

657

4

ELEMENTE

DE

F I S I C Ă

—336—

CĂLDURA

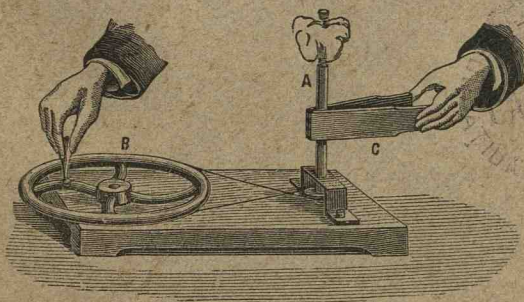
DE
D. NEGREANU

DOCTOR ÎN ȘTIINȚE DE LA 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
TIPĂRITĂ ÎN 1100 EXEMPLARE

Exemplarul No. 510



BUCURESCI
TIPOGRAFIA GUTENBERG, JOSEPH GÖBL

20. — STRADA DOAMNEI. — 20

1907

Prețul 4 Lei.

ELEMENTE DE FISICĂ

CĂLDURA

Lucrări de Fizică de același 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 Fizică*, (aprobată pentru cl. VI și VII de liceu învățământul real și modern) 2 volume.
- Gravitatea* pentru usul clasei VI, edițiunea II-a, 1907 4.—
- 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'éthérisation au moyen des conductibilités électriques* (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 électromotrices 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 $\frac{k-1}{(k+2)d} = \text{const.}$ 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 électrique de la partie métallique d'un minerai de sa gangue* (C. R. 15 dec. 1902 et 20 avril 1903).
- Constantele dielectrice a cător-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 rezistențelor 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 tangentă.* (An. Ac. Rom., Seria II, tom. XX, 1897).
- Valorile cător-va constante fizice pentru București* (An. Ac. Rom., Seria II, tom. XIX, 1897).
- Nouii metode de măsură a marilor rezistențe 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 ligidelor 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 cantitate 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 saturați și temperaturile absolute* (Memoriile secț. științifice ale Ac. Române 1904).
- Metoda stroboscopică aplicată la tuțele 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 Facultății de științe din București 1906.

Inv. 7897

B14071(M)

B14083(C1)

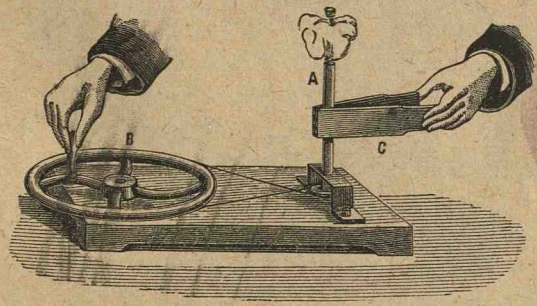
ELEMENTE
DE
F I S I C Ă

CĂLDURA
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.

J. Negruc

CĂLDURA

Generalități.

Sensațiune de căldură și frig. — Când punem mâna în apropiere de o sobă, în care arde focul, avem o senzațiune de căldură; dacă însă, am pune mâna în zăpadă încercăm, din contra, o senzațiune de frig. Cauza acestor senzațiuni este căldura.

Senzațiunile noastre de căldură și de frig sunt relative. Astfel, dacă am face următoarea experiență, punând în același timp o mână în apă ferbinte și alta în gheață și apoi le-am pune deodată în un vas cu apă puțin încălzită, vom încerca o senzațiune de frig în mâna pusă mai înainte în apă caldă și o senzație de căldură în mâna pusă anterior în gheață. Se vede de aci, că același izvor de căldură poate produce asupra noastră senzațiuni diferite.

Efectele căldurei. — Intre efectele căldurei, pe cari le vom studia de o cam dată, vor fi :

- 1) Variațiunea volumului corpurilor sub acțiunea căldurei, adică *dilatarea* corpurilor.
 - 2) Schimbarea stărei corpurilor, adică fenomenele de topire, febre, evaporare.
-

Dilatarea corpurilor.

Dilatarea corpurilor prin căldură. — Când încălzim corpurile, în general ele își măresc volumul sau se *dilatează*;

din contra, când corpurile sunt răcite, ele își micșorează volumul sau se *contractează*.

Vom proba, prin câteva experiențe, *dilatarea* la corpurile solide, licide și găzoase.

