrul cu sifon (fig. 138) este format din un tub de sticlă recurbat ABC, având ramura AB mai lungă şi egală aproape cu un metru, şi ramura BC mai scurtă. Tubul este închis în A la capătul ramurii cele mai lungi şi deschis în C. Se introduce mai întâi mercur în ramura cea lungă, înclinând tubul de mai multe ori; apoi ferbem mercurul cu precauţiunile indicate, pentru a depărtà picăturile de apă şi globulele de aer interpuse între mercur şi pereţii tubului.

Fig. 138.

Când această operaţiune este terminată, ridicăm barometrul în poziţiunea verticală. Vom observà că mercurul se va coborî în ramura cea lungă până în *c*, şi se va ridicà îu ramura mică şi deschisă până în *a*. Inălţimea verticală între surprafeţele libere ale mercurului din *a* şi *c* reprezintă presiunea atmosferică.

Când presiunea atmosferică varie, mercurul se coboară în o ramură a tubului şi se ridică în cealaltă ramură; nu avem, prin urmare, un nivel fix dela care să începem gradaţiunea acestui barometru. Pentru aceasta, diviziunea *zero* este cam la mijlocul tubului celui mare; de acì pleacă două gradaţiuni în milimetri, una ascendentă şi alta descendentă. Pentru a aveà înălţimea coloanei barometrice, vom cetì pe scara gradată înălţimile *i* şi *i'*, dela zero a gradaţiunii până la nivelele mercurului din *c* şi *a*. Inălţimea barometrică va fi suma înălţimilor $i+i'$.

Barometrul cu cadran.— Barometrul cu cadran (fig. 139) este un barometru cu sifon, format din două ramuri, una mai lungăşi închisă, alta mai scurtă şi deschisă. In ramura deschisă pluteşte o mică greutate de fer *a*, susţinută de un fir subţire, înfăşurat pe un scripete foarte mobil *b*; o mică contragreutate *c* ţine firul întins. Pe axul scripetului *b* este fixat acul indicator *d*, care se mişcă înaintea unui cerc. Gradaţiunile în milimetri, la cari se opreşte acul, sunt date prin observaţiunea simultanee a unui barometru sensibil şi precis. Pe cadran sunt scrise în ordinul presiunilor crescânde literile T, PM, P, V, F, FF, FU, corespunzând expresiunilor: tempestă, ploaie mare, ploaie, variabil, frumos, frumos fix, foarte uscat.

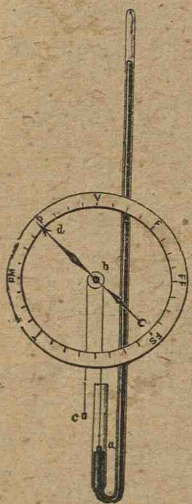


Fig. 139.

Acest barometru este puţin sensibil şi indicaţiunile sale sunt cu totul aproximative. Este întrebuinţat ca barometru casnic.

Barometre metalice.—Barometrele metalice, numite încă şi *aneroide*, sunt basate pe deformaţiunile ce le încearcă, sub acţiunea presiunei atmosferice, o cutie metalică perfect închisă, cu pereţii elastici şi vidă de aer.

Vom descrie aci barometrele metalice ale lui *Vidi* şi *Bourdon*, cari sunt aneroidele cele mai usitate.

Barometrul lui Vidi (fig. 140) este format din o cutie metalică A, cu pereţii elastici, hermeic închisă şi a cărei basă este plană ; părţei superioare B a

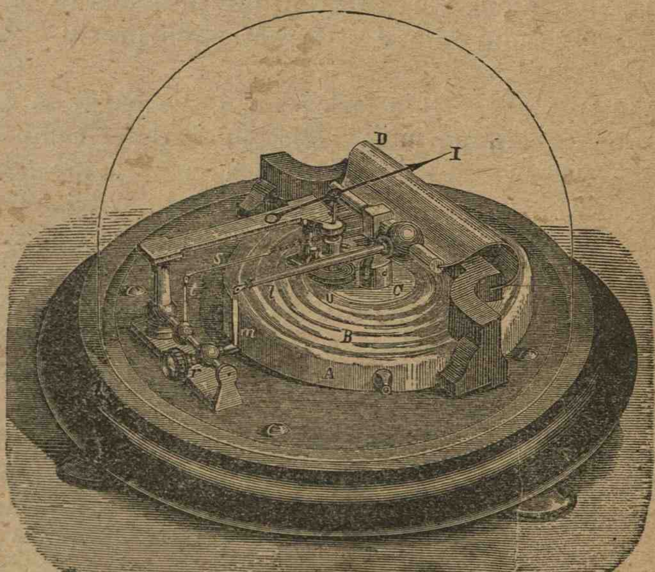


Fig. 140.

cutiei i se dă o formă ondulată pentru a aveà o suprafaţă mai mare. Inainte de a se închide cutia, se face prealabil vidul în interiorul cutiei. Presiunea atmosferică exercitânduse asupra cutiei A, fața ondulată B va cedà acestei presiuni şi se va mişcà în jos, aşà că cutia se va turtì. Variaţiunile presiunei atmosferice vor produce variaţiuni în posiţiunile pe cari le va ocupà faţa ondulată B. Aceste variaţiuni sunt transmise unui ax solid C, fixat vertical la mijlocul cutiei. O pârghie *l*, aşezată pe axul C, are unul din capete fixat la un resort solid D, iar celalt capăt la două vergele metalice articulate *m*. Mişcarea pârghiei *l* este transmisă mai departe axului *r*, vergelei *t* şi lanţului *s*, care este înfăşurat pe uu ax vertical mobil. Pe acest din urmă ax este înţepenit acul indicator I, care se mişcă înaintea unui cadran divizat. Mişcarea axului este contrabalanţată prin resortul antagonist *u*, care face că lanţul *s* să fie necontenit întins.

Diviziunile cadranului sunt obţinute notând în locul unde se opreşte acul indicator la un moment dat presiunea atmosferică citită în acelaş moment la un barometru cu mercur.

Barometrul lui Bourdon este format din un tub metalic turtit *amb* (fig. 141) cu pereţii subţiri, vid de aer şi fixat la mijlocul său *m*. Extremităţile *a* şi *b* ale tubului sunt legate prin ajutorul a două vergele articulate cu pârghia *c* mobilă imprejurul unui ax care trece prin mijlocul ei. Se fixează pe pârghia *c* sectorul dinţat *g h*. Dinţii acestui sector intră în dinţii axului mobil *o*, la care este fixat acul indicator *c d* ce se mişcă înaintea unui cadran gradat.

Fig. 141.

Dacă presiunea atmosferică se măreşte, tubul se turteşte şi extremităţile sale *a* şi *b* se vor apropia. Pârghia *c* se va mişcà dela stânga la dreapta, sectorul *gh* în sens invers, iar axul *o* cu acul indicator dela stânga la dreapta sau în sensul mişcărei acelor unui ceasornic.

Dacă presiunea atmosferică scade, mişcarea acului indicator *c d* se face în sens invers. Gradaţiunile se vor obţine, notând la extremitatea *c* a acului indicator presiunea atmosferică observată în acelaş moment la un barometru cu mercur.

S'a luat obiceiul a se înscrie pe cadran în dreptul diviziunilor 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79 centimetri notaţiunile *tempestă, ploaie mare, ploaie sau vânt, variabil, timp frumos, frumos fix, foarte uscat*, cari, în regiunile Europei centrale şi chiar ale noastre, corespund aproximativ la stările atmosferice indicate mai sus, când acul indicator este în vecinătatea acestor diviziuni.

Deşi aneroidele prezintă un avantagiu din cauză că ocupă puţin loc şi sunt uşor transportabile, au însă inconvenientul că gradaţiunile făcute la un moment dat încetează de a fi exacte după câtva timp şi atunci este necesitate de o nouă gradaţiune. Aceasta provine din cauza variaţiunei elasticităţii pe care o încearcă cu timpul tubul metalic.

Barometrul metalic înregistrator.—Există mai multe modele de barometre înregistrătoare. Vom descrie barometrul metalic înregistrator a fraţilor Richard. Acest barometru (fig. 142).

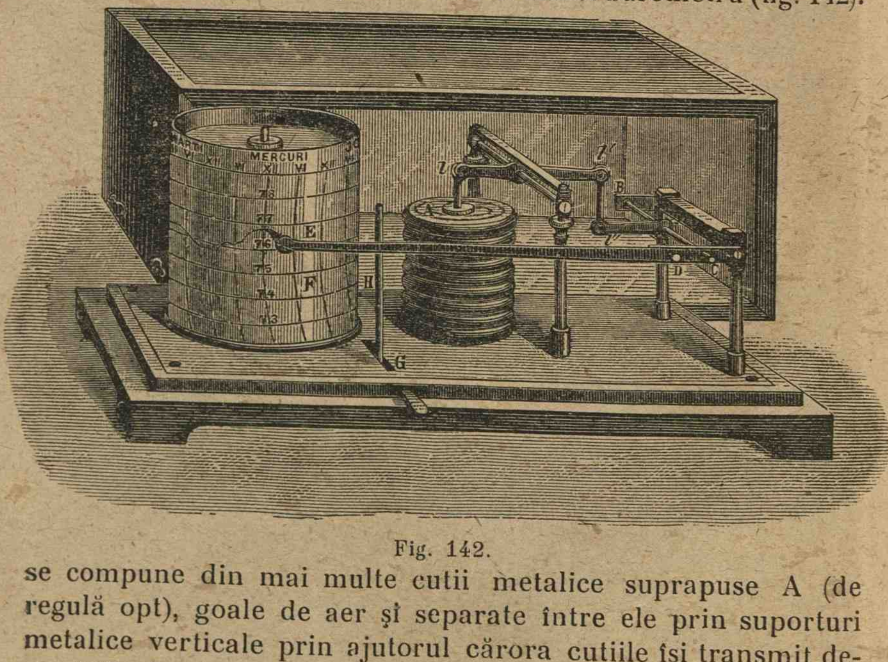


Fig. 142.

se compune din mai multe cutii metalice suprapuse A (de regulă opt), goale de aer şi separate între ele prin suporturi metalice verticale prin ajutorul cărora cutiile îşi transmit deplasările feţelor. Variaţiunile presiunii atmosferice vor aveà deci drept efect variaţiunile feţei superioare a cutiilor.

Un sistem de pârghii articulate $l\,l'\,l''$ fixat pe faţa superioară a cutiilor va transmite mişcarea acestui sistem axului mobil BC. De axul BC este înţepenit acul de aluminiu DE, prevăzut la capăt cu un condei (stil), ce apasă pe o foaie de hârtie F înfăşurată pe un cilindru. Pe această foaie de hârtie sunt trase linii orizontale depărtate între ele cu un milimetru, şi arcuri de cerc verticale indicând zilele şi orele din o săptămână. Cilindrul este pus în mişcare împrejurul unui ax vertical prin un mecanism de ceasornicărie; mişcarea complectă a cilindrului se face în timp de o săptămână.

Pentru a ne servì de aparat, vom mişcà cilindrul aşà ca stilul să vină pe cercul vertical care reprezintă ziua şi ora când facem observaţiunea. Fixând apoi cilindrul prin un şurub, situat pe faţa sa superioară, stilul va lăsà o urmă pe hârtia cadrilată şi va permite în acest mod, să cunoaştem valoarea presiunii atmosferice în orce moment.

Măsura înălţimilor cu ajutorul barometrului. — Barometrul serveşte a determinà distanţa verticală între două staţiuni. S'a văzut că pentru fie-care înălţime verticală de $10^m,5$, mercurul descinde în tubul barometric aproape cu un milimetru; de acì rezultă un mijloc cu totul aproximativ pentru determinarea înălţimei verticale între două staţiuni. S'a stabilit formule precise, prin ajutorul cărora putem determinà cu multă exactitate distanţa verticală între două staţiuni.

Să presupunem că voim a determinà înălţimea unui munte. Se va aşezà câte un barometru la baza şi la vârful muntelui şi se vor notà înălţimile I şi i ale coloanelor mercuriale la fiecare din barometre. Laplace a dat formula următoare pentru a calculà distanţa verticală X, exprimată în metri, între cele două staţiuni:

$$X = 18405^m\,(1 + 0{,}002552\cos 2\lambda)\left(1 + \frac{2(T+t)}{1000}\right)\log\frac{I}{i}.$$

In această relaţiune, λ este latitudinea locului, I şi T înălţimea barometrică şi temperatura aerului la staţiunea inferioară, i şi t înălţimea barometrică şi temperatura aerului la staţiunea superioară.

Pentru înălţimi verticale, cari nu trec de o mie de metri, se poate întrebuinţà formula mai simplificată a lui Babinet:

$$X = 16000\left(1 + \frac{2(T+t)}{1000}\right)\times\frac{I-i}{I+i},$$

I, *i*, T, *t* având aceleaşi semnificaţiuni ca şi în formula precedentă.

Intrebuinţările barometrului. — Variaţiunile înălţimei coloanei mercuriale permit a prevedeà cu oarecare probabilitate timpul, când ţinem socoteală şi de temperatura atmosferei, gradul de umiditate al aerului, direcţiunea vânturilor etc. Vom reveni mai departe asupra acestei cestiunì.

COMPRESIBILITATEA GAZELOR

Legea lui Boyle-Mariotte. — Gazele sunt corpuri compresibile şi perfect elastice. Compresibilitatea gazelor a fost studiată cam în aceiaşi epocă (1661-1676) de Boyle şi Mariotte.

Când asupra unei masse de gaz, a cărei temperatură rămâne neschimbată, exercităm presiuni din ce în ce mai mari, experienţa arată că volumul se reduce din ce în ce mai mult. Boyle şi Mariotte au arătat că dacă volumul V al gazului se reduce la $^1/_2$, $^1/_3$, . . $^1/_n$ din volumul primitiv, presiunea P exercitată asupra gazului devine de 2, 3, . . *n* ori mai mare.

Legea lui Boyle-Mariotte se enunciă în modul următor: *Volumele ocupate de o massă găzoasă, a cărei temperatură este menţinută constantă, sunt în raport invers cu presiunele exercitate asupra aceleiaşi masse de gaz.*

Dacă, prin urmare, V şi V′ sunt volumele ocupate de massa de gaz asupra căreia se exercită presiunele P şi P′, legea lui Boyle-Mariotte se va scrie:

$$(1) \qquad \frac{V}{V'} = \frac{P'}{P}.$$

Din relaţiunea (1) deducem:

$$(2) \qquad VP = V'P' = \text{cantitate constantă},$$

ceace constitue un al doilea enunciu al legei lui Mariotte: *Pentru o massă determinată de gaz, productul volumului gazului cu presiunea exercitată asupra lui este o cantitate constantă.*

Să considerăm massa M de gaz, care sub volumul V şi presiunea P are densitatea *d*; sub volumul V′ şi presiunea P′ are densitatea *d′*. Vom aveà:

$$M = Vd = V'd'.$$

De acì deducem :

$$(a) \qquad \frac{V}{V'} = \frac{d'}{d}.$$

In virtutea relaţiunei (1) putem scrie:

$$(b) \qquad \frac{V}{V'} = \frac{P'}{P}.$$

Combinând relaţiunea (a) cu (b) deducem :

$$\frac{d}{d'} = \frac{P}{P'},$$

adică : *densităţile aceleiaşi masse de gaz sunt proporţionale cu presiunile exercitate asupra gazului.*

Verificarea legeilui Boyle-Mariotte pentru presiuni mai mari de o atmosferă.—Pentru a verificà legea lui Boyle-Mariotte în cazul când supunem aceiaşi massă de gaz la presiuni mai mari decât o atmosferă, ne servim de un tub de sticlă AC cu două ramuri (fig. 143), dintre care una mai scurtă şi închisă A şi o a doua C mai lungă şi deschisă. Acest tub, numit *tubul lui Mariotte*, este fixat vertical pe o seândură de lemn. Ramura scurtă a tubului este împărţită în părţi de egală capacitate; ramura mai lungă C în părţi de egală lungime, Pentru a face experienţa, se toarnă prin ramura deschisă C mercur, care va ocupà fundul tubului. Turnând o cantitate suficientă de mercur şi înclinând tubul, pentru a face să iasă parţial aerul închis în tubul A, vom parvenì a face ca mercurul să vină în ambele ramuri la acelaş nivel *o o*, de unde se încep gradaţiunile ramurilor A şi C. Presiunea sau forţa elastică a aerului închis în A este echilibrată prin presiunea exercitată de atmosferă asupra mercurului din ramura C; fie P presiunea atmosferei măsurată la un barometru vecin şi V volumul aerului închis în A.

Fig. 143.

Continuând a turnà mercur prin tubul C, aşà ca volumul aerului din A să fie redus la jumătate, experienţa va arătà că pe când nivelul mercurului în ramura închisă A va ajunge în B, mercurul se va ridicà în ramura deschisă C până în D.

Forța clastică a massei de gaz a cărui volum redus la jumătate a devenit $\frac{V}{2}$, este echilibrată prin presiunea coloanei de mercur având ca înălțime DB, diferința între nivelele suprafețelor libere a mercurului din cele două ramuri A și C, mărită cu presiunea P, exercitată de atmosferă pe suprafața mercurului în D. Experiența arătă că înălțimea coloanei BD este tocmai înălțimea coloanei barometrice citită la un barometru vecin; presiunea coloanei BD este deci P.

Vedem, prin urmare, că volumul V fiind redus la $\frac{V}{2}$ presiun ea exercitată asupra gazului devine de două ori mai mare adică 2P.

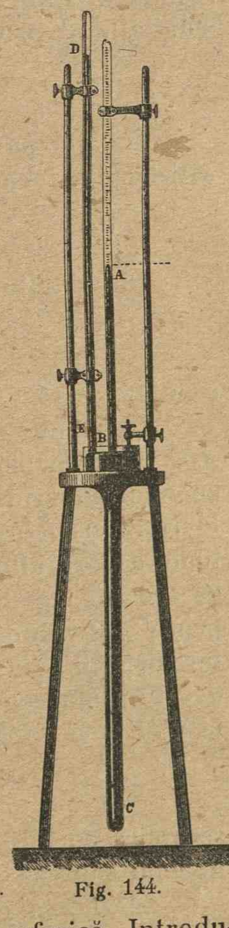


Fig. 144.

Dacă volumul aceleiași masse de aer este redus la $^1/_3$ din volumul primitiv, diferința de nivel între suprafețele mercurului din ramurile C și A va fi proporțională cu 2 P; adăogând și presiunea P, exercitată de atmosferă asupra mercurului din C, va rezultă că massa de aer sub volumul $\frac{V}{3}$ este supusă la presiunea 3 P.

In un mod general, dacă volumul aerului devine $\frac{V}{n}$, presiunea la care este supusă massa de aer va fi nP.

Verificarea legei lui Mariotte pentru presiuni mai mici decât o atmosferă. — Ne servim în acest scop de următoarea dispozițiune (fig. 144): Se ia un tub barometric AB, care să prezinte pe cât este posibil acelaș diametru în toată lungimea sa, și se divide în părți de egală capacitate, notate chiar pe tub. Se umple tubul cu mercur, întocmai ca și un tub barometric și se introduce cu capătul deschis în rezervoriul plin cu mercur C. In acest cas, știm că mercurul din tub se va coborî și înălțimea coloanei mercuriale măsură presiunea atmosferică. Introducând un gaz în camera barometrică, experiența arată că mercurul se va coborî mai mult în tub. Fie V volumul ocupat de massa gazoasă din tub şi $AB = i$, înălţimea coloanei de mercur. Dacă măsurăm înălţimea $DE = I$ a coloanei de mercur din un barometru vecin, format din un tub barometric introdus în acelaşi rezervoriu cu mercur, volumul de gaz V este supus la o presiune proporţională cu diferinţa înălţimilor $I-i$ a coloanelor de mercur.

Ridicând sau cufundând tubul cu gaz în rezervoriul cu mercur, volumul ocupat de aceeaşi massă de gaz va deveni V', iar presiunea P' a gazului va fi proporţională cu $I-i'$, i' fiind înălţimea coloanei de mercur din tubul cu gaz. Presiunile fiind proporţionale cu înălţimile, vom aveà:

$$(1) \qquad \frac{P}{P'} = \frac{I-i}{I-i'}$$

De altă parte, pentru ca legea lui Boyle-Mariotte să fie satisfăcută, trebue să avem:

$$(2) \qquad \frac{V}{V'} = \frac{P'}{P}.$$

Din relaţiunile (1) şi (2) deducem:

$$(3) \qquad \frac{V}{V'} = \frac{I-i'}{I-i},$$

relaţiune care este verificată de experienţă.

Legea lui Boyle-Mariotte în cazul presiunilor mari.— Am văzut că pentru aerul atmosferic, când presiunile nu sunt cu mult superioare presiunei atmosferice, legea lui Boyle-Mariotte este justificată. Experienţe de aceeaşi natură, efectuate asupra altor gaze analoage aerului atmosferic, au arătat că această lege le este de asemenea aplicabilă. Să represintăm prin V şi P volumul şi presiunea unei masse de aer la o temperatură determinată; efectuând asupra gazului apăsarea P' mai mare decât P, la aceeaşi temperatură, volumul gazului se va reduce la V'. Legea lui Boyle-Mariotte, reprezintată prin relaţiunea:

$$\frac{VP}{V'P'} = 1,$$

se aplică aerului atmosferic şi la gaze analoage, când presiunile nu sunt cu mult superioare presiunei atmosferice.

Să vedem ce devine legea lui Boyle-Mariotte, când presiunile exercitate asupra gazelor sunt cu totul mari. Vom conveni a numi presiunea atmosferei reprezintată prin greutatea coloanei mercuriale de 760 milimetri înălţime, presiunea de o *atmosferă*; când presiunea este de 2, 3... *n* ori mai mare de cât presiunea coloanei de mercur de 760 milimetri de înălţime, se zice că presiunea este de 2, 3... *n* atmosfere.

Foarte mult timp s'a crezut că legea lui Boyle-Mariotte este exactă şi aplicabilă la toate gazele, oricare ar fi presiunele exercitate asupra lor. Cel d'întâiu, care a arătat că această lege nu se aplică la unele gaze, este Faraday. In 1823, Faraday licefiând mai multe gaze uşor licefiabile ca clorul, amoniacul, anhidrida sulfuroasă, prin ajutorul unor presiuni mari exercitate asupra lor, observă că volumele gazelor devin cu mult mai mici decât arată legea lui Mariotte când gazele se apropiau de punctul lor de licefacţiune. Mai târziu, în 1825, Oersted la Copenhaga şi Despretz la Paris avură ideia de a compară simultaneu cu acelaşi aparat compresibilitatea aerului atmosferic cu a altor gaze ca amoniacul, acidul carbonic, hidrogenul etc. Spunând gazele la presiuni considerabile, Despretz constată că gazele uşor licefiabile ca amoniacul, acidul carbonic etc. se comprimă mai mult decât aerul atmosferic, pe când compresibilitatea hidrogenului este mai mică decât acea a aerului.

Putem repetà experienţa lui Despretz în modul următor:

Se introduc (fig. 145) două tuburi gradate A şi B de acelaşi diametru în un vas C, conţinând mercur la basă şi restul plin cu apă. Tuburile A şi B conţin volume egale de gaze; cel d'întâiu A conţine un gaz uşor licifiabil, de exemplu acid carbonic sau amoniac; cel de al doilea B aer atmosferic.

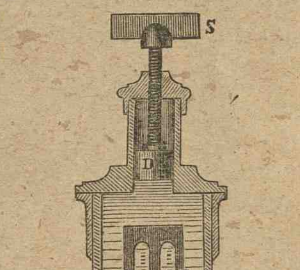


Fig. 145.

Mişcând şurubul S, aşà ca pistonul D să intre în corpul de pompă şi să exercite presiuni din ce în ce mai mari asupra licidului din vasul C, vom puteà uşor constatà că volumul gazului licifiabil, conţinut în tubul A, va fi cu mult mai redus decât volumul aerului. Aceasta ne probează că, în aceleaşi condiţiuni, un gaz licifiabil se comprimă mai mult decât aerul atmosferic.

Dacă am repeta experienţa cu hidrogen şi aer atmosferic, am vedeà că hidrogenul se comprimă mai puţin decât aerul atmosferic.

In fine, Pouillet servindu-se de un aparat mai sensibil, în care presiunile puteau ajunge până la 100 de atmosfere, confirmă rezultatele lui Despretz.

Experienţele lui Regnault. — Dulong şi Arago studiară compresibilitatea aerului atmosferic supus la presiuni din ce în ce mai mari până la 27 atmosfere. Regnault arată mai târziu câtevà erori în aceste experienţe. Pentru a evita aceste erori, Regnault introduce mai multe modificări esenţiale în aparatul lui Dulong şi Arago. Rezultatele obţinute de Regnault sunt cu totul precise.

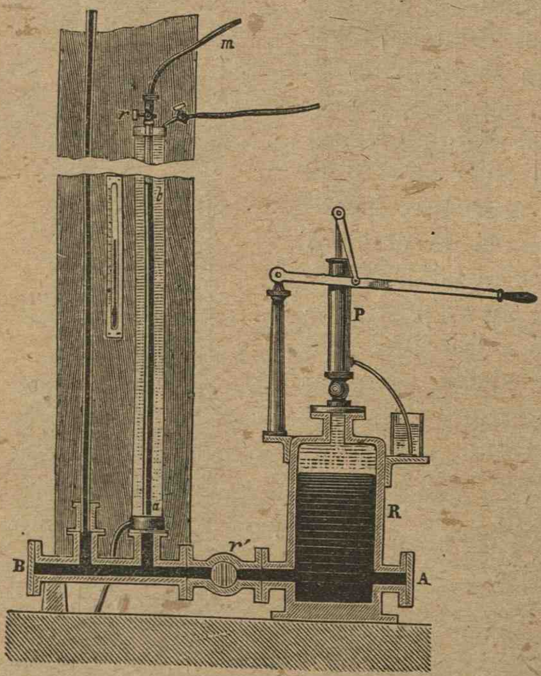


Fig. 146.

Aparatul lui Regnault (fig. 146) se compune din un tub de sticlă, lung de 3 metri, comunicând la partea sa superioară prin robinetul *r* cu tubul *m*, prin care putem introduce în tubul de sticlă aer sau gaz comprimat în un recipient. Pe tub sunt însemnate două trăsături fixe *a* şi *b*, aşà că volumul între trăsăturile *a* şi *b* să fie egal cu volumul între trăsătura *b* şi robinetul *r*. Pentru ca temperatura gazului din tub să fie menţinută invariabilă, tubul este înconjurat de un cilindru, în care circulă necontenit un curent de apă rece, a cărei temperatură este constantă în tot timpul experienţelor.

Tubul de sticlă este fixat la basa sa în o tubulură, cu care este prevăzut cilindrul de fontă AB. O serie de tuburi de sticlă verticale, reunite între ele în un mod special, formează o coloană lungă de 25 metri înălţime, deschisă la extremitatea superioară. Capătul de jos al coloanei este fixat în o tubulură a cilindrului AB, care serveşte ca un canal de comunicaţiune între tubul scurt de 3 metri şi coloana de 25 metri înălţime. Pe cilindrul AB este adaptat rezervoriul cu mercur R, prevăzut cu pompa P. Un robinet *r'*, interpus între tuburi şi rezervoriul R, permite a stabilì sau a întrerupe comunicaţiunea între tuburi şi rezervoriu.

Regnault efectuà experienţele în modul următor: Deschizând robinetul *r*, pune tubul de sticlă în comunicaţiune cu recipientul care conţine aer sau gazul asupra căruia voim să experimentăm. Se umpleà astfel tubul cu gaz până în *a*, şi se închideà apoi robinetul *r*. Deschizând apoi robinetul *r'*, se exercită prin ajutorul pompei P o presiune asupra mercurului din rezervoriul R, care erà împins în tubul scurt până la trăsătura *b*; se închideà în urmă robinetul *r'*. Volumul gazului erà astfel redus la jumătate. Forţele elastice ale gazului erau măsurate în ambele cazuri prin presiunile coloanelor de mercur, având ca înălţime diferinţa între suprafeţele libere ale mercurului din ramura lungă şi cea scurtă, la care se adăogă şi presiunea atmosferică. Dacă V_1 şi $\frac{V_1}{2}$ sunt volumele ocupate de gaz şi P_1 şi P_2 forţele elastice observate ale aceleiaşi masse de gaz, dacă legea lui Mariotte ar fi exactă ar trebuì să avem:

$$V_1 P_1 = \frac{V_1}{2} P_2.$$

Pentru a operà sub presiuni mai mari, Regnault deschide robinetul *r* şi introduce în tub o nouă massă de gaz, până ce nivelul mercurului se opreşte în *a*. Inchizând robinetul *r* şi citind presiunea gazului în modul indicat mai sus, se găseşte o presiune $P'_1 > P_1$. Deschizând apoi robinetul *r'*, se exercită prin ajutorul pompei P o presiune asupra gazului, aşà ca nivelul mercurului din tub să se ridice până în *b*. Presiunea la care gazul este acum supus este P'_2. Dacă legea lui Mariotte ar fi exactă, ar trebuì să avem:

$$V_1 P'_1 = \frac{V_1}{2} P'_2.$$

Se continua astfel cu experienţele, până ce mercurul ajungeà la partea superioară a coloanei de 25 metri.

Am văzut că Regnault operează asupra unor masse de gaz diferite; el deduce apoi prin calcul din rezultatele obţinute compresibilitatea unei aceleiaşi masse de gaz.

Regnault, exercitând presiuni asupra gazelor până la 27 atmosfere, găseşte că *aerul, azotul, acidul carbonic* se îndepărtează de legea lui Boyle-Mariotte şi anume volumele acestor gaze se comprimă mai mult decât arată legea lui Boyle-Mariotte; *hidrogenul*, din contra, se comprimă mai puţin decât în cazul când acest gaz ar urmà legea lui Boyle-Mariotte.

Fie V_0 şi P_0 volumul şi presiunea iniţială a massei de gaz, V şi P volumul şi presiunea aceleiaş masse de gaz comprimate. Dacă legea lui Boyle-Mariotte ar fi exactă, ar trebuì să avem $\frac{V_0 P_0}{VP} = 1$. După experienţele lui Regnault, raportul $\frac{V_0 P_0}{VP} > 1$ pentru azot, acid carbonic şi aer atmosferic; acest raport $\frac{V_0 P_0}{VP} < 1$ pentru hidrogen. Regnault deduce din rezultatele obţinute următoarea formulă empirică, care exprimă compresibilitatea gazelor:

$$\frac{V_0 P_0}{VP} = 1 + A\left(\frac{V_0}{V} - 1\right) + B\left(\frac{V_0}{V} - 1\right)^2,$$

unde A şi B sunt două constante. Pentru aerul atmosferic, valorile acestor constante sunt:

$$A = 0{,}001105308$$
$$B = 0{,}0000193809.$$

Compresibilitatea gazelor sub presiuni foarte mari. — In timpurile din urmă, Cailletet şi Amagat au studiat compresibilitatea gazelor supuse la presiuni foarte mari. Vom da rezultatele la cari a ajuns Amagat relativ la compresibilitatea gazelor la temperatura ordinară precum şi la temperaturile înalte.

Compresibilitatea gazelor la temperatura ordinară. Putem raportă compresibilitatea gazelor la temperatura ordinară la trei tipuri:

a) *Hidrogenul*, care este gazul cel mai greu licefiabil din toate gazele, se comprimă mai puţin decât indică legea lui Boyle-Mariotte. Dacă V_0 şi P_0 este volumul şi presiunea iniţială a hidrogenului, V şi P volumul şi presiunea aceleiaş masse de hidrogen comprimate, experienţele lui Amagat au arătat că raportul $\frac{V_0 P_0}{V P} < 1$; productul VP merge crescând cu cât presiunea exercitată asupra gazului creşte.

b) Alte gaze cari se licifac sub acţiunea combinată a unei presiuni considerabile şi a unei temperaturi inferioare, cum sunt *aerul*, *azotul* etc. şi cari sunt mai uşor licefiabile decât hidrogenul, prezintă mai întâi o compresibilitate mai mare decât indică legea lui Boyle-Mariotte. Când presiunile continuă a creşte, aceste gaze trec prin un maximum de compresibilitate; pentru o valoare determinată a presiunei, ele urmează legea lui Boyle-Mariotte; în fine, pentru presiuni mai superioare, ele prezintă o compresibilitate analogă cu a hidrogenului, comprimându-se prin urmare mai puţin decât indică legea lui Boyle-Mariotte.

Pentru aceste gaze, raportul $\frac{V_0 P_0}{V P}$ care începe prin a fi mai mare decât unitatea pentru presiuni nu tocmai mari, devine mai mic decât unitatea pentru presiuni considerabile. Productul VP mai mic decât $V_0 P_0$, continuă a se micşorà cu cât presiunea creşte şi trece prin un *minimum*; devine apoi egal cu $V_0 P_0$ şi în urmă continuă a fi mai mare decât $V_0 P_0$, întocmai ca şi în cazul hidrogenului.

Astfel, după experienţele lui Amagat, *azotul* la 15_0 se comprimă mai mult decât indică legea lui Boyle-Mariotte până la 75 atmosfere; la presiunea de 75 atmosfere compresibilitatea azotului este maximă; dacă continuăm cu presiunile, la 125 atmosfere acest gaz urmează legea lui Boyle-Mariotte; în fine, dela 125 de atmosfere în sus azotul se comprimă mai puţin decât arată legea lui Boyle-Mariotte.

c) Pentru gaze *uşor licefiate* ca anhidrida sulfuroasă, amoniacul, acidul carbonic etc., compresibilitatea este mai mare decât o indică legea lui Boyle-Mariotte. Pentru aceste gaze raportul $\frac{V_0 P_0}{V P} > 1$ şi productul VP merge descrescând cu cât presiunea exercitată asupra gazelor creşte. Legea lui Boyle-Mariotte nu este aplicabilă gazelor uşor licefiabile decât pentru presiuni de 3 sau 4 atmosfere cel mult.

Compresibilitatea gazelor la temperaturi înalte. Experienţele au arătat că hidrogenul continuă a se comprima la temperaturile înalte ca şi la temperatura ordinară; gazele ca azotul, aerul etc., dacă temperatura este destul de ridicată, se comprimă ca şi hidrogenul.