Dilatarea corpurilor solide. — Când corpurile solide se prezintă sub formă de bare sau sârme, așa că celelalte două dimensiuni ale lor sunt mici și negliabile în raport cu lungimea, putem pune în evidență dilatarea corpului în sensul lungimei sub influența căldurii prin ajutorul *piometrului cu cadran* :

O sârmă AB de fer, oțel sau alt metal (fig. 1) trece prin

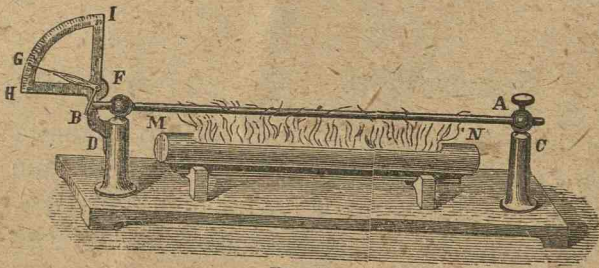


Fig. 1.

două coloane C și D. Sârma este fixată la un capăt prin ajutorul unui șurub la coloana C și celalt capăt trece liber prin coloana D și atinge

pârghia dreptunghiulară BFG, formată din ramurile BF și FG. Această pârghie se mișcă împrejurul punctului F ca centru, iar extremitatea G pe arcul de cerc gradat HI. În fine MN este un vas, în care se poate pune alcool, pentru a putea încălzi sârma.

Aprinzând alcoolul din vasul MN, sârma AB se va încălzi și se va dilata prin căldură în sensul lungimei. Unul din capetele sârmei fiind fixat în A, lungirea se va face la celălalt capăt al ei, în B. Sârma va împinge pârghia BFG, așa că extremitatea G se va mișca pe arcul de cerc HI.

Dilatarea sârmei devine apreciabilă, grație acestei dispozițiuni. În adevăr, să presupunem, de exemplu, că lungimea FG este de 100 de ori mai mare de cât BF ; arcul descris de extremitatea G, măsurat pe HI, este de 100 de ori mai mare decât arcul descris de extremitatea B. Avem deci posibilitatea de a măsura dilatațiunii cât de mici.

Mărirea volumului corpurilor solide sub influența căldurii, sau *dilatațiunea cubică* a solidelor cum se mai zice, se poate proba prin ajutorul *inelului lui S' Gravesande*.

Inelul lui S' Gravesande (fig. 2) este format din o sferă metalică A, de exemplu de aramă sau de fer, susținută prin un lanț de suportul C. Sfera A poate trece exact prin inelul B, care este tot de aceeași materie ca și sfera A. Dacă încălzim sfera A, experiența ne va arăta că ea nu mai poate trece prin inelul B. Sfera A și-a mărit volumul; ea s'a dilatată, prin urmare, când a fost supusă la acțiunea căldurii. Dacă însă, încălzim în același timp sfera A și inelul B, experiența ne va arăta că sfera continuă a trece exact prin inel. Aceasta ne arată că locurile goale ale unui corp solid se dilatează în același mod ca și un corp solid de aceeași natură și care ar umplea locul gol. Să considerăm, de exemplu, un balon de sticlă. Dacă îl încălzim, cantitatea cu care se mărește capacitatea balonului de sticlă este egală cu cantitatea cu care s'ar dilată un solid de sticlă, a cărui volum ar fi egal cu capacitatea interioară a balonului.

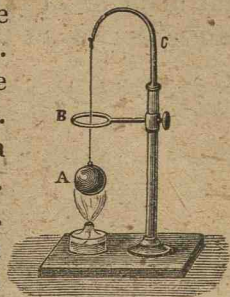


Fig. 2.

Dilatațiunea lichidelor.—Putem proba dilatațiunea lichidelor în modul următor (fig. 3):

În balonul de sticlă A, la care este lipit tubul B de diametru mic, să introducem un lichid oarecare, de exemplu apă sau alcool. Pentru a observa mai bine dilatarea lichidelor, să colorăm lichidul conținut în balon. Dacă punem balonul în un vas cu apă încălzită și urmărim cu atențiune nivelul lichidului din tub, observăm mai întâi că nivelul lichidului se coboară în tub

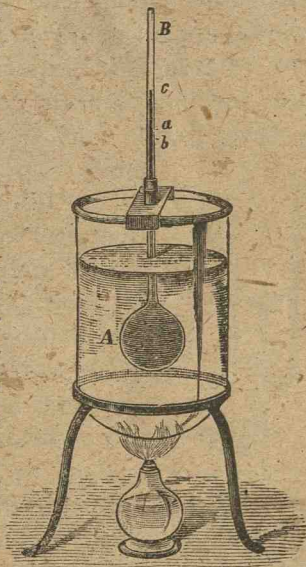


Fig. 3.

din *a* în *b* și apoi începe a se ridica trecând mai sus de nivelul inițial până în *c*. Explicațiunea este următoarea: când am introdus balonul de sticlă în apă încălzită, căldura s'a comunicat mai întâi balonului, care s'a dilatată, fără a se comunica lichidului; capacitatea balonului mărindu-se, nivelul lichidului s'a coborât în tub; căldura apoi comunicându-se lichidului, el s'a dilatată și nivelul său a trecut peste nivelul inițial.

Dilatațiunea gazelor.— Dilatațiunea gazelor este cu mult mai mare decât a lichidelor. Putem pune în evidență dilatațiunea la gaze în modul următor:

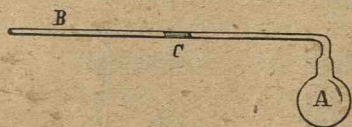


Fig. 4.

Să luăm (fig. 4) un balon de sticlă A, prevăzut de un tub lung și subțire B, și să introducem în tub o mică cantitate de mercur sau lichid colorat C. Limităm astfel, prin ajutorul indicelui C, un volum determinat de aer. Dacă încălzim balonul A, și este de ajuns a acoperi balonul cu mâna, vom vedea că indicele C se mișcă spre extremitatea tubului. Această experiență ne arată că volumul aerului s'a mărit sub influența căldurii. Experiența poate fi repetată cu orice alt gaz. Gazele, prin urmare, se dilată sub influența căldurii.

Observăm, în această experiență, că presiunea, la care gazul este supus, este presiunea atmosferică. *Dilatațiunea gazului este, prin urmare, sub presiune constantă și volum variabil.*

Putem face experiențe asupra unui gaz, așa că de și l'am încălzi, volumul gazului să rămână același iar presiunea, la care gazul este supus să varieze. Să luăm (fig. 5), în acest scop, un balon A, la care este adaptat tubul de două ori recurbat BC. Să introducem, la începutul experienței, mercur în tubul C, așa ca nivelul mercurului în B și C să fie același. Dacă încălzim balonul A, experiența arată că nivelul mercurului se coboară în B și se ridică în C. Această experiență arată deci, că gazul încălzit se dilatează și că atât volumul cât și presiunea gazului variază.



Fig. 5.

Dacă acum, turnăm mercur prin ramura C, așa ca nivelul mercurului în B să fie același care l'a avut la începutul experienței, atunci închidem în balon un volum de aer egal cu volumul inițial, iar presiunea la care gazul se află este presiunea atmosferică, mărită cu presiunea coloanei de mercur, a cărei înălțime este diferența între nivelele din tuburile C și B.

În această din urmă experiență, gazul încălzit și-a conservat volumul, dar presiunea sau forța elastică a gazului s'a mărit. Această dilatațiune se numește: *dilatațiune sub volum constant și presiune variabilă.*

Temperatură. Termometre.

Temperatură. Termometre. — Se numește *temperatură* starea de încălzire a unui corp.

Când două corpuri puse în prezență își păstrează volumele lor, se zice că corpurile au *aceeași temperatură*. Când din cele două corpuri puse în prezență, unul A își micșorează volumul iar celălalt B și-l mărește, se zice că cel dintâiu A a cedat căldură celui al doilea B, și că temperatura corpului A a fost mai mare decât a corpului B în momentul când am pus acești corpi în prezență. Dacă unul din corpi B are o masă neglijabilă în raport cu corpul A, căldura cedată de corpul A corpului B este neglijabilă; corpul A își va conserva volumul, pe când corpul B și-l va mări. Variațiunile volumului corpului B vor măsura temperaturile corpului A.