Compresibilitatea gazelor supuse la presiuni mici. — Compresibilitatea gazelor sub presiuni mici a fost studiată de Siljerström, Mendelejeff şi Amagat. După Amagat, care a făcut experienţe asupra compresibilităţii gazelor supuse la presiuni cari mergeau descrescând până la presiunea unei coloane de mercur de înălţime $\frac{1}{10}$ din un milimetru, gazele ar urma exact legea lui Boyle-Mariotte.

Limitele în cari se aplică legea lui Boyle-Mariotte. — Din cele expuse, rezultă că legea lui Boyle-Mariotte este o lege aproximativă; ea nu este aplicabilă decât în cazul când gazele sunt destul de îndepărtate de punctul lor de licefacţiune şi când variaţiunile de presiune nu sunt considerabile.

Exerciţii asupra legii lui Boyle-Mariotte. — Legea lui Boyle-Mariotte se exprimă prin relaţiunea:

$$VP = V'P'. \tag{1}$$

Deducem din rel. (1) valorile lui V' şi P':

$$V' = \frac{VP}{P'}. \tag{2}$$

$$P' = \frac{VP}{V'}. \tag{3}$$

Relaţiunea (2) răspunde următoarei probleme: *Cunoscând volumul V şi presiunea P a unei masse de gaz, a se găsi volumul V' al aceleiaşi masse de gaz, supusă la presiunea P', când temperatura massei gazoase este menţinută constantă.*

Relaţiunea (3) ne dă soluţia următoarei probleme: *Cunoscând volumul V şi forţa elastică P a unei masse de gaz, a se găsi forţa elastică P' a aceleiaşi masse de gaz, când volumul massei gazoase devine V', temperatura fiind menţinută constantă.*

Volumul unui gaz redus la presiunea normală. — Se numeşte *presiune normală* presiunea exercitată de o coloană de mercur a cărei înălţime este de 76 centimetri. Pentru ca volumele ocupate de diferite gaze să fie comparabile, se obicinueşte a se căutà cari sunt volumele ocupate de gaze când presiunea exercitată asupra lor este aceea a unei coloane de mercur de 76 centimetre. Se zice atunci că volumul gazului este redus la presiunea normală.

Fie, de exemplu, V şi P, volumul şi presiunea unei masse de gaz; pentru a aveà volumul V′ a gazului la presiunea normală de 76 centimetri, vom scrie, considerând presiunile exercitate asupra unităţei de suprafaţă:

$$\frac{V'}{V} = \frac{P}{76}; \text{ de unde:}$$

$$V' = \frac{VP}{76}.$$

In experienţele de Chimie avem adeseaori necesitate a cunoaşte volumul unui gaz sub presiunea normală. Să presupunem (fig. 147) că am cules un gaz în o prubetă gradată pusă pe un vas cu mercur şi ne arangiăm astfel ca suprafeţele libere ale mercurului din vas şi prubetă să fie la acelaş nivel. Dacă I este înălţimea barometrică citită la un barometru vecin în momentul experienţei şi V volumul ocupat de gaz, volumul V′ a gazului sub presiunea de 76 centimetri va fi:

Fig. 147.

$$V' = \frac{V.I}{76}.$$

In cazul când dimensiunile prubetei şi a vasului nu permit a aduce la acelaşi nivel mercurul din vas şi prubetă (fig. 148), se citeşte înălţimea i a coloanei de mercur ridicate în prubetă. In acest caz, volumul V al gazului este sub presiunea I—i; volumul V′ la presiunea de 76 centimetri este:

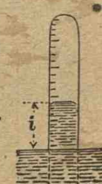


Fig. 148.

$$V' = \frac{V\,(I-i)}{76}.$$

Manometre.

Evaluarea forței elastice a unui gaz sau a unèi vapoare în atmosfere și kilograme.—In industrie este de mare necesitate a cunoaşte forța elastică a unui gaz sau a unei vapoare, de exemplu a vapoarei de apă.

Se dă în special numele *de forță elastică* a unui gaz sau a unei vapoare, presiunei exercitate de gaz sau vapoare pe o suprafață egală cu un centimetru pătrat.

Forța elastică poate fi evaluată în *atmosfere*. O atmosferă este, după cum s'a văzut, presiunea exercitată de un gaz pe o suprafață de un centimetru pătrat, egală cu presiunea unei coloane de mercur având de bază un centimetru pătrat și înălțimea de 76 centimetri. Fiindcă greutatea coloanei de mercur, în condițiunile indicate, este $1^{kil},033$, forța elastică de o atmosferă corespunde la o presiune de $1^{kil.},033$ pe centimetru pătrat.

Actualmente, se obicinueşte foarte mult în industria mecanică a se exprima forța elastică în kilograme. Fiindcă înălțimea coloanei mercuriale, a cărei bază este 1 centimetru pătrat și greutatea de un kilogram, corespunde la o înălțime de $73^{cm.},5$, sa va zice că forța elastică a unui gaz sau a unei vapoare este de un kilogram, când presiunea exercitată asupra unui centimetru patrat corespunde greutății unei coloane de mercur având ca basă un centimetru pătrat și ca înălțime $73^{cm.},5$.

Manometre.— Se numesc *manometre* aparatele destinate a măsură forțele elastice ale gazurilor sau ale vaporilor.

Se întrebuințează în practică trei feluri de manometre : *a*) manometre cu aer liber ; *b*) manometre cu aer comprimat ; *c*) manometre metalice.

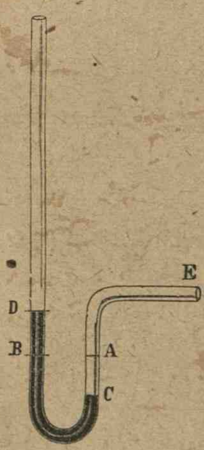


Fig. 149.

Manometre cu aer liber.— In manometrele cu aer liber, forța elastică a gazului este măsurată direct prin înălțimea unei coloane de mercur sau de alt licid, care se ridică în un tub deschis.

Un model de mamometru cu aer liber este următorul (fig. 149). Un tub de sticlă conținând mercur și de două ori recurbat, este pus în comunicațiune prin extremitatea

E cu gazul sau vapoarea, a căreia forţă elastică voim a măsurà. Când gazul este la presiunea atmosferică, mercurul este în acelaşi plan orizontal AB în ambele ramuri. Când forţa elastică a gazului creşte, mercurul se coboară în o ramură până în C şi se ridică în cealaltă ramură până în D. O riglă gradată indică diferinţa de nivel DC între cele două suprafeţe libere ale mercurului. Forţa elastică a gazului va fi egală cu greutatea coloanei de mercur, având ca bază un centimetru pătrat şi ca înălţime DC, la care se adaugă şi presiunea atmosferică cetită le un barometru vecin. Dacă I este înălţimea coloanei barometrice, ce măsură presiunea atmosferică, şi DC=i, forţa elastică a gazului corespunde la greutatea coloanei de mercur având ca bază 1 centimetru pătrat şi ca înălţime I+i centimetri.

Dacă luăm ca presiune atmosferică valoarea medie a unei *atmosfere* (care corespunde după cum se ştie la greutatea coloanei de mercur a cărei înălţime este de 76 centimetri), forţa elastică a gazului este proporţională cu 76+i centimetri. Să presupunem că mercurul se ridică în tubul deschis cu 4×76=304 centimetri, forţa elastică a gazului va fi proporţională cu înălţimea 5×76=380 centimetri a coloanei mercuriale ; ar trebuì deci un tub aproape de 4 metri pentru a puteà face determinările forţei elastice. Din această cauză nu se întrebuinţează manometrele cu aer liber decât pentru forţe elastice egale cel mult cu cinci atmosfere.

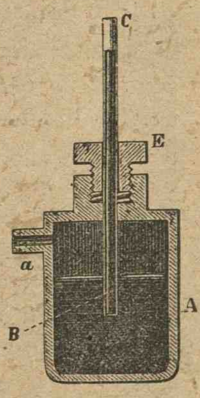


Fig. 150.

Modelul întrebuinţat în industrie, unde sunt permise determinările cu aproximaţiune, este format (fig. 150) din rezervoriul larg de fontă A, conţinând mercur, şi în care este introdus tubul de sticlă BC deschis la partea superioară. Un şurub E, lipit de tub, intră în o piuliţă tăiată în rezervoriul de fontă şi permite a'l închide hermetic. Un tub lateral a serveşte a introduce în rezervoriu gazul sau vapoarea, a cărei forţă elastică voim a determinà. Gazul, apăsând asupra mercurului din cuvetă, îl ridică în tub ; din cauză însă că diametrul rezervoriului este mare în raport cu acel al tubului, se neglijează variaţiunea nivelului mercurului din rezervoriu.

O riglă gradată, al cărei zero corespunde cu nivelul mercurului din rezervoriu, este aplicată pe tub.

Să presupunem că voim să măsurăm forţa elastică a unui gaz în *atmosfere*. Dacă forţa elastică a gazului este de o atmosferă, mercurul din tub şi din rezervoriu va fi la acelaşi nivel, care corespunde cu diviziunea zero a riglei divizate. Dacă forţa elastică a gazului este de 2, 3, 4 atmosfere, mercurul se va ridicà în tub la înălţimi de 76,2×76, 3×76 centimetri, la care vom adăogì şi înălţimea de 76 centimetri, corespunzătoare la presiunea de o atmosferă a aerului exterior. Dacă, în general, înălţimea coloanei de mercur, cetită pe rigla divizată, este de i centimetri, forţa elastică a gazului va fi greutatea coloanei de mercur având ca basă un centimetru pătrat şi ca înălţime $76+i$ centimetri; această presiune în atmosfere este:

$$\frac{76+i}{76} \text{ atmosfere} = \left(1+\frac{i}{76}\right) \text{ atmosfere.}$$

In un mod analog, putem evalua forţa elastică a unui gaz în kilograme. Dacă admitem, cu o aproximaţiune destul de mare, că presiunea de 1 *atmosferă* este de un kilogram pe centimetru pătrat, şi că mercurul se ridică în tub la o înălţime de $73^{cm.},5$, în acest cas forţa elastică a gazului este de 2 kilograme. Dacă mercurul s'ar ridicà în tubul deschis cu $73^{cm.},5\times 2$, etc., forţa elastică a gazului este de 3 etc. kilograme. In general, fie i numărul de centimetri cu care se ridică mercurul în tubul deschis; forţa elastică a gazului în kilograme este:

$$\frac{73,5+i}{73,5} \text{ kilograme} = \left(1+\frac{i}{73,5}\right) \text{ kilograme,}$$

luând, în un mod cu totul aproximativ şi permis în industrie, ca valoare a unei atmosfere greutatea coloanei de mercur a cărei înălţime este de $73^{cm.},5$.

Manometre cu aer comprimat. — Una din formele cele mai uzitate ale manometrului cu aer comprimat este următoarea (fig. 151): Un tub de sticlă A, închis la capătul de sus, este masticat cevà mai sus de capătul său inferior la o cuvetă resistentă de fontă B. Cuveta B conţine mercur;

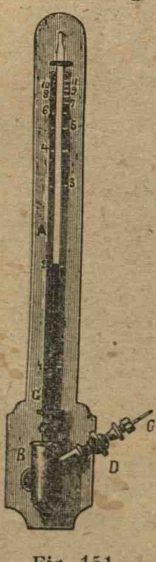


Fig. 151.

capătul de jos al tubului A este cufundat în mercurul din cuvetă. In tubul A s'a introdus prealabil o cantitate oarecare de aer uscat. La rezervoriul B este adaptat tubul lateral C, prevăzut cu robinetul D, prin care este introdus în rezervoriu gazul sau vapoarea a cărei forţă elastică voim s'o măsurăm. Pe tubul A este aplicată o riglă, pe cari sunt trase gradaţiuni indicând forţele elastice.

Să presupunem că forţa elastică a aerului închis în tubul A este egală cu presiunea atmosferei; mercurul din tubul A şi din rezervoriul B vor fi la acelaşi nivel. Să introducem un gaz în rezervoriul B; mercurul se va suì în tubul A; forţa elastică a gazului din cuvetă este egală cu forţa elastică a aerului comprimat la care se adaugă presiunea coloanei de mercur, a cărei înălţime este diferenţa de nivel între suprafeţele libere a mercurului din tub şi rezervoriu. Aşà dacă volumul aerului din tub s'ar reduce la jumătate, forţa elastică a gazului din cuvetă ar fi egală cu forţa elastică a aerului comprimat, care în acest caz este de două atmosfere, la care se adaogă şi presiunea coloanei de mercur ridicată în tubul A.

Se vede de acì, că dacă forţa elastică a gazului este de două atmosfere, mercurul se va ridicà în tub la o înălţime mai mică de cât jumătatea tubului.

Se obicinueşte a se gradà manometrele cu aer comprimat prin comparaţiune cu un manometru cu aer liber. Pentru aceasta, se pun cuvetele manometrelor cu aer liber şi aer comprimat în comunicaţiune cu acelaşi rezervor cu gaz. Efectuând asupra gazului din rezervoriu o presiune determinată, vom măsura forţa elastică a gazului la manometrul cu aer liber; această forţă elastică se va notà pe riglă în dreptul nivelului la care s'a ridicat mercurul în tubul cu aer comprimat.

Gradaţiunea manometrului cu aer comprimat se poate face în atmosfere sau kilograme, după cum măsurăm forţele elastice cu manometrul cu aer liber în atmosfere sau kilograme.

Gradaţiunile acestui manometru pot merge până la 10 sau 12 atmosfere. Trebue de observat că, cu cât forţele elastice ale gazelor sunt mai mari, gradaţiunile manometrului sunt mai apropiate; o eroare mică făcută în citirea înălţimei coloanei mercuriale din tubul manometric provoacă o eroare considerabilă în evaluarea forţelor elastice.

Cu toate că acest manometru are avantagiul de a fi uşor transportabil, însă din cauza erorilor ce pot interveni în evaluarea presiunilor mai mari precum şi din motivul că suprafaţa mercurului se oxidează uşor în tubul manometric în contact cu aerul comprimat, din aceste cauze manometrele metalice sunt mai preferate în practică.

Manometre metalice.—Aceste manometre sunt bazate pe elasticitatea metalelor. Vom descrie manometrul metalic a lui *Bourdon* în forma cea mai uzitată.

Manometrul lui Bourdon (fig. 152) este format din un tub metalic, cu pereţii subţiri şi flexibili, învârtit în spirală. Secţiunea acestui tub este eliptică. Unul din capetele tubului este fix şi comunică, prin tubul A prevăzut cu robinetul B, cu rezervoriul cu gaz sau vapoare, de exemplu cu căldarea cu vapori, a căror forţă elastică voim s'o măsurăm. Celălalt capăt al tubului în spirală este închis şi liber. La acest capăt este fixat un ac indicator, ce se mişcă înaintea unui cadran divizat. Când introducem un gaz în tubul în spirală, dacă forţa elastică a gazului creşte, spirala tinde a se deschide, extremitatea liberă a spiralei se va mişcà în un sens şi cu ea se va mişcà pe cadran şi acul indicator. Când forţa elastică a gazului se micşorează, spirala se strânge şi acul indicator se mişcă pe cadran în sens invers.

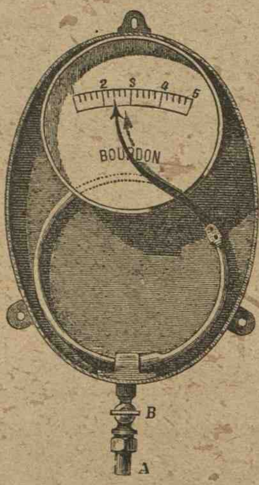


Fig. 152.

Gradaţiunea acestui manometru se face în comparaţiune cu un manometru cu aer liber. Gradaţiunile se fac, după cazuri, în atmosfere sau în kilograme.

Manometrul metalic, fiind un instrument solid şi uşor transportabil, este foarte mult întrebuinţat în industrie. Elasticitatea tubului în spirală fiind modificată cu timpul, trebueşte din când în când a 'l comparà cu manomatrul cu aer liber şi a procede chiar la o altă gradaţiune dacă alteraţiunea elasticităţei tubului metalic este pronunţată.

Volumenometru. — Am văzut că manometrele sunt aparate bazate pe legea lui Boyle-Mariotte. Volumenometrul este, deasemenea, o aplicaţiune a aceleaş legi. Cu volumenometru se poate determinà volumul unui corp, de unde se poate deduce, cunoscându-se greutatea corpului, şi densitatea lui.

Volumenometrul, imaginat către sfârşitul secolului XVIII de Say, a fost construit sub forma alăturată (fig. 153) de Regnault. Acest aparat se compune din tuburile verticale A şi B, lipite la bazele lor la un tub de fontă de două ori recurbat şi prevăzut cu robinetul cu trei deschideri R.

După cum se vede în figură (fig. 154), în poziţiunea 1 a robinetului, cele două tuburi A şi B comunică direct între ele; în poziţiunea 2, tuburile A şi B comunică ambele cu exteriorul; în poziţiunea 3, numai tubul A comunică cu exteriorul; în fine, în poziţiunea 4, tubul B este acel ce comunică cu exteriorul.