Se dă numele de *termometre* instrumentelor cu cari putem măsura temperaturele corpurilor. Când termometrele sunt bazate pe dilatațiunea corpurilor, se dă termometrului o masă astfel ca ea să fie neglijabilă în raport cu masa corpurilor a căror temperatură se caută. Când un astfel de termometru pus în contact cu un corp ocupă un volum mai mare decât când l-am pune în contact cu alt corp, se zice că temperatura primului corp este superioară celui al doilea; dacă volumele ocupate de termometru sunt aceleași când îl punem succesiv în contact cu două corpuri, se zice că temperaturile corpurilor sunt aceleași.

Vom descrie aci câteva termometre din cele mai uzitate, bazate pe dilatațiunea corpurilor.

Termometrul cu mercur.—Vom descrie mai întâiu în un mod general acest termometru și vom indica în urmă modul cum se construiește și se gradează.

Descrițiunea termometrului cu mercur. Termometrul cu mercur este format din un rezervoriu la care este lipit un tub de sticlă cilindric, cu diametrul mic și închis la celălalt capăt. Rezervoriul precum și o parte a tubului sunt umplute cu mercur. După cum temperatura se ridică sau se coboară, nivelul mercurului se ridică sau se coboară în tub. Pentru a putea compara observațiunile termometrice, se notează pe tub după puncte fixe 0 și 100; notăm pe tub zero locul

unde se oprește mercurul când îl introducem în ghiață care se topește; se va însemna de asemenea cu 100 locul unde se ridică mercurul când îl punem în vapori de apă, care ferbe sub presiunea de 760 de milimetri. Se divide apoi în 100 părți intervalul între cele două puncte fixe și se prelungesc apoi diviziunile deasupra lui 100 și de desuptul lui zero. O diviziune a termometrului se numește un grad termometric centigrad. Gradele deasupra lui zero se numesc grade pozitive și se preced de semnul +; gradele sub zero se numesc grade negative și se notează cu semnul —. Astfel, 10 grade sub zero se vor nota — 10° C.

Măsura temperaturilor cu termometrul cu mercur este bazată pe dilatațiunea mercurului în vasul de sticlă ce-l conține, adică pe *dilatațiunea aparentă a mercurului*.

Construcțiunea termometrului cu mercur. Când voim a construi un termometru, vom căuta mai întâiu un tub termometric cu canalul fin și cilindric în toată lungimea sa. Pentru a ne convinge că tubul are o secțiune interioară uniformă în toată lungimea sa, vom introduce în tub o coloană de mercur lungă dela 30 până la 40 milimetri; dacă această coloană de mercur are neconținut aceeași lungime în toată întinderea tubului, atunci tubul este bun și putem construi cu el un termometru. Tubul termometric, găsit bun, este spălat cu acid azotic concentrat, apoi cu apă distilată și, în fine, uscat prin un curent de aer cald.

Se lipește apoi la unul din capetele tubului un rezervoriu A (fig. 6 și 7) de formă sferică sau, în general, cilindrică. La celălalt capăt al tubului se lipește un balonaș B, de dimensiuni mai mari decât a rezervoriului și terminat prin un vârf ascuțit. Balonașul B este ținut închis până în momentul când voim a introduce mercur în aparat, pentru a împiedica umiditatea și pulberea să nu străbată în interior.

Când voim să introducem mercur în aparat, vom rupe vârful balonașului B și vom încălzi puțin la o lampă cu alcool rezervoriul A și balonașul B; aerul din aparat mărindu-și volumul prin dilatare, o parte din el va fi gonit în afară. Se introduce apoi vârful balonașului B în un vas cu mercur pur și uscat (fig. 6). Aerul din interiorul aparatului se răcește și se contractează; forța sa elastică devenind mai mică decât presiunea atmosferică, această din urmă va apăsa asu-

pra mercurului din vas și'l va împinge în balonașul B. Când s'a introdus în balonaș o cantitate suficientă de mercur, răsturnăm aparatul așa ca rezervoriul A să vină în jos (fig. 7).