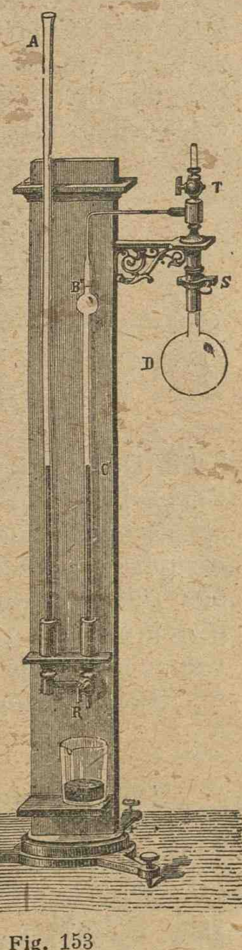


Fig. 153

Tubul A (fig. 153), este deschis la capătul de sus. Tubul B este prevăzut cu o umflătură; pe acest tub sunt trase două linii fixe B şi C. Acest din urmă tub este continuat cu un tub orizontal de un diametru mai mic, care serveşte a-l pune în comunicaţiune cu balonul D precum şi cu exteriorul prin ajutorul robinetului T. Ca să putem determinà volumul unui corp, este necesar a măsurà prealabil volumul v între punctele fixe B şi C, precum şi volumul V al balonului D şi a tuburilor de comunicaţiune până la punctul fix B.

Pentru a determinà pe v, se toarnă mercur prin armura deschisă A, aşà ca, nivelul mercurului să vină până la linia fixă B. Se întoarce apoi robinetul R în un mod convenabil şi se lasă ca mercurul să se scurgă dela linia fixă B până la linia C. Volumul mercurului cules reprezintă volumul v.

Pentru a măsurà pe V, se întoarce şurupul T, făcând ca tubul B să comunice cu exteriorul. Tuburile A şi B comunicând între ele, se toarnă mercur în A până ce nivelul mercurului va venì în ambele tuburi în acelaş plan orizontal trecând prin linia fixă C. Se întrerupe apoi comunicaţiunea tubului B cu exteriorul prin robinetul T. In acest caz, volumul gazului din

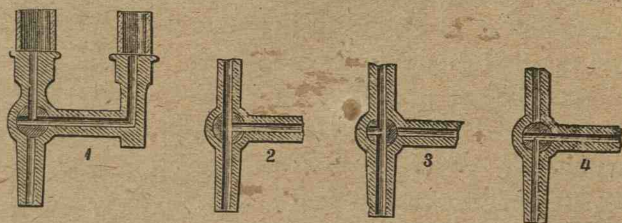


Fig. 154.

balon şi din tuburile de comunicaţiune este $V + v$ sub presiunea I a atmosferii. Turnând în urmă mercur în ramura A, aşà ca nivelul mercurului să se ridice până la linia B, volumul gazului se va reduce la V; experienţa arată că mercurul este mai ridicat în ramura A şi diferenţa de nivel între suprafeţele mercurului din cele două tuburi verticale este i; gazul, a cărui volum este redus la V, se află sub presiunea $I + i$.

Conform legii lui Boyle-Mariotte, vom aveà:

$$(V + v)\, I = V\, (I + i).$$

De acì deducem:

$$V = v \frac{I}{i}.$$

Când voim a determinà volumul necunoscut x a unui corp, îl vom introduce în balonul D, pe care îl vom legà la aparat prin inelul s. Vom repetà cele două operaţiuni precedente, pe care le-am indicat la determinarea lui V, aducând mercurul succesiv la nivelul C şi la nivelul B. Aplicând legea lui Boyle-Mariotte şi ţinând socoteală că volumul V al balonului este micşorat cu volumul x al corpului, vom aveà:

$$(V - x + v)\, I' = (V - x)\,(I' + i''),$$

unde I' este înălţimea barometrică şi i'' diferenţa de nivel între suprafeţele libere ale mercurului din tuburi în ultima operaţiune.

Din relaţiunea precedentă deducem:

$$x = \frac{V\,i'' - v\,I'}{i''}.$$

Cunoscându-se volumul corpului, se va determinà în urmă şi greutatea sa şi se va aflà astfel densitatea corpului.

In acest mod se determină densitatea corpurilor (de exemplu a prafului de puşcă), cari s'ar deteriorà fiind introduse în apà.

Maşina pneumatică.

Maşine pneumatice. Maşina pneumatică cu un singur corp de pompă. — Se numesc *maşine pneumatice* aparatele destinate a rarefica aerul sau gazul conţinut în un spaţiu limitat.

Cea dintâiu maşină pneumatică a fost realizată la 1654 la Magdeburg de Otto de Guericke. Această maşină a fost necontenit perfecţionată, mai cu seamă de Boyle (1626) şi Papin (1710).

Maşina pneumatică cu un singur corp de pompă (fig. 155), este formată din un cilindru A, numit *corp de pompă*, în care se mişcă pistonul P. Cilindrul A comunică prin canalul C cu un recipient B, în care se află aerul sau gazul ce voim a rarefica. La partea inferioară a corpului de pompă se află o supapă S, care se deschide de jos în sus; de asemenea, pistonul P este prevăzut cu o deschidere longitudinală, care se poate închide cu supapa S', ce se mişcă tot de jos în sus.

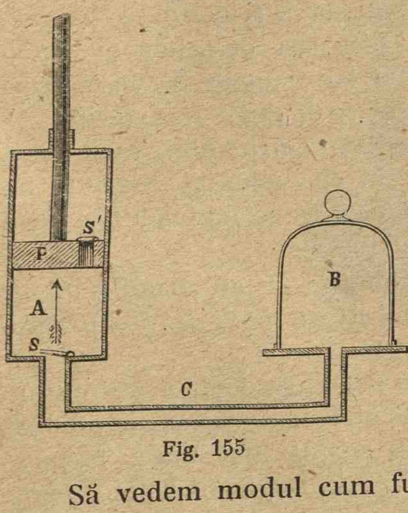


Fig. 155

Să vedem modul cum funcţionează această maşină.

Să presupunem, la început, pistonul P aplicat pe baza corpului de pompă; supapele S şi S′ sunt închise. Să ridicăm pistonul P în sus; în corpul de pompă va rămânea un spaţiu vid de aer; forţa elastică a gazului conţinut în recipientul B va deschide supapa S şi va face ca gazul să pătrundă în corpul de pompă. In tot timpul mişcărei ascendente a pistonului, supapa S′, asupra căreia apasă presiunea atmosferică, rămâne închisă. Când pistonul se opreşte în mişcarea ascendentă, supapa S, fiind deopotrivă apăsată pe ambele sale feţe, va cădeà prin propria sa greutate, întrerupând astfel comunicaţiunea între corpul de pompă şi recipient.

Să scoborîm pistonul P în jos. Supapa S va continuà a rămânea închisă. Gazul din corpul de pompă va fi comprimat şi forţa sa elastică se va mărì din ce în ce mai mult. Când forţa elastică a gazului ajunge a fi mai mare decât presiunea exercitată de atmosferă pe faţa superioară a pistonului, supapa S′ va fi deschisă şi gazul din corpul de pompă va fi gonit în afară. Dacă contactul între piston şi basa corpului de pompă. este perfect, tot gazul conţinut în corpul de pompă va fi gonit.

In urma acestei mişcări ascendente şi descendente a pistonului, o parte din gazul din recipient fiind gonit, forţa elastică a gazului rămas este mai mică decât aceia pe care o aveà massa de gaz la începutul experienţei.

Să reîncepem operaţiunile, ridicând din nou pistonul Aceleaşi fenomene se vor repeta. Forţa elastică a gazului din recipient va face să se ridice supapa S şi gazul se va răspândì în corpul de pompă. La mişcarea descendentă a pistonului, supapa S se va închide, iar supapa S′ deschizându-se, gazul din corpul de pompă va fi gonit în exterior.

La fiecare mişcare descendentă a pistonului, va fi gonit în exterior un volum de gaz egal cu volumul corpului de pompă; aerul va fi deci rărit din ce în ce mai mult şi forţa sa elastică va merge descrescând.

Inconvenientele maşinei pneumatice cu un singur corp de pompă. Maşina pneumatică cu un singur corp de pompă prezintă mai multe inconveniente.

Am văzut că la fiecare mişcare ascendentă a pistonului, supapa S se deschide şi gazul pătrunde sub corpul de pompă; în acest mod, gazul ocupând un spaţiu mai mare, forţa sa elastică se micşorează conform legii lui Boyle-Mariotte. Ajunge un moment când forța elastică a gazului este insuficientă pentru a deschide supapa S. Mașina atunci încetează să mai funcționeze.

Un alt inconvenient este lucrul mecanic din ce în ce mai mai mare ce trebue a cheltuì pentru a ridicà pistonul, pe măsură ce aerul se rărește în recipient. In adevăr, pe fața superioară a pistonului apasă presiunea atmosferică, iar pe fața sa inferioară se exercită forța elastică a gazului, care se micșorează necontenit; lucrul mecanic, ce va trebuì să cheltuim pentru a ridicà pistonul, se va mărì deci progresiv cu diminuarea forței elastice a gazului din recipient.

Mașina pneumatică cu două corpuri de pompă, pe care o vom descrie mai departe, nu prezintă aceste inconveniente.

Mașina pneumatică cu două corpuri de pompă. —Vom descrie acì o mașină pneumatică cu două corpuri de pompă în forma cea mai întrebuințată (fig. 156 și 157).

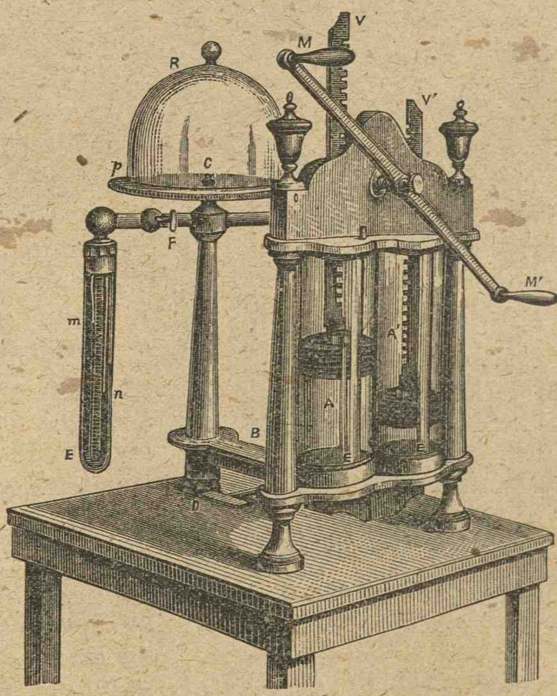


Fig. 156.

Partea principală a mașinei pneumatice consistă în două corpuri de pompă A și A', de metal sau de cristal, comunicând prin deschiderile *b*, *b* cu tubul B, apoi cu canalul din coloana perpendiculară tubului B și terminându-se in exterior cu deschiderea C. Această deschidere C este la mijlocul unui disc absolut plan și ros de sticlă *p*, numit *platina* mașinei pneumatice. Pe această platină se pun clopote de sticlă cu marginele roase și absolut plane, așà ca să se poată perfect aplicà pe discul *p* și să nu lase aerul exterior să străbată în interiorul clopotelor. Se unge chiar dacă este necesar marginele clopotului cu o substanţă grasă, pentru ca aderenţa între clopot şi disc să fie perfectă. Deschiderea C este prevăzută cu o piuliţă la care se pot înşurubà diferite aparate pentru experienţe, de exemplu tubul lui Newton pentru demonstrarea legei căderei corpurilor.

Clopotul sau aparatul, din care scoatem aerul sau gazul, se numeşte *recipient*.

In interiorul corpurilor de pompă se pot mişcà două pistoane P, P′ prin ajutorul coadelor dinţate V şi V′, fixate la aceste pistoane. Dinţii coadelor intră în dinţii unei roate dinţate care este pusă în mişcare prin mânerul MM′ alternativ când în un sens când în altul; astfel, când roata dinţată se mişcă în un sens, unul din pistoane se ridică, pe când celalt se coboară; la o mişcare inversă a roatei dinţate, se va produce mişcarea inversă a pistoanelor.

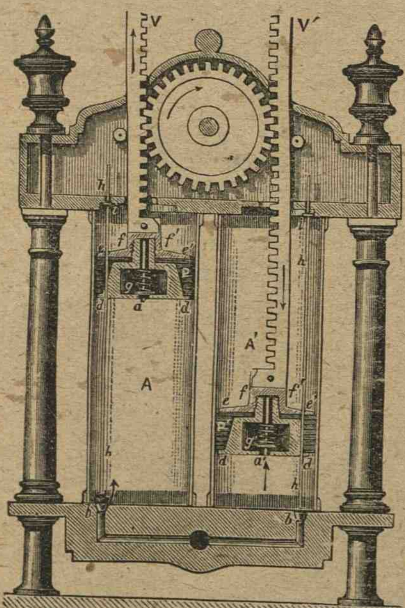


Fig. 157.

Pistoanele P, P′ sunt formate din discuri de pele îmbibate cu uleiu şi strânse între două plăci circulare de metal *d d′* şi *e e′*, aşà că feţele laterale ale pistoanelor să se poată aplicà exact pe pereţii interiori a corpurilor de pompă.

Corpul metalic, care ocupă mijlocul fiecărui piston, este străbătut de un canal vertical în toată lungimea sa, comunicând în partea superioară cu exteriorul. Pe partea de jos a canalelor *a a′* sunt aplicate ventile *g g′* cari nu se pot deschide decât de jos în sus; aceste ventile sunt formate din un sac mic de metal, pe care apasă un resort.

In discurile de pele ale pistoanelor P, P′ străbat două vergele *h h*, cari alunecă în pistoane cu mare greutate. Vergelele *h h* sunt terminate la partea inferioară cu dopuri de formă conică, cari pot astupà perfect deschiderile *bb*; pedicele *i*, *i*, fixate la partea de sus ale vergelelor, vin de apasă asupra părţei superioare a corpurilor de pompă şi opresc vergelele în mersul lor când sunt ridicate prin mişcarea de jos în sus a pistoanelor.

Funcţionarea maşinei pneumatice. Să examinăm funcţionarea unui singur piston. Să presupunem că pistonul P este la basa corpului de pompă A; deschiderea *b* este închisă prin dopul conic al vergelei *h*. Ridicând pistonul în sus, vergeaua *h*, care alunecă cu frecare în discurile de piele ale pistonului P, va fi ridicată în sus şi deschiderea *b* va rămânea liberă. Dar, vergeaua *h* va fi oprită îndată în mişcarea sa de pedica *i* şi pistonul P va continuà singur să alunece în lungul vergelei *h*. Aerul conţinut în recipientul, pus pe platina maşinei pneumatice, se va respândì în interiorul corpului de pompă. Presiunea sau forţa elastică a aerului conţinut în corpul de pompă fiind inferioară presiunei atmosferice, ventilul *g*, asupra căruia apasă de o parte atmosfera de sus în jos, de altă parte aerul rareficat din corpul de pompă de jos în sus, va continuà a închide canalul *a* al pistonului.

După ce pistonul P a atins partea superioară a corpului de pompă, să-l coborîm în jos. Vergeaua *h* va fi luată în jos de piston şi dopul conic al vergelei va astupà deschiderea *b*. Continuând cu mişcarea descendentă a pistonului, aerul comprimat din ce în ce mai mult în corpul de pompă va câştigà o forţă elastică superioară presiunei atmosferice, va deschide ventilul *g* şi va fi gonit în exterior. Când pistonul atinge cu basa sa partea inferioară a corpului de pompă, tot aerul din corpul de pompă va fi alungat în afară.

Pe când unul din pistoane se ridică, celalt se coboară; funcţionarea celui al doilea piston P′ este analogă cu a pistonului P. Repetând mişcarea alternativă a pistoanelor de mai multe ori, vom parvenì a scoate aerul din recipient.

Maşina pneumatică cu două corpuri de pompă prezintă avantagii în raport cu maşina cu un singur corp, cum se construià mai nainte. Efectul este dublu căci ambele pistoane funcţionează în acelaş timp.

Manometrul maşinei pneumatice. Când scoatem aerul din un recipient, este necesar a cunoaşte forţa elastică a gazului rămas în fiecare moment. Această determinare se face prin ajutorul manometrului maşinei pneumatice.

Manometrul maşinei pneumatice (fig. 156) este format din un tub de sticlă recurbat cu două ramuri, din cari una închisă *m* şi având o lungime cel mult de 20 centimetri şi cealaltă *n* deschisă. Tubul recurbat *mn* este închis în o prubetă de sticlă E comunicând prin canalul, ce se poate închide cu robinetul F, cu recipientul maşinei pneumatice.

In tubul *mn* este introdus mercur; ramura închisă *m*, fiind mai scurtă de 76 centimetri şi presiunea gazului exercitându-se asupra mercurului din ramura *n*, ramura *m* va fi umplută în totalitate cu mercur.

Când scoatem aerul din recipient, forţa elastică a aerului descrescând, ajunge un moment când ea este mai mică de cât greutatea unei coloane de mercur având ca înălţime 20 centimetri; mercurul se va coborî, în acest caz, în ramura *m* şi se va ridicà în ramura *n*. Diferinţa de nivel între suprafeţele libere ale mercurului din ramurile *m* şi *n* va măsurà forţa elastică a gazului. Dacă aerul ar fi scos în totalitate, suprafeţele mercurului din ramurile *m* şi *n* ar fi în acelaşi plan orizontal. Experienţa arată că este imposibil a ajunge la acest rezultat.

Cheia maşinei pneumatice. Când s'a scos aerul şi voim a menţine vidul în recipient, trebue a întrerupe comunicaţiunea între recipient şi corpii de pompă. De asemenea, din cauză că presiunea exercitată de atmosferă asupra recipientului este considerabilă (1033 grame pe centimetru pătrat), am încercà o foarte mare greutate a ridicà recipientul, în care s'a făcut vidul, de pe platina maşinei pneumatice. Pe lângă acestea, este necesitate a introduce aer în corpii de pompă, după ce maşina a funcţionat.

De acì necesitatea unei dispoziţiuni speciale, graţie căreia să putem stabilì după voinţă comunicaţiunea între corpii de pompă şi recipient, între corpii de pompă sau recipientul cu aerul exterior.

Putem satisface acestor cerinţi prin *cheia maşinei pneumatice*. Cheia maşinei pneumatice este robinetul D (fig. 158, 158 bis, 158 ter), aplicat perpendicular pe canalul B (fig. 156), care pune în comunicaţiune corpii de pompă cu recipientul maşinei.

Robinetul D are două canale: *a*) unul V, în sensul canalului tubului B (fig. 156 şi 158), permiţând a stabilì comunicaţiunea între corpii de pompă şi recipient; *b*) canalul cotit *r*, situat în un plan perpendicular canalului V. Canalul *r*, poate comunicà sau cu corpii de pompă (fig. 158 bis), sau cu platina maşinei pneumatice (fig. 158 ter). Putem introduce

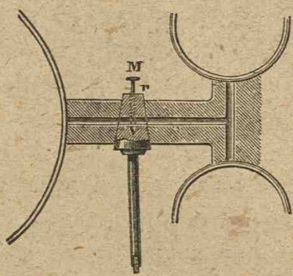


Fig. 158.

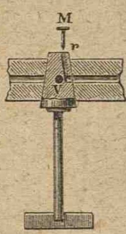


Fig. 158 bis.

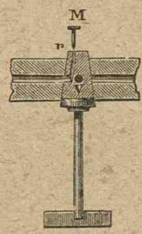


Fig. 158 ter.

aer în corpii de pompă sau în recipient, scoţând cuiul M, ce astupă canalul *r*, şi punând robinetul D în poziţiunile indicate în figurile 158 bis şi 158 ter.

Superioritatea maşinei pneumatice cu două corpuri de pompă asupra maşinei pneumatice cu un singur corp de pompă. — In maşina pneumatică cu un singur corp de pompă, lucrul mecanic, ce trebue a cheltuì pentru a mişcà pistonul, este egal cu diferinţa între presiunile exercitate pe cele două feţe ale pistonului. Aceste presiuni sunt: presiunea atmosferică pe faţa superioară a pistonului şi forţa elastică a gazului din maşină asupra feţei inferioare al aceluiaşi piston. Dacă forţa elastică a gazului devine foarte mică, se vede că tot lucrul mecanic va fi utilizat pentru a învinge presiunea atmosferică. Deci lucrul mecanic cheltuit va fi considerabil.

In cazul maşinei pneumatice cu două corpuri de pompă, din cauză că pe feţele superioare ale pistoanelor se exercită presiunea atmosferică, lucrul mecanic cheltuit va servì a învinge diferinţa forţelor elastice ale gazelor din cele două corpuri de pompă.

Maşina pneumatică cu mercur. — Cu maşina pneumatică cu două corpuri de pompă nu se poate obţine vidul perfect; experienţa arată că, cu această maşină, forţa elastică a gazului din recipient este cel puţin de 2 milimetri. Cu maşina pneumatică cu mercur, inventată de Geissler şi perfecţionetă de Alvergnat, se poate rărì un gaz aşà ca forţa sa elastică să fie o fracţiune mică din un milimetru. Vom descrie o maşină pneumatică în una din formele imaginate de Alvergnat. Această maşină (fig. 159) este formată din un tub de sticlă vertical T, la care este lipit la capătul de sus balonul A ; capătul inferior al tubului T este pus în legătură prin tubul de cauciuc B cu balonul C, care comunică cu exteriorul. Putem considerà sistemul format din balonul A, tubul B şi balonul C, ca un barometru, în care tubul barometric ar fi T, camera barometrică A şi rezervoriul C.

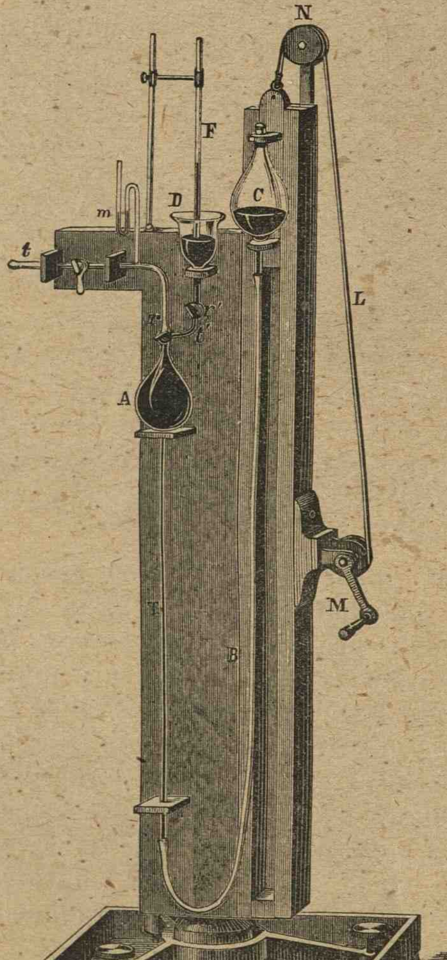


Fig. 159

Rezervoriul C poate fi coborît sau ridicat graţie unei bande L şi a unui scripete N, puse în mişcare prin manivela M.

Balonul A este prevăzut la partea sa superioară cu robinetul cu trei deschideri *r*, care permite a pune în comunicaţiune balonul A cu tuburile *t* şi *t'*. Tubul *t* duce la recipient şi în drumul său este interpus manometrul *m*. Tubul *t'* conduce la rezervoriul cu mercur D ; în drumul tubului *t'* este interpus robinetul *r'*.

Când robinetul cu trei deschideri *r* (fig. 160) este în posiţiunea 1, balonul A comunică prin tubul *t* cu recipientul sau cu atmosfera; în posiţiunea 2 a robinetului, balonul A comunică prin tubul *t'* cu rezervoriul cu mercur D; în fine, în posiţiunea 3 comunicaţiunea balonului A cu tuburile *t* şi *t'* este întreruptă.

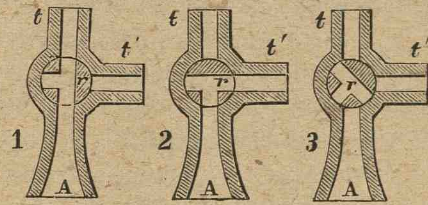


Fig 160.

Să vedem modul cum funcţionează această maşină. Vom începe, mai întâiu, a goni aerul din balonul A. Pentru aceasta, vom pune robinetul *r* în poziţiunea 2; vom ridicà apoi balonul C aşà ca nivelul mercurului din acest balon să fie deasupra lui *r'*. Mercurul va descinde din rezervoriul C, va umplea balonul A şi va comprima aerul sub robinetul *r'*, care este închis. Deschizând cu precauţiune robinetul *r'*, aerul va fi gonit şi va trece prin mercurul din reservoriul D. Mercurul se va ridicà în tubul *t'*; când mercurul ajunge în *r'*, închidem acest robinet şi scoborîm rezervoriul C până la basa aparatului. Mercurul se va mişcà atunci în sens invers de la A spre C şi va produce în partea superioară a balonului A un vid barometric.

Maşina este atunci preparată să funcţioneze. Pentru a estrage gazul din un recipient (din care s'a estras parţial gazul prin maşinile pneumatice obicinuite), se pune recipientul în comunicaţiune cu tubul *t*. Se pune robinetul *r* în poziţiunea 1; o parte din gazul din recipient va trece în camera barometrică. Punând apoi robinetul *r* în poziţiunea 2 şi ridicând rezervoriul C, mercurul din C va umpleà, după cum s'a văzut, balonul A şi va comprimà gazul sub robinetul *r'*. Deschizând *r'*, gazul va fi gonit în exterior.

Repetând aceste operaţiuni de mai multe ori, putem rări foarte mult gazul în recipient şi a face un vid aproape perfect. In adevăr, manometrul *m* indică că forţa elastică a gazului poate fi redusă la o fracţiune foarte mică din un milimetru.

Se intercalează adeseori între tubul *t* şi recipient un vas cu acid sulfuric, pentru a menţine uscate toate părţile aparatului. Pentru ca robinetele, cari sunt lucrate cu mare îngrijire, să închidă bine, se obicinueşte a le unge cu o substanţă grasă.

Se adaptează câteodată la maşina pneumatică cu mercur un tub barometric F (fig. 159) pentru a culege gazele cari strabat prin rezervoriul D.

Această maşină pneumatică este întrebuinţată pentru a face vidul în tuburile Geissler şi în lămpile electrice cu incandescenţă.

Trompe. Principiul acestor aparate. Trompa cu apă a lui Alvergnat. — Trompele sunt aparate cu ajutorul cărora putem aspirà un gaz din un recipient şi a-l comprimà, dacă vroim, în un altul.

Construcţiunea trompelor este bazată pe următorul principiu: Să considerăm un licid (fig. 161) care curge în canalele A şi B, reunite prin canalul C de un diametru mai mic. Licidul curge în aparat în sensul săgeţei. Când regimul permanent al curentului este stabilit, adică când iuţeala de curgere prin un punct determinat al massei licide este invariabilă, experienţa arată că iuţeala curgerei în canalul C este mai mare decât în canalul B şi merge micşorându-se în sensul săgeţii; în acelaş timp, presiunea exercitată pe fiecare strat licid, normal la direcţiunea curgerei, creşte dela C spre B. Dacă licidul din canalul B curge în aerul liber, aşà că stratul licid în contact cu atmosfera să fie la presiunea amosferică, asupra stratului licid *a b* din canalul C se va exercità o presiune inferioară de o atmosferă. Prin urmare, dacă s'a făcut în canalul C o deschidere *a b*, aerul exterior va fi împins în canalul C şi va luat în direcţiunea curentului licid.

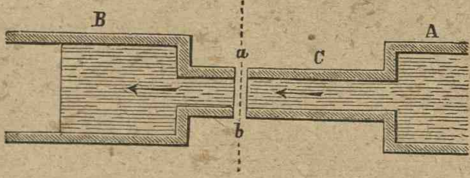


Fig. 161.

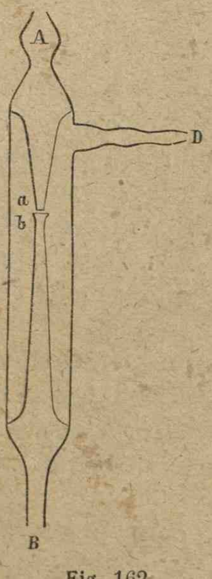


Fig. 162.

Trompa cu apă a lui Alvergnat este un aparat de sticlă (fig. 162), format din tuburile A şi B, terminate prin vârfurile *a* şi *b*, situate la o mică distanţă. In partea laterală un tub D este pus în comunicaţiune cu recipientul cu gaz, din care voim a face vidul. Licidul curgând prin tubul A, trece prin vârfurile a şi b şi ese prin tubul B. Gazul din recipient este luat de curentul licid. După cum se vede, vidul se face cu acest aparat în un mod automat.

Trompa lui *Sprengel* este tot un aparat de acest gen, cu care s'a putut face vidul până la o milionime din o atmosferă. Trompa lui Sprengel este întrebuinţată a face vidul în lămpile cu incandescenţă.

Maşina de compresiune.

Maşina de compresiune. Principiul acestor aparate. — Maşina de compresiune este un aparat cu ajutorul căruia putem comprimà aerul sau un gaz oarecare în un recipient.

O maşină de compresiune este formată (fig. 163) din un corp de pompă A în care se mişcă un piston P. Corpul de pompă A comunică cu recipientul B prin un canal ce poate fi închis prin supapa b, aşezată la baza corpului de pompă şi care se deschide de sus în jos. Pistonul P este străbătut de o deschidere ce poate fi astupată de supapa a, ce se deschide de asemenea de sus în jos.

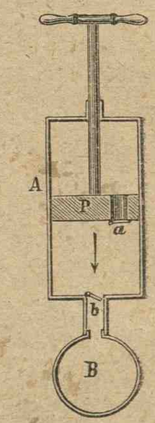


Fig. 163.

Să examinăm modul cum operăm cu această maşină. Să presupunem, la început, pistonul aplicat pe baza corpului de pompă. Ridicând pistonul în sus, vidul se face în corpul de pompă sub piston; supapa b rămâne închisă sub presiunea gazului din recipient; atmosfera apăsând asupra supapei a, ea va fi deschisă şi aer va străbate în corpul de pompă.

După ce pistonul a ajuns până la partea superioară a corpului de pompă, să'l coborâm în jos. Aerul închis în corpul de pompă va apăsà asupra supapei a şi o va menţine închisă: acest aer, fiind necontenit comprimat, forţa sa elastică se va mărì necontenit şi va ajunge un moment când va fi suficientă pentru a deschide supapa b; aerul din corpul de pompă va străbate atunci în recipient.

Ridicând din nou pistonul, supapa b va fi închisă, supapa a se va deschide şi aer din atmosferă va străbăte în corpul de pompă. La descinderea pistonului, aerul din corpul de pompă va străbate în recipient.

Lucrul mecanic ce trebue a cheltuì pentru a mişca pistonul creşte pe măsură ce gazul este comprimat în recipient.

Pompa de compresiune.— Pompa de compresiune, sub forma cea mai uzitată (fig. 164), este formată din un cilindru metalic lung A, numit *corp de pompă*, în care se mişcă pistonul P prin ajutorul mânerului B. Două tuburi laterale C şi D sunt fixate perpendicular pe direcţiunea corpului de pompă. Axul acestor tuburi este prevăzut cu două ventile *a* şi *b*, formate fiecare din un vârf conic, pe cari apăsă două mici resorturi. Ventilul *a* se deschide din afară în interior; cel al doilea *b* din interior în afară.

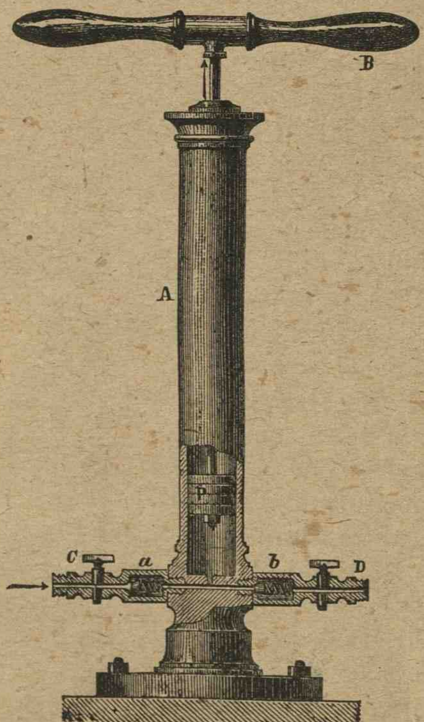


Fig. 164.

Pentru a comprimà aerul sau un gaz in un recipient, vom pune tubul C în comunicaţiune cu aerul sau gazul, iar D cu recipientul în care voim a face comprimarea.

Să presupunem la începutul experienţei pistonul P la basa corpului de pompă. Ridicându-l în sus, ventilul *a* se deschide şi gazul străbate în corpul de pompă. Când scoborîm apoi pistonul, ventilul *a* se închide, ventilul *b* se deschide şi gazul străbate în recipient. Repetând de mai multe ori operaţiunea, vom puteà comprimà o cantitate de gaz destul de mare în recipient.

Pompa descrisă poate servi şi la facerea vidului. Punând tubul C în comunicaţiune cu recipientul în care voim a face vidul, tubul D cu atmosfera şi operând în modul indicat mai sus, vom puteà rarefica aerul din recipient.

Aparate bazate pe compresiunea gazelor. Fântâna de

compresiune. **Fântâna lui Heron.**—Vom descrie câteva aparate bazate pe compresiunea gazelor.

Fântâna de compresiune este formată (fig. 165) din un rezervoriu A resistent, în axul căruia se introduce tubul B, aşà ca capătul de jos al tubului să fie la o mică distanţă de basa rezervoriului. La capătul de sus al tubului, tăiat în piuliţă, se pot adapta diferite aparate. Tubul este prevăzut cu robinetul C.

Fig 165.

Se introduce mai întâiu apă în rezervoriu, aşà ca să umple jumătate sau $^2/_3$ din capacitatea sa. Se adaptează apoi la tub o pompă de compresiune şi se introduce aer în rezervoriu, care se va acumulà în spaţiul liber de apă. Presiunea exercitată de aerul comprimat asupra apei din rezervoriu va puteà devenì astfel cu mult superioară presiunei atmosferice.

Se închide în urmă robinetul C şi se înşurubează la B tubul D deschis la capătul de sus.

Deschizând robinetul C, aerul comprimat apăsând asupra apei din rezervoriu, o va face să ţâşnească prin tubul D la o înălţime cu atât mai mare cu cât forţa elastică a aerului comprimat este mai considerabilă.