Fig. 6

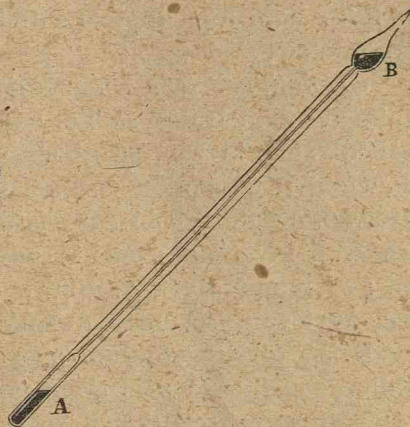


Fig. 7

Aerul din tub, continuând a se răci, se contractează și o mică cantitate de mercur străbate în tub. Se va înclina apoi aparatul (fig. 6), se va încălzi din nou cu o lampă cu alcool rezervoriul A și tubul termometric ; o nouă cantitate de aer va eși în afară și mercur din balonaș se va introduce în aparat. Repetând aceste operațiuni de mai multe ori, vom ajunge a umple aparatul cu mercur. Pentru a alungă ultimele globule de aer și de umiditate ce ar fi interpușe între mercur și pereții de sticlă, punem aparatul pe un grătar înclinat pe care îl încălzim cu cărbuni în toată lungimea sa (fig. 8). Mercurul, răcinduse, va umpleă complet rezervoriul și tubul termometric.

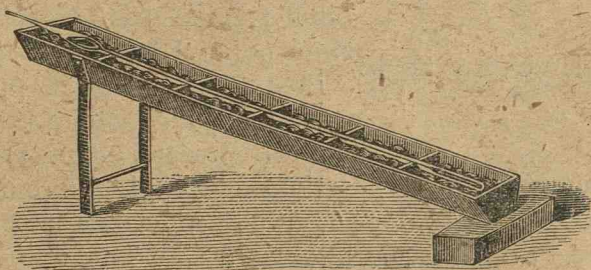


Fig. 8.

Rămâne a determina cantitatea de mercur ce trebuie a conserva în termo-

metru. Pentru aceasta, după ce vom despărți balonașul de tub, vom încălzi aparatul până la o temperatură superioară temperaturii celei mai înalte ce vom ca termometrul să indice. Mercurul dilatându-se, excesul mercurului va cădea afară din tub ; vom topi apoi la suflător capătul deschis al tubului termometric.

Gradațiunea termometrului centigrad. Pentru ca indicațiunile termometrelor să fie comparabile, se determină mai întâi nivelele la cari se oprește mercurul în tubul termometric, când îl punem în contact cu două izvoare de căldură a căror temperatură este invariabilă și ușor de reprodus. Temperaturele invariabile, cari servesc la gradarea termometrului, sunt : a) temperatura de topire a gheții; b) temperatura ferberei apei sub presiunea normală de 760 milimetri. Nivelele, la care se oprește mercurul la cele două temperaturi invariabile, constituiesc cele două puncte fixe ale termometrului. În termometrul centigrad cele două puncte fixe se notează cu 0° și 100° .

Pentru a determina punctul fix zero se introduce vertical termometrul în un vas A (fig. 9) care conține gheață care se topește. Vom avea precauțiunea ca gheața să fie sfărâmată în mici bucățele, așa ca mercurul termometrului să fie complet acoperit cu gheață. Vasul A este prevăzut cu o mică deschidere, prin care se scurge apa provenind din topirea gheții. Când nivelul mercurului rămâne staționar, se înseamnă cu un vârf de diamant locul unde mercurul se oprește în tubul termometric. Această trăsătură reprezintă punctul fix zero al termometrului.

Pentru a determina punctul fix 100 al termometrului centigrad, va trebui să luăm oarecare precauțiuni. Experiența a arătat că temperatura ferberei apei depinde nu numai de presiunea exterioară a atmosferei, dar și de natura vasului care conține apa precum și de impuritatea lichidului ; de asemenea, temperatura nu este aceeași în toate stratele unui lichid care ferbe și descrește de la basă la nivelul liber. Pentru a se evita aceste cauze de erori, punctul fix 100 se determină introducând ter-

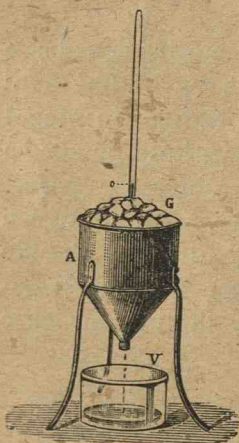


Fig. 9.

metrul în vaporii de apă, care fierbe sub presiunea de 760 milimetri. Aparatul (fig. 10), în care se determină punctul 100, este format din o căldare care conține apă supusă fierberii. Căldarea este prevăzută la partea superioară cu un dublu cilindru, așa că vaporii produși în căldare vor circula în cilindrul central și vor trece apoi în spațiul inelar cuprins între cele două cilindre și prin o tubulară laterală vor eși în exterior.