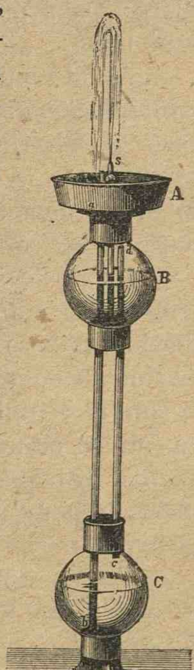


Fig. 166.

Fântâna lui Heron, datorită filosofului din Alexandria cu acest nume, este formată din un vas metalic A (fig. 166), care comunică prin un tub prevăzut cu un robinet cu balonul B umplut parţial cu apă. Din A pleacă tubul *ab*, care pune în legătură vasul A cu balonul C. Acest din urmă balon este reunit cu balonul B prin tubul *cd*, care plecând dela partea superioară a balonului C se termină la partea superioară a balonului B.

Balonul B fiind prealabil umplut în parte cu apă, se toarnă apă în vasul A. Apa din A va curge prin tubul *ab* în balonul C; aerul din acest balon va fi comprimat şi va câştigà o forţă elastică superioară presiunei atmosferice. Aerul comprimat din C va fi împins prin tubul *cd* în balonul B şi va apăsà asupra apei din acest balon. Dacă deschidem robinetul tubului de comunicaţiune între rezervoriul A şi balonul B, apa va ţâşni în exterior prin orificiul *s*.

Aplicaţiuni industriale ale aerului rareficat şi comprimat.—Există, în industrie, numeroase aplicaţiuni ale aerului rărit şi comprimat.

Astfel, pentru a cunoaşte dacă tuburile servind la canalizarea apelor sau a gazului de iluminat nu prezintă crăpături, prin cari s'ar scurge apa sau gazul, se extrage aerul din ele cu o maşină pneumatică. Dacă vidul se poate face, tuburile sunt bune.

Aerul comprimat este utilizat în telegrafia numită *telegrafia pneumatică*: o serie de tuburi subterane leagă diversele părţi ale unui oraş; în aceste tuburi se poate mişca un piston gol în interior şi conţinând depeşele de expediat. Pistonul se va mişcà dela o staţiune la alta injectând în tub la prima staţiune aer comprimat.

Lucrările sub apă se pot executà graţie aerului comprimat. Un cilindru metalic rezistent, de o capacitate mare, deschis la bază, primeşte necontenit aer comprimat dela o maşină de compresiune aşezată pe uscat. Clopotul fiind aplicat la fundul râului sau a mării, aerul comprimat va gonì pe la marginile cilindrului apa ce o ar conţine; un lucrător introdus în clopot va lucrà în fundul apei întocmai ca şi pe uscat. In acest mod au fost lucrate picioarele podului de peste Dunăre.

Tot ca aplicaţiuni a aerului comprimat, vom cità: *frâna Westinghouse*, întrebuinţată la drumurile de fer, *drumurile de fer atmosferice*, *maşinele perforatrice*, cari au servit a perforà tunelele dela muntele Cénis, dela Saint-Gothard şi dela Arlberg, *scafandrul*, *orologiele pneumatice*, etc.

Principiul lui Archimede aplicat la gaze. Aerostate.

Principiul lui Archimede aplicat la gaze. — Din cauza mobilităţii moleculelor corpurilor gazoase, principiul lui Archimede se aplică şi la gaze întocmai ca şi la licide. In cazul gazelor, principiul lui Archimede se va enuncià astfel: *orice corp, introdus în un gaz, pierde din greutatea sa o parte egală cu greutatea volumului de gaz dislocuit.*

Putem probà acest fapt prin experienţa *baroscopului*, datorită lui Otto de Guericke.

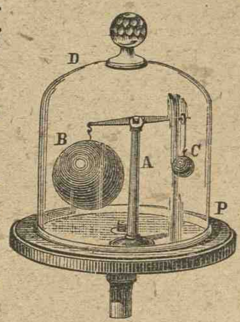


Fig. 167.

Baroscopul (fig. 167) este format din pârghia unei balanţe, la extremităţile căreia sunt atârnate două sfere metalice, de exemplu de cupru, una mai mare şi goală în interior B, alta mai mică şi masivă C. Greutăţile B şi C satisfac condiţiunei că, în aerul atmosferic, pârghia balanţei stă orizontală.

Să punem baroscopul pe platina P a unei maşine pneumatice şi să-l acoperim cu clopotul de sticlă D. Scoţând în urmă aerul din clopot, vom vedeà că pârghia balanţei se va înclinà spre sfera cea mai mare B. Aceasta probează că sfera B este mai grea în vid decât sfera C; dacă în aerul atmosferic pârghia balanţei stă orizontală, cauza estre că sfera B perde în aer o greutate mai mare decât sfera C.

Consecinţele principiului lui Archimede. — Vom examinà următoarele cazuri:

a) Dacă corpul cufundat în un gaz este mai greu decât gazul dislocuit, corpul va cădeà în jos; astfel este cazul corpurilor solide şi licide, cari lăsate libere în aerul atmosferic, vor cădeà pe pământ;

b) Când corpul are aceeaşi greutate ca şi gazul, el se va menţine în echilibru fără a se ridicà sau coborî; exemplu ni'l dă norii cari plutesc în atmosferă;

c) Când corpul are o greutate mai mică decât a gazului, el se va ridicà în sus; exemple: fumul, aerostatele cari se ridică în atmosferă până ce dau de strate de aer a căror greutate este egală cu greutatea corpurilor date.

Aerostate. — Se numesc *aerostate* nişte aparate formate din o învelitoare subţire impermeabilă, în cari sunt introduse gazuri mai uşoare decât aerùl. In virtutea principiului lui Archimede aplicat la gazuri, dacă greutatea gazului din aerostat mărită cu greutatea globului şi a accesoriilor este mai mică decât greutatea volumului de aer dislocuit, aerostatul se va suì în atmosferă.

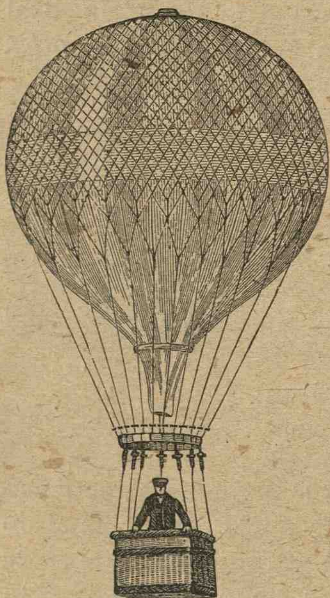


Fig. 168.

Lana, fizician din secolul XVII, pare a fi avut cel dintâiu ideia aerostatelor. Realizarea practică a acestor aparate, în 1782, este datorită fraţilor Montgolfier, fabricanţi de hârtie la Annonay (sudul Franţei).

Aerostatele, construite de fraţii Montgolfier, consistau din globuri mari de pânză căptuşită cu hârtie în interior, continuate la basă prin un apendice deschis conic sau cilindric; diametrul globului erà cam de 12 metri. Un coş, format din sârme metalice, erà fixat sub deschiderea largă a apendicelui. Se punea în coş diferite materii combustibile, cari aprinse încălzeau aerul din glob şi făceau ca aerostatul să fie mai uşor decât greutatea aerului dislocuit. Aerostatul lăsat liber se ridicà în atmosferă, până ce ajungeà la strate de aer, aşà că greutatea gazului şi a accesoriilor din aerostat erau egale cu greutatea aerului dislocuit. Se dă în special numele de *montgolfiere* aerostatelor umplute cu aer cald.

In aceiaş epocă, fizicianul Charles din Paris construì aerostate pe cari le umplù cu hidrogen, gaz mai uşor decât aerul. Actualmente, aerostatele se umplu cu hidrogen sau cu gaz de luminat. Aerostatele umplute cu hidrogen sau cu gaz de luminat sunt cunoscute sub numele de *baloane*.

Forma baloanelor (fig. 168) este aceia a unui glob aproape sferic, terminat prin un apendice cilindric sau conic, prevăzut la basă cu o mică deschidere prin care hidrogenul sau gazul de luminat ar puteà să iasă în afară, când aceste gaze s'ar dilatà prea mult. Invelitoarea baloanelor este formată, în general, din mătase groasă pe care se aplică pe ambele feţe un lac de cauciuc pentru a o face impermeabilă gazelor.

Hemisferul superior al balonului este acoperit cu o rețea, dela care pleacă frânghii, la a căror extremități este legat un coş de dimensiuni mai mult sau mai puțin mari, după destinațiunea ce se dă balonului.

Balonul este prevăzut la partea superioară cu o supapă menținută aplicată pe balon prin ajutorul unui resort; supapa poate fi deschisă prin o frânghie, a cărei extremitate atinge coşul în care stă aeronautul. Când supapa se deschide, o parte din gazul din balon ese în exterior, volumul balonului se micşorează şi aparatul devenind mai greu decât greutatea volumului de aer dislocuit poate descinde.

In coş se intoduc saci cu nisip (lest), cari aruncați pot uşurà balonul şi să-l facă să se ridice în sus sau să modereze descinderea balonului.

In fine, aeronautul se prevede cu un barometru care indică dacă balonul se ridică sau se coboară; în adevăr, aeronautul neavând nici un punct fix la care să raporteze mişcarea balonului, numai scăderea sau mărirea coloanei barometrice îl poate îndrumà dacă balonul se ridică sau se coboară.

Forța ascensională a balonului. Calculul forței ascensionale la plecarea unui balon. Orice aerostat este supus la două forțe: 1º) greutatea p a învelitoarei balonului, a gazului introdus în balon şi a accesorielor; greutatea p este o forță verticală dirigiată de sus în jos; 2º) presiunea de jos în sus a aerului asupra balonului şi care, după principiile hidrostatice stabilite dejà, este egală cu greutatea p' a volumului total de aer dislocuit de balon; p' este o forță verticală dirigiată de jos în sus.

Pentru ca aerostatul să se ridice în atmosferă. trebue ca $p' > p$. Se dă numele de *forță ascensională* diferinței $p'-p$, între greutatea aerului dislocuit de balon şi greutatea balonului. Forța ascensională se obicinueşte a se evaluà în kilograme.

Ne propunem a evaluà forța ascensională în momentul plecărei unui balon.

Să presupunem că balonul este umplut cu hidrogen. Fie V volumul în metri cubi a balonului la presiunea atmosferică de I centimetri, v volumul accesorielor balonului în metri cubi şi P greutatea acestor accesorii. S'a stabilit, prin experiență, că un metru cub de aer la 0º C, şi la presiunea de

76 centimetri cântăreşte $1^{kgr.},3$; de asemenea, un metru cub de hidrogen în aceleaşi condiţiuni cântăreşte $0^{kgr.},09$.

Pentru facilitatea expunerei, vom admite că temperatura gazului şi a aerului este zero grade.

Volumul V la presiunea de I centimetri devine la presiunea normală de 76 centimetri, după cele văzute: $V \times \frac{I}{76}$; greutatea acestui volum de aer este: $V \times \frac{I}{76} \times 1^{kgr.},3$.

De asemenea, greutatea volumului v de aer va fi: $v \times \frac{I}{76} \times 1^{kgr.},3$.

Greutatea volumului V de hidrogen este: $V \times \frac{I}{76} \times 0^{kgr.},09$.

Forţa ascensională a balonului este greutatea volumului $V + v$ de aer micşorată cu greutatea volumului V a hidrogenului şi cu greutatea P a accesorielor balonului. Forţa ascensională va fi deci:

$$(1) \quad V \times \frac{I}{76} \times 1^{kgr.},3 + v \times \frac{I}{76} \times 1^{kgr.},3 - V \times \frac{I}{76} \times 0^{kgr.},09 - P = A,$$

notând cu A forţa ascensională.

Relaţiunea (1) permite a calculà care este volumul V în metri cubi, care trebue să-l dăm balonului, când greutatea şi volumul accesorielor sunt cunoscute, pentru ca forţa ascensională a balonului să fie o cantitate dată A, In genere, forţa ascensională a balonului nu trebue să fie mai mare de câteva kilograme în momeutul plecării. Fiindcă balonul se umflă cu cât se ridică mai sus, pentru aceea se dă învelitoarei balonului o capacitate cu $^1/_3$ mai mare decât volumul calculat prin relaţiunea precedentă.

In cazul când umplem balonul cu gaz de luminat, forţa ascensională este calculată prin o formulă analoagă celei precedente, în care înlocuim greutatea unui metru cub de hidrogen prin greutatea metrului cub de gaz de luminat. Ştiind că un metru cub de gaz de luminat la 0^{o} C. şi la presiunea de 76 cm. este $0^{kgr.},7$, forţa ascensională A a balonului umplut cu gaz de luminat în condiţiunile de mai sus, este:

$$(2) \quad V \times \frac{I}{76} \times 1^{kgr.},3 + v \times \frac{I}{76} \times 1^{kgr.},3 - V \times \frac{I}{76} \times 0^{kgr.},7 - P = A.$$

Un metru cub de aer la 0^0 şi sub presiunea de 76 cm. cântărind $1^{kgr.},3$ şi un metru cub de hidrogen în aceleaşi condiţiuni $0^{kgr.},09$, se vede că forţa ascensională pentru fiecare metru cub de hidrogen, este: $1^{kgr.},3 - 0^{kgr.},09 = 1^{kgr.},21$. In cazul când umplem baloanele cu gaz de luminat, forţa ascensională este $1^{kgr.},3 - 0^{kgr.},7 = 0^{kgr.},6$ pentru fiecare metru cub de gaz de luminat. Cu toate că forţa ascensională a gazului de luminat este mai mică decât a hidrogenului, se întrebuinţează la umplerea baloanelor gazul de luminat în localităţile unde sunt instalate uzine cu gaz de luminat, din cauză că acest gaz este mult mai eftin decât hidrogenul.

Direcţiunea baloanelor. Să considerăm un balon destinat a se ridicà la înălţimi foarte mari în atmosferă. Balonul în momentul plecării va fi incomplect umplut cu gaz. Cu cât balonul se ridică mai mult în atmosferă, cu atât presiunea aerului exterior va fi mai mică; gazul din interiorul balonului îşi va mărì volumul şi balonul se va umflà.

Greutatea balonului rămâne însă invariabilă. De altă parte, greutatea volumului de aer dislocuit de balon va rămâne necontenit aceiaş; în adevăr, greutatea volumului de aer dislocuit fiind egală cu volumul balonului înmulţit cu densitatea aerului, pe măsură ce volumul balonului creşte, densitatea aerului descreşte în acelaş raport. Prin urmare, atât greutatea balonului cât şi greutatea aerului dislocuit de balon rămânând aceleaşi, se deduce că faţa ascensională a balonului rămâne aceiaş. Aceasta se întâmplă tot timpul cât balonul nu este complect umflat.

Când balonul este *complect umflat*, volumul său rămâne invariabil întocmai ca şi greutatea sa; greutatea volumului de aer dislocuit de balon devine din ce în ce mai mică cu cât balonul se ridică în stratele de sus ale atmosferei. Urmează deci că forţa ascensională a balonului descreşte. Când balonul ajunge în strate de aer, unde greutatea sa să fie echilibrată de greutatea aerului dislocuit, forţa ascensională este nulă, balonul va plutì în acele strate de aer şi va fi purtat în direcţiune orizontală de vânturile cari suflă în acele regiuni.

Problema direcţiunii baloanelor consistă în a utiliza un dispozitiv experimental prin ajutorul căruia un balon ar puteà navigà în atmosferă în direcţiune orizontală în orice sens, chiar contra vânturilor cari eventual ar suflà în stratele de aer unde se află balonul.

Este evident că nu putem întrebuință în acest scop nici supapa balonului, nici sacii de nisip (lest), căci acestea nu servesc decât a imprimà balonului o mişcare de coborîre sau ascensiune.

Problema direcţiunii baloanelor este în studiu. Incercările cele mai reuşite, relative la direcţiunea baloanelor, sunt până în prezent cele efectuate de căpitanii Renard şi Krebs, în 1884, la Meudon (lângă Paris), imitând în multe puncte experienţele anterioare a lui Dupuy de Lôme (1872). Balonul lor, de formă elipsoidală, erà prevăzut cu o helice la un capăt şi cu o cârmă la celalt. Helicea erà pusă în mişcare de un motor electric puternic şi uşor. La 9 August 1884, făcură primele experienţe, parcurgând în 23 minute 7,5 kilometri, revenind cu balonul la punctul de plecare, rezultat la care nici un aeronaut nu ajunsese mai înainte. In drumul lor, căpitanii Renard şi Krebs efectuară cu balonul în aer o mulţime de mişcări, comparabile cu acelea a unui vapor pe mare. Totuşi, cu acest balon nu se putù obţine decât o iuţeală de cel mult 6 metri pe secundă, care este inferioară iuţelei mijlocii a vântului.

Sonde aeriane. Se întrebuinţează actualmente mici baloane pentru a sondà regiunile superioare ale atmosferei. Aceste baloane, formate din o învelitoare de formă sferică a cărui diametru nu trece de 6 metri, sunt umplute cu hidrogen şi sunt prevăzute cu aparate înregistrătoare ca barometre, termometre, higrometre etc. înregistrătoare. Aceste baloane, numite *baloane-sonde* sau *sonde aeriane,* pot ajunge adesea până la înălţimi considerabile.

HIDRODINAMICA

P o m p e.

Pompe în general. — Pompele sunt aparate destinate a ridicà licidele, mai cu seamă apa, la înălţimi mai mult sau mai puţin mari deasupra rezervoriului, în care sunt conţinute.

Distingem trei specii principale de pompe : a) *pompa aspirătoare* ; b) *pompa respingătoare* ; c) *pompa aspirătoare-respingătoare.*

Pompa aspirătoare.—Pompa aspirătoare (fig. 169) se compune din un corp de pompă A, în care se mişcă pistonul P, străbătut de două canale transversale, cari pot fi închise prin două supape *b b*, cari se deschid de jos în sus. Corpul de pompă A comunică cu rezervoriul R, care conţine apă, prin tubul aspirator B. Acest tub este prevăzut la partea superioară cu supapa *a*, care se deschide de jos în sus ; această supapă serveşte a stabili comunicaţiunea intre tubul aspirator B şi corpul de pompă A. Un tub lateral C lasă să se verse apa ridicată până la nivelul său.

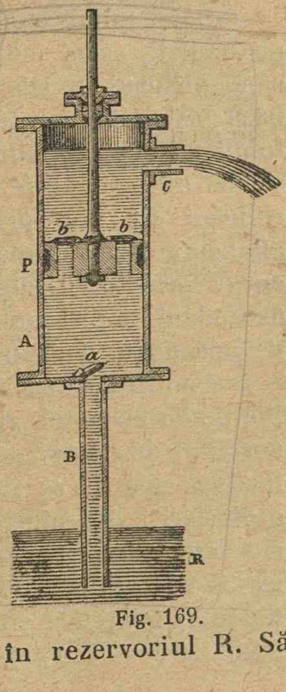


Fig. 169.

Să vedem modul cum funcţionează această pompă.

Să presupunem că pistonul P este la baba corpului de pompă şi tubul aspirator plin cu aer. In acest caz, apa este la acelaşi nivel în tubul aspirator B şi în rezervoriul R. Să ridicăm pistonul P în sus; vidul se produce sub piston; aerul conţinut în tubul aspirator va ridicà supapa a şi va umpleà locul vid lăsat în corpul de pompă.

Aerul din tubul aspirator B mărindu-şi volumul, forţa sa elastică se micşorează şi apa din rezervóriul R se va ridicà în tub, aşà că presiunea acestei coloane de apă mărită cu forţa elastică a gazului va face echilibru presiunei atmosferice. In această mişcare ascendentă, supapele $b\,b$ ale Pistonului P sunt închise, căci presiunea atmosferică a aerului exterior este mai mare decât forţa elastică a aerului din corpul de pompă. Când pistonul a ajuns la partea superioară a corpului de pompă, supapa a se închide prin propria sa greutate.

Mişcând pistonul în jos, supapa a rămâne închisă, apa ridicată în tubul aspirator continuă a ocupà aceiaş înălţime, iar aerul din corpul de pompă va fi comprimat din ce în ce mai mult, până ce ajunge un moment când forţa sa elastică, fiind superioară presiunei atmosferice, va deschide supapele $b\,b$ şi va eşì în exterior. Repetând aceste operaţiuni de mai multe ori, apa se va ridicà din ce în ce mai mult în tubul aspirator şi va străbate în corpul de pompă deschizând supapa a.

Când tubul aspirator este plin cu apă, dacă coborîm pistonul P, aerul comprimat va eşì prin supapele $b\,b$. Ridicând pistonul în sus, supapa a se va deschide şi apa va urmà basa pistonului formând o coloană licidă continuă. Când pistonul se coboară, supapa a se închide, supapele $b\,b$ se deschid şi apa din corpul de pompă trece deasupra pistonului. Dacă ridicăm din nou pistonul, supapele $b\,b$ vor fi închise, apa aflată pe partea superioară a pistonului va fi ridicată şi va curge prin tubul lateral C. Mai departe, la fiecare mişcare ascendentă a pistonului, va curge prin tubul lateral cantitatea de apă aflată deasupra pistonului.

Pentru ca apa să se ridice în tubul aspirator, trebue ca înălţimea coloanei licide dela rezervoriul R până la basa corpului de pompă să nu treacă de $10^{m.},33$. In adevăr, ceeace face ca apa să se ridice în tubul aspirator este presiunea atmosferică. Se ştie, că valoarea medie a presiunei atmosferice este echilibrată prin o coloană de mercur a cărei înălţime este de 76 centimetri. In virtutea principiului vaselor comunicante, înălţimea coloanei x de apă, care face echilibru coloanei de mercur, este:

$$\frac{76}{x}=\frac{1}{13,6},$$

unde 1 şi 13,6 sunt densităţile apei şi a mercurului.

Deducem din relaţiunea precedentă : $x = 10^{m.},33$.

In practică, înălţimea coloanei de apă se reduce cam la opt metri, din cauza imperfecţiunei aparatului, cu care nu putem face complect vidul.

Pompa respingătoare. — Pompa respingătoare (fig. 170) se compune din corpul de pompă A, în care se mişcă pistonul plin P. Tubul aspirator la pompa respingătoare fiind suprimat, corpul de pompă este introdus direct în rezervoriul R cu apă.

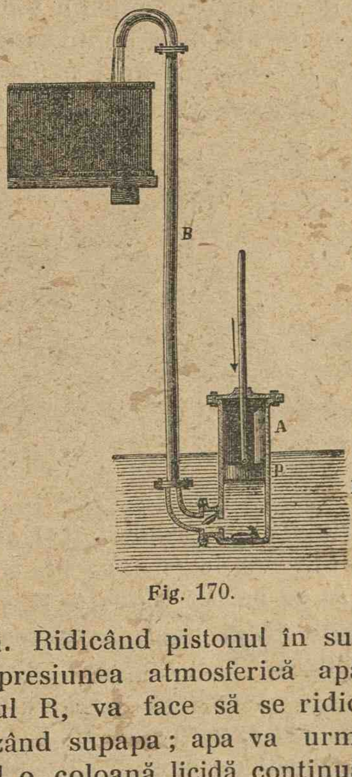


Fig. 170.

La basa corpului de pompă este făcută o deschidere, pe care este aplicată o supapă ce se deschide de jos în sus. In partea inferioară şi laterală a corpului de pompă, este adaptat tubul vertical B; o supapă ce se deschide din interiorul corpului de pompă în exterior permite a stabilì comunicaţiunea între corpul de pompă şi tubul lateral B.

Să presupunem, la începutul funcţionărei pompei, că pistonul este la basa corpului de pompă. Ridicând pistonul în sus, vidul se produce sub piston; presiunea atmosferică apăsând asupra apei din rezervoriul R, va face să se ridice apa în corpul de pompă deschizând supapa; apa va urma basa corpului de pompă formând o coloană licidă continuă. Când pistonul se opreşte în mişcarea ascendentă, supapa dela basa corpului de pompă cade în jos prin propria sa greutate.

La mişcarea descendentă a pistonului, supapa laterală se deschide şi apa trece în tubul lateral B. La fiecare mişcare descendentă a pistonului se va ridicà în tubul B un volum de apă egal cu capacitatea corpului de pompă. Repetând mişcarea alternativă a pistonuluì de mai multe ori, apa se va ridicà din ce în ce mai mult în tubul lateral B, până ce ajunsă la capătul de sus al tubului va curge în afară.

Să observăm cà în pompa respingătoare, curgerea licidului se produce la descinderea pistonului, pe când în pompa aspiratoare curgerea se efectuează la ascensiunea pistonului în corpul de pompă.

Pompa de incendiu.—In pompa respingătoare, pe care am descris'o, apa este respinsă prin tubul de curgere numai la mişcarea descendentă a pistonului. Pompa de incendiu este formată din două pompe respingătoare, combinate astfel între ele, ca curgerea apei să fie continuă.

Această pompă (fig. 171) este formată din două corpuri de pompă, prevăzute la partea lor inferioară cu supapele *a* şi *a'*; în aceste corpuri de pompă se mişcă pistoanele P şi P', puse în acţiune de acelaş mâner LL', care este o dublă pârghie mobilă împrejurul lui O. Corpurile de pompă, introduse în rezervoriul cu apă M, comunică prin supapele laterale *b* şi *b'* cu aceiaşi cameră R, plină cu aer. Prin mişcarea mânerului LL', unul din pistoane se ridică pe când celălalt se coboară.

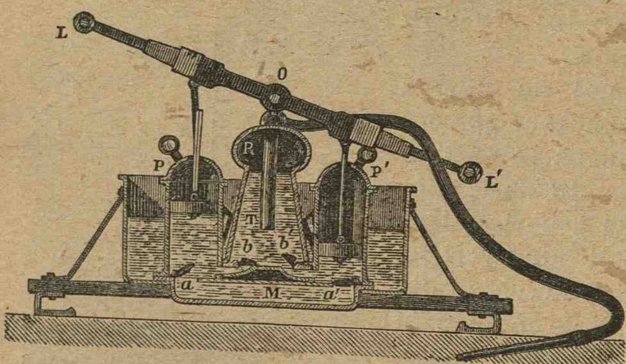


Fig. 171.

Să presupunem pistonul P ridicându-se şi P' descinzând. Apa din rezervoriul M va deschide supapa *a* şi va străbate în corpul de pompă sub pistonul P, pe când supapa *b* va rămânea închisă; din contra, apa din al doilea corp de pompă va fi respinsă, în mişcarea descendentă a pistonului P', în camera R, deschizând supapa *b'* pe când supapa *a'* va rămâne închisă. Apa, intrând în camera R, va comprima aerul conţinut în ea; forţa elastică a aerului va împinge apa prin tubul T în exterior.

Presiunea aerului din camera R fiind continuă, apa va curge necontenit prin tubul T în tot timpul funcţionării pompei.

Pompa aspiratoare şi respingătoare. — Această pompă este o combinaţiune a pompei aspiratoare şi a pompei respingătoare.

Pompa aspiratoare şi respingătoare (fig. 172) se compune din corpul de pompă A, în care se mişcă pistonul plin P. La basa corpului de pompă este adaptat tubul aspirator B, al cărui capăt de jos este introdus în rezervoriul cu apă R. Supapa *a*, dela basa corpului de pompă, se deschide de jos în sus şi permite comunicaţiunea între corpul de pompă A şi tubul aspirator B. Tubul C, care pleacă dela partea inferioară şi laterală a corpului de pompă, este prevăzut cu supapa *b*, care se deschide din lăuntru în afară.

Ridicând pistonul P în sus, apa din R se ridică în tubul aspirator. Când apa trece de supapa *a*, la mişcarea descendentă a pistonului ea va fi împinsă prin supapa *b* în tubul lateral C.

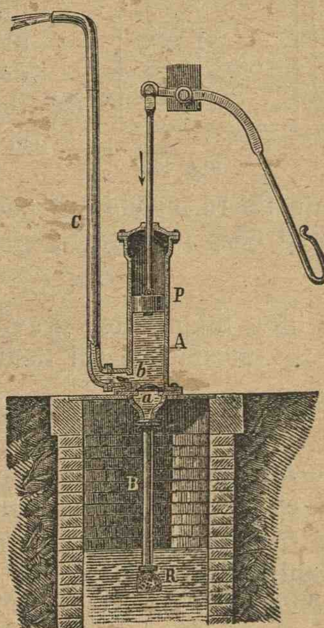


Fig. 172.

Tubul aspirator nu poate să aibă, teoreticeşte, o lungime mai mare de $10^{m.},33$; în practică, înălţimea tubului aspirator este cel mult de opt metri.

Curgerea licidelor. Sifon. Aparate diverse.

Curgerea licidelor prin o deschidere făcută în peretele unui vas. Principiul lui Torricelli. — Să considerăm un licid greu conţinut în vasul V (fig. 173). Dacă facem o deschidere O în peretele vasului, echilibrul presiunilor exercitate între moleculele fluidului este distrus şi licidul curge prin deschiderea O.

Moleculele licidului, trecând prin orificiul O, sunt animate de o iuţeală satisfăcând legii cunoscute sub numele de *principiul* sau *regula lui Torricelli*.

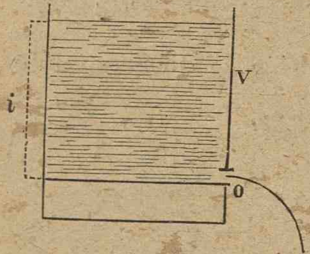


Fig. 173.

Principiul lui Torricelli este următorul : iuţeala unui licid, care curge prin o deschidere mică făcută în peretele unui vas, este egală cu iuţeala pe care ar câştiga-o un corp căzând liber în vid dela o înălţime egală cu distanţa verticală între suprafaţa liberă a licidului şi centrul deschiderii.

Fie i, distanţa vericală dela suprafaţa liberă a licidului până la mijlocul orificiului. Iuţeala v a unui corp în căderea liberă dela înălţimea verticală i, este :

$$v = \sqrt{2 g i},$$

g fiind intensitatea gravităţii în locul considerat.

Iuţeala curgerii licidului, în condiţiunile indicate, va fi şi ea exprimată prin relaţiunea $v = \sqrt{2 g i}$.

Forma vinei licide ce ese din un orificiu făcut în peretele vertical al vasului. Forma vinei licide este acea unei parabole. Dacă considerăm diversele parabole, eşind din orificii aflate la înălţimi diferite, ele vor fi cu atât mai întinse cu cât orificiile de curgere vor fi mai depărtate dela nivelul superior al cilindrului.

Contracţiunea vinei licide. Vâna licidă nu păstrează forma orificiului din care ese. Ea se contractă necontenit până la o mică distanţă dela orificiu, unde prezintă o secţiune minimă ; de acì, ià forma cilindrică cu secţiunea aproape invariabilă.

Calculul volumului de licid ce curge prin un orificiu în timpul t. Ne propunem a calculà volumul de licid ce curge prin un orificiu în timpul t. Dacă V reprezintă volumul licidului, v iuţeala de curgere, s suprafaţa orificiului şi t timpul, V va reprezintà volumul unui cilindru drept, a cărui bază este s şi a cărui înălţime este $v. t.$ Deci :

(1) $$V = s. v. t.$$

Conform legii lui Toricelli $v = \sqrt{2 g i}$; prin urmare:

(2) $$V = s t \sqrt{2 g i}.$$

Formula (2) nu se aplică în practică din cauza fenomenului contracţiunei vinei licidei; experienţa a arătat că volumul licidului măsurat direct este mai mic decât acel calculat prin formula (2).

Dacă se substitue secţiunei s a orificiului secţiunea minimă s_1 a vinei contractată, formula (2) este verificată de experienţă.

Influenţa canalelor adaptate la găuri. Canalele adaptate la găuri au o mare influenţă asupra curgerei licidelor. Astfel. pe când o cana având forma vinei contractate nu modifică iuţeala curgerei, o cana de formă conică micşorează iuţeala curgerei.

Sifon. — Sifonul este un aparat format din un tub recurbat cu două ramuri, una mai scurtă şi alta mai lungă, destinat a transvasa un licid din un vas în altul.

Să presupunem că voim a transvasa un licid, de exemplu apa, din vasul V în vasul V′ (fig. 174). Vom umplea mai întâiu cu licid sifonul ABCD, vom astupà cu degetele extremităţile A şi D ale sifonului şi apoi ’l vom răsturnà pe vasele V şi V′, aşà ca ramura mai scurtă AB a sifonului să fie întrodusă în vasul V din care voim să transvasăm licidul. Vom observa că licidul va începe să curgă prin sifon din vasul V în vasul V′.

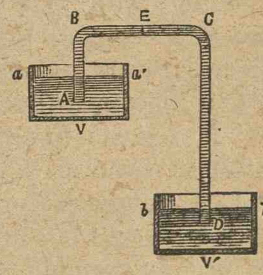


Fig. 174.

Iată în ce mod se explică funcţionarea sifonului. Fie $a\,a'$ şi $b\,b'$ suprafeţele libere ale licidului din vasele V şi V′. Presiunea exercitată de atmosferă pe suprafeţele $a\,a'$ şi $b\,b'$ este măsurată prin greutatea coloanei licide, a cărei înălţime ar fi I. Această presiune, proporţională cu I, transmiţându-se în toate părţile licidului, se va transmite de jos în sus şi la stratele licide conţinute în interiorul sifonului şi la acelaşi nivel cu $a'a'$ şi $b\,b'$.

Să considerăm un strat licid vertical E în partea BC a sifonului. Acest strat E va încercà presiuni pe ambele sale feţe de la B spre C şi de la C spre B. Când una din aceste presiuni este mai mare, stratul de licid E va cedà şi se va mişcà împins de presiunea cea mai mare.

Fie i distanţa verticală de la centrul stratului E la nivelul aa' şi i' distanţa verticală de la acelaşi centru la nivelul bb'.

Mariotte a imaginat un aparat în care iuţeala curgerei unui licid este constantă.

Vasul lui Mariotte (fig. 178) consistă din un vas de sticlă, în gâtul căruia este introdus un dop ce poate fi străbătut cu frecare de tubul T deschis la ambele capete. Vasul este prevăzut cu un orificiu C, prin care curge licidul.

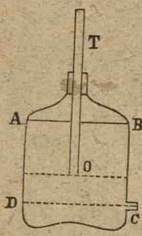


Fig. 178.