Cilindrul extern este prevăzută la partea sa superioară cu o deschidere, unde se fixează un dop prin care trece cu frecare termometrul ce vom a gradă.

Vom avea precauțiunea ca rezervoriul termometrului să nu atingă apa din căldare. Cu dispozitivul indicat, vaporii de apă cari înconjoară termometrul și cari sunt apărați contra răcirii prin spațiul inelar, care înconjoară cilindrul central, vor avea exact temperatura fierberii apei. O tubulară laterală, cu care este prevăzută cilindrul central, poartă la capăt un mic manometru cu aer liber, cu care verificăm dacă presiunea vaporilor de apă din interiorul aparatului este egală cu presiunea exterioară a aerului atmosferic. Mercurul din termometru se va dilata și va ajunge un moment când nivelul mercurului va rămâne staționar. Vom face atunci o a doua trăsătură pe tubul termometric în locul unde se oprește mercurul în termometru; această trăsătură va reprezenta *punctul fix 100* al termometrului centigrad.

Am presupus că presiunea atmosferică este de 760 milimetri; dacă ea ar fi diferită de 760 milimetri, vom face o mică corecțiune, știind că o variațiune de 27 milimetri în plus sau în minus a presiunii atmosferice, corespunde cu o mărire sau o scădere de un grad la temperatura fierberii apei.

Punctele fixe 0 și 100 determinate, vom divide intervalul în 100 părți și vom continua diviziunile deasupra lui 100 și dedesuptul lui 0. Gradațiunea aceasta, poartă numele de gra-

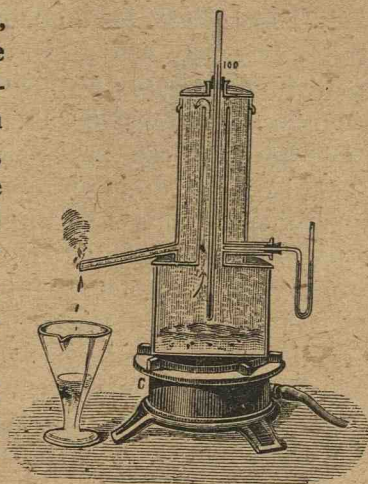


Fig. 10

dațiune *centigradă* sau a lui *Celsius*, după numele fizicianului suedez, care a introdus cel d'întăiu această gradațiune,

Diverse scări termometrice. Pe lângă gradațiunea centigradă, care este cea mai răspândită și singura admisă actualmente în cercetările științifice, se mai întrebuițează în unele țări gradațiunile sau scările ale lui *Réaumur* și ale lui *Fahrenheit*.

Gradațiunea sau scara lui *Réaumur* consistă în a notă cu 0 și 80 cele două puncte fixe ale termometrului, și a divide intervalul între aceste puncte fixe, pe care-l vom numi *interval fundamental*, în 80 părți egale. Aceste diviziuni sunt apoi continuate deasupra lui 80 și dedesuptul lui 0. Gradațiunea lui *Réaumur* este actualmente întrebuițată în multe părți în Germania.

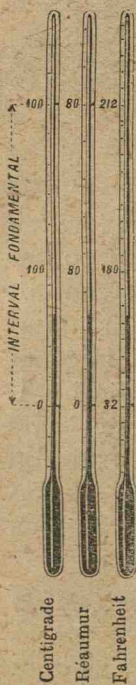


Fig. 11.

În gradațiunea sau scara lui *Fahrenheit*, se notează punctele fixe cu 32 și 212; intervalul fundamental între punctele fixe este împărțit în 180 părți egale. Diviziunile sunt apoi continuate deasupra lui 212 și dedesuptul lui 32. Gradațiunea *Fahrenheit* este uzitată în Anglia și Statele-unite.

Conversiunea diverselor gradațiuni termometrice. Este ușor a găsi corespondența între gradațiunile: *centigradă*, *Réaumur* și *Fahrenheit* și a converti gradele între ele. Să considerăm (fig. 11) trei termometre identice, la cari intervalul fundamental este împărțit în 100 grade centigrade, 80 grade *Réaumur* și 180 grade *Fahrenheit*.