Fie AB nivelul comun al licidului din tubul T şi vas; în acest caz, pe AB se exercită presiunea atmosferică, pe care o putem măsurà prin coloană de apă a cărei înălţime este I.

Presiunea ce se exercită în interiorul vasului pe suprafaţa stratului CD, ce trece prin orificiul C, este presiunea I mărită cu distanţa verticală *a* din stratele AB şi CD; presupunând stratul CD prelungit în exterior, asupra acestui strat se exercită presiunea atmosferică I.

Diferinţa presiunilor exercitate pe stratul CD fiind $(I+a)-I$, licidul va curge prin C în virtutea presiunei măsurate prin coloana de apă a cărei înălţime este *a*.

Imediat ce licidul curge, volumul aerului din vas se măreşte şi forţa sa elastică se micşorează. Se va observà că licidul se coboară gradat în tubul T până la orificiul O; apoi, globule de aer vor străbate prin O pe lângă pereţii tubului T şi vor mărì cantitatea de aer conţinută în vas deasupra lui AB. Din acest moment, curgerea licidului va fi constantă, ceece se va observà prin forma vinei licide care rămâne invariabilă.

Explicaţiunea este următoarea: Când licidul ajunge în O la extremitatea tubului T, presiunea în O şi asupra stratului licid ce trece prin O este presiunea atmosferică I.

Prin urmare, asupra stratului licid CD, se va exercità presiunea atmosferică I, mărită cu înălţimea coloanei licide dela O până la stratul CD. Aceste două cantităţi fiind constante, presiunea exercitată pe CD este constantă; prin urmare, iuţeala curgerei va fi invariabilă.

După cum extremitatea O a tubului T este mai ridicată sau mai apropiată de orificiul C, iuţeala curgerei este mai mare sau mai mică.

ATRACŢIUNI MOLECULARE. FENOMENE CAPILARE

Atracţiuni moleculare la corpurile solide.— Se admite că între moleculele unui corp solid se exercită puteri de atracţiune, cari constituesc *coesiunea.*

Când punem în contact două corpuri solide se manifestă între ele, în circumstanţe determinate, o aderenţă mai mult sau mai puţin mare. Astfel de aderenţe observăm între corpuri şi pulberile depuse pe ele, între cretă şi tablou, între foile subţiri de aur şi obiectele pe cari sunt depuse, etc. Se dă numele de *adesiune* puterilor de atracţiune exercitate între moleculele superficiale a două corpuri în contact. Aceste puteri de atracţiune se exercită la distanţe extrem de mici, inferioare chiar celor mai mici distanţe pe cari le putem aprecià cu aparatele noastre de măsură.

Puterile de adesiune între două corpuri solide sunt adesea considerabile. Aşà, dacă facem în două gloanţe de plumb două suprafeţe plane şi egale şi apoi punem suprafeţele în contact, resucind gloanţele şi apăsându-le unul asupra altuia pentru a gonì aerul interpus şi a apropià moleculele suprafeţelor, vom constatà că gloanţele vor aderà şi va trebuì să întrebuinţăm o putere apreciabilă pentru a le separà.

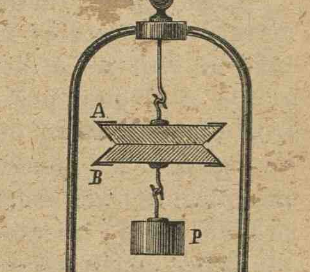


Fig. 179.

Experienţa *planurilor de Magdeburg* pune de asemenea în evidenţă adesiunea între corpurile solide.

Planurile de Magdeburg (fig. 179) consistă în două discuri A şi B de sticlă, cu feţele roase şi absolut plane. Discurile sunt prevăzute pe feţele opuse cu două cârlige.

Vom suprapune discurile, făcând să alunece cu apăsare suprafaţa unui disc pe suprafaţa celuilalt, gonind în acest mod aerul dintre discuri.

Atârnând apoi sistemul prin cârligul discului A, experienţa arată că va trebuì să întrebuinţăm o greutate P destul de considerabilă pentru a deslipì cele două discuri.

Adesiunea discurilor nu este produsă de presiunea atmosferică. Experienţa arată, în adevăr, că va trebuì să întrebuinţăm aceeaşi greutate P în aerul atmosferic sau în vid pentru a produce separarea discurilor. Adesiunea discurilor este deci datorită atracţiunilor exercitate între moleculele corpurilor solide puse în contact.

Adesiunea, în unele cazuri, este aşà de pronunţată la corpurile solide încât poate dà naştere coesiunei. Astfel, Spring a arătat că pulberi metalice de plumb, zinc, aluminiu, cupru, bismut pot fi transformate în blocuri omogene când sunt supuse la presiuni foarte mari dela 4000 până la 6000 atmosfere.

Tot asemenea este cazul ferului care devine moale când este încălzit la o temperatură înaltă. Apropiând extremităţile muiate prin căldură a două bucăţi de fer şi bătându-le cu ciocanul, vom parvenì a le lipì între ele; experienţa arată că partea lipită este tot aşà de rezistentă ca şi restul metalului. Pe această proprietate a ferului se bazează lucrarea acestui metal atât de întrebuinţat în industrie.

Atracţiunile moleculare între moleculele aceluiaşi licid şi între un licid şi între un solid. — Intre moleculele unui licid se exercită atracţiuni moleculare. Să punem în evidenţă aceste atracţiuni prin un exemplu. Să turnăm pe un plan orizontal o picătură de mercur; experienţa arată că mercurul va luà o formă sferică. Dacă ar lucrà numai gravitatea asupra picăturei de mercur, ea ar trebuì să se întindă pe suprafaţa plană; picătura însă luând o formă sferică, aceasta ne indică că atracţiunile moleculare sunt cu mult superioare acţiunei gravităţei.

Dacă vărsăm pe suprafaţa plană o cantitate mai mare de mercur, vom vedeà că mercurul se întinde luând pe marginele sale o formă convexă, datorită atracţiunilor moleculare.

Atracţiunile moleculare se exercită de asemenea între un solid şi un licid. Astfel este cazul unei picături licide suspendate la extremitatea unui baston de sticlă, a fenomenelor capilare etc.

Fenomene capilare.— Sunt unele fenomene produse între un corp solid şi un licid în contact, cari se abat dela legile cunoscute ale hidrostaticei. Astfel sunt fenomenele observate cu un licid introdus în un tub cu diametrul mic şi comparabil unui fir de păr. Dela numirea latină capillus a firului de păr, s'a dat numele de *fenomene capilare* acestul gen de fenomene.

Sunt licide, cum sunt de exemplu apa, alcoolul, eterul etc. la cari adesiunea între licid şi tubul solid, în care licidul este conţinut, este mai mare decât coesiunea care ţine unite moleculele licide; se zice că aceste licide udă tubul de sticlă în care sunt conţinute.

La alte licide, ca la mercur, adesiunea între solid şi licid este mai mică decât coesiunea moleculelor licidului; aceste licide nu udă tubul de sticlă ce le conţine.

Fenomenele capilare difer după cum licidul, introdus în tub, udă sau nu tubul.

Să introducem vertical (fig. 180) un tub de sticlă T cu diametrul mic (un tub capilar) în un licid ce udă sticla, de exemplu în apă. Experienţa va arătà că licidul se va ridicà în tub; totodată suprafaţa liberă *m n* a licidului din tub va luà o formă concavă numită *menisc concav*. Se observă în acelaşi timp că licidul din vas, în contact cu pereţii exteriori ai tubului. este ridicat.

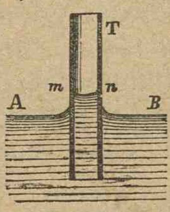


Fig. 180.

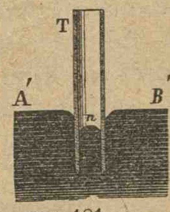


Fig. 181.

Să repetăm aceiaşi experienţă introducând un tub de sticlă capilar T în un vas cu mercur (fig. 181), care nu udă sticla. Experienţa va arătà că mercurul se va coborî în interiorul tubului, aşà că nivelul mercurului din tub va fi mai jos decât nivelul licidului exterior din vas; suprafaţa liberă a mercurului din tub va luà o formă convexă numită *menisc convex*. Se observă totodată că mercurul din vas în contact cu pereţii tubului este coborît.

Aceste fenomene sunt datorite atracţiunitor moleculare între peretele solid a tubului şi licidele conţinute în tub; aceste atracţiuni nu se exercită decât la distanţe foarte mici.

Acţiunile capilare nu pot fi atribuite presiunei aerului; în adevăr, experienţe au confirmat că ascensiunile sau depresiunile licidelor în tuburi capilare sunt aceleaşi în vid sau în aerul atmosferic.

Jurin a enunciat o lege, care poartă numele său, indicând ascensiunea licidelor, cari udă sticla, în tuburi capilare de diametre diferite. Această lege se enunciă: *Pentru un licid determinat şi la o temperatură dată, înălţarea licidului în un tub capilar este în raport invers cu diametrul tubului.*

Legea lui Jurin este aplicabilă şi la depresiunea mercurului în tuburi capilare.

Dacă considerăm licide diferite, cari udă sticla, ascensiunea licidelor în un tub capilar determinat şi la o temperatură dată depinde de natura licidelor. Astfel, dacă luăm un tub de sticlă având un diametru de un milimetru şi îl introducem succesiv în vase conţinând apă, alcool şi eter, vom observà că, la temperatura de 8°, apa se va ridicà în tubul capilar cu 30 milimetri, pe când alcoolul se va ridicà numai cu 12 milimetri şi eterul cu 10 milimetri.

Graţie fenomenelor capilare, ne putem explicà un mare număr de fenomene. Aşà. uleiul şi petroleul lampant se ridică în tuburile capilare ale fitilului din lampă; stearina şi seul topit în fitilul lumunărei; de asemenea, când punem o bucată de sachar numai în parte în apă, experienţa va arătà că apa se ridică prin tuburile capilare ale sacharului în toată întinderea sa etc.

Difusiunea licidelor.— Să facem următoarea experienţă: Să turnăm în un vas de sticlă o soluţiune de sulfat de cupru, aşà ca licidul să vină până la jumătatea vasului· Punând apoi pe licid o placă subţire de plută, să turnăm peste ea apă curată. Vom obţine astfel două strate licide de natură diferită: stratul inferior colorat în albastru şi stratul superior incolor. Experienţa arată că, după câtvà timp, apare între cele două licide un strat intermediar de un albastru mai deschis. Cu timpul, massa totală de licid va ajunge a fi colorată uniform.

Se dă numele de *difusiune* fenomenului de străbatere reciprocă a moleculelor a două licide miscibile de natură diferită.

Osmosa. – Când două licide de natură diferită sunt separate prin o membrană, de natură vegetală sau animală, se constată că licidele străbat prin membrană. Acestor fenomene li se dă numele de *osmosă*.

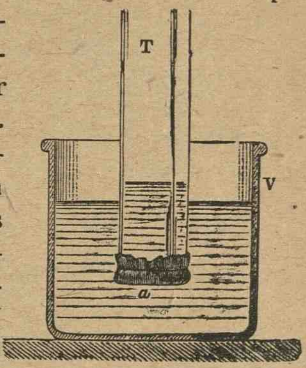


Fig. 182.

Putem pune în evidenţă aceste fenomene în modul următor: să turnăm (fig. 182) în un tub de sticlă T, închis la un capăt prin o membrană *a*, o cantitate oarecare de alcool; să introducem apoi tubul în un vas mai larg V conţinând apă curată şi să ne arangiăm astfel ca nivelele licidelor să fie aceleaşi în tub şi în vasul cu apă. Vom constatà, după oarecare timp, că nivelul licidului din tub este mai ridicat decât a licidului exterior din vas; totodată, se constată că apa a trecut din vas în tub precum şi alcoolul din tub în vas. Se dă numele de *endosmosă* fenomenului de difuziune a apei din vas în tubul cu alcool şi de *exosmosă* difuziunei alcoolului din tubul T în vasul V.

TELEFON No
TIPOGRAFIA GUTENBERG
JOSEPH GÖBL
BUCURESCI
20, STR. DOAMNEI, 20.

Lucrări de Fisică de acelaş autor:

Noţiuni de electricitate, 1 vol. de 100 pagini . . . . 2.—
Gravitatea (curs profesat la Facultatea de ştiinţe), I-ul fascicol, 164 pagini . . . . 3—
Electrostatica (curs profesat la Facultatea de ştiinţe), I-ul fascicol, 104 pagini . . . 2.—
Elemente de Fisică, (aprobată pentru cl. VI şi VII de liceu învăţământul real şi modern) 2 volume.
Gravitatea pentru usul clasei VI, ediţiunea II-a, 1907 . . . . 4.—
Noţiuni de fizică, (aprobată pentru cl. III de licee şi gimnazii.
Lucrări practice de gravitate, Căldură şi Electricitate (patru broşuri de 34, [illegible] 16 şi 16 pagini).
Pouvoir inducteur spécifique des liquides (Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris, février 1887, et Journal de Physique, décembre 1887).
Etude de l'éthérification au moyen des conductibilités èlectriques (Thèse de doctorat et C. R., 1889).
Variation de la constante diélectrique des liquides avec la température (C. R., 15 février, 1892).
Une nouvelle méthode de mesure des forces electromotrices des piles (Bulletin de la Société des sciences de Bucarest, 1896).
Elements magnétiques en Roumanie au 1-er Janvier 1895 (une brochure de 31 pages et C. R., 27 mars 1899).
Une question de priorité relativement à la relation $\frac{k-1}{(k+2)\,d} = const.$ *entre la constante diélectrique et la densité* (C. R. de l'Ac. de Paris, 27 mars 1899).
Méthode rapide pour la détermination de la chaleur spécifique des liquides. (C. R., 4 avril 1899).
Vibrations produites dans un fil à l'aide d'une machine à influence (C. R., 10 juin 1901).
Procédé de séparation electrique de la partie métallique d'un minerai de sa gangue (C. R. 15 dec. 1902 et 20 avril 1903).
Constantele dielectrice a câtor-va uleiuri, variaţiunile lor cu temperatura şi relaţiunile între constanta dielectrică, indicele de refracţiune şi densitatea (Analele Academiei Române, Seria II, tom. XVI, 1893).
Câteva observaţiuni asupra maşinei Whimshurst (An. Ac. Rom., Seria II, tom. XVIII, 1896).
O nouă metodă de măsură a resistenţelor electrice mari (An. Ac. Rom., Seria II, tom XIX, 1897).
Măsura rezistenţelor electrice mari, dedusă din metoda lui Lacoine relativă la măsura forţelor electromotrice (An. Ac. Rom., Seria II, tom. XIX, 1897).
Maşină electrostatică funcţionând în cele două sensuri (An. Ac. Rom., Seria II, tom. XIX, 1897.
Componenta orizontală a forţei magnetice terestre la Bucureşti cu busola de tangente. (An. Ac. Rom., Seria II, tom. XX, 1897).
Valorile câtor-va constante fisice pentru Bucureşti (An. Ac. Rom., Seria II, tom. XIX, 1897).
Noui metode de măsură a marilor resistenţe electrolitice. (An. Ac. Rom., Seria II, tom. XX, 1898).
Sistemul internaţional de unităţi electrice (Analele Ac. Rom., Seria II, tom. XX).
Sistemul internaţional de unităţi electrice (Analele Acad. Rom., Seria II, tom. XX.
Dilataţiunea absolută a licidelor determinată cu balanţa lui Mohr modificată de Westphal şi Reimann (An. Ac. Rom., Seria II, tom. XXI, 1899).
Determinarea pondului specific al unui corp solid. (An. Ac. Rom., Seria II, tom. XXII, 1900).
Două mijloace pentru determinarea polilor unei maşini electrostatice. (An. Ac. Rom. Seria II, tom. XX, 1900).
O nouă metodă de măsură a rezistenţei interioare a unui element galvanic (An. Ac. Rom., Seria II, tom. XX, 1900).
O nouă metodă de măsură a rezistenţei electrice a unui galvanometru. (An. Ac. Rom., Seria II, tom. XXII, 1900).
Cercetări asupra condiţiunilor în cari maşina electrostatică Whimchurst poate produce cea mai mare cantitate de ozon (An. Ac. Rom., 1902).
Formulele cari reprezintă legea distribuţiunei componentei orizontale a forţei magnetice terestre în România. (An. Ac. Rom., Seria II, tom. XXIII, 1901 şi Bulet. Soc. de Ştiinţe 1903).
Relaţiuni între forţele elastice ale vaporilor saturanţi şi temperaturile absolute (Memoriile secţ. ştiinţifice ale Ac. Române 1904).
Metoda stroboscopică aplicată la iuţelele de rotaţiune a două discuri ce se mişcă în sens invers (Memoriile secţ. ştiinţifice ale Ac. Române 1904).
Studii electrice asupra apelor minerale (Memoriile Secţ. Ştiinţifice a Acad. Rom. 1905, şi C. R. a Academiei de Ştiinţe din Paris, 1906).
Variaţiunea temperaturilor de topire cu presiunea (Mem. Secţ. Ştiinţifice a Acad. Române, 1905).
Istoricul laboratorului de fizică (Gravitate, Căldură şi Electricitate) al Facultăţei de ştiinţe din Bucureşti 1906.

Tip. GUTENBERG Joseph Göbl, str. Dómnei, 20.