Fie c lungimea unui grad centigrad, r a unui grad *Réaumur* și f a unui grad *Fahrenheit*. Spațiul între punctele fixe, adică intervalul fundamental, fiind același, vom avea:

$$(1) \quad 100 c = 80 r = 180 f.$$

Să presupunem că aceste termometre sunt puse în aceeași sală, așa că indică aceeași temperatură. Fie C , R și F numărul de grade arătate, pentru aceeași temperatură, de termometrele cu gradațiunile centigradă, *Réaumur* și *Fahrenheit*.

Mercurul din termometre fiind la aceeași înălțime, distanța între punctul zero și nivelul mercurului va fi exprimată în cele trei gradațiuni:

$$(2) \quad C c = R r = (F - 32) f.$$

Divizând relațiunea (2) prin (1), găsim :

$$\frac{C}{100} = \frac{R}{80} = \frac{F-32}{180},$$

sau prin simplificare :

$$(3) \quad \frac{C}{5} = \frac{R}{4} = \frac{F-32}{9}.$$

Ecuatiunile (3) permit a efectua orice conversiune a gradelor centigrade, Réaumur sau Fahrenheit.

Astfel, pentru a cunoaște câte grade Réaumur și Fahrenheit prețuesc 20 grade Celsius, vom scrie :

$$\frac{20 C}{5} = \frac{R}{4} = \frac{F-32}{9}.$$

$$\frac{4}{5} C = \frac{R}{4} \quad R =$$

Ecuatiunile rezolvite ne dau :

$$20^{\circ} C = 16^{\circ} R = 68^{\circ} F.$$

Inălțarea punctului fix zero. Dacă introducem în gheață un termometru cu mercur construit și gradat de câtva timp, experiența arată că nivelul mercurului va fi ceva mai sus de locul unde am însemnat punctul fix zero. Explicațiunea acestui fenomen este următoarea: Când s'a lipit rezervoriul de sticlă la tubul termometric, a trebuit să încălzim rezervoriul la o temperatură înaltă; prin răcire, rezervoriul s'a călit și a conservat o capacitate mai mare de cât aceea ce ar fi avut-o dacă trecerea de la temperatura înaltă la temperatura ordinară s'ar fi făcut gradat. Cu timpul rezervoriul se decălește și ocupă o capacitate mai mică; de aci rezultă înălțarea mercurului în tubul termometric. Tubul termometric însă, nefiind încălzit ca rezervoriul termometrului la o temperatură înaltă și apoi răcit la temperatura ordinară, conservă același volum; aceasta se probează și prin faptul că cu cât se înalță punctul zero în tubul termometric cu atât se înalță și punctul fix 100, așa că distanța între punctele fixe rămâne aproape invariabilă.

Când vom, prin urmare, a face determinări exacte cu un termometru construit de mai mult timp, trebuie a verifica numărul de grade cu care s'a înalțat punctul fix zero, și a scădea acest număr din gradele citite pe termometru.

Fenomenul înălțării punctului zero, ne arată că este avantajos a grada un termometru câtva timp după ce a fost construit.

Termometrul cu alcool.—Din cauză că mercurul îngheață la temperatura de $-39^{\circ} C.$ și ferbe la $+360^{\circ} C.$, nu ne putem

folosi de termometrul cu mercur de cât între aceste două temperaturi.

Pentru temperaturi inferioare se întrebuițează termometrul cu alcool, care nu se solidifică de cât la temperaturi foarte joase.

Pentru a construi un termometru cu alcool, se ia un tub termometric bine calibrat (având aceiași secțiune în toată lungimea sa) și se lipește la un capăt un rezervoriu de sticlă. Se încălzește apoi puțin rezervoriul la o lampă cu spirt pentru a dilata aerul și a-l face să iasă parțial din aparat; se introduce apoi capătul deschis al termometrului în un vas cu alcool anhidru. Aerul din aparat răcindu-se forța sa elastică fiind mai mică decât presiunea atmosferică, această din urmă va apăsa asupra alcoolului din vas care va intra în rezervoriu. Vom întoarce apoi termometrul și vom încălzi din nou rezervoriul la o lampă, ceea ce va determina ferberea liciului; vaporii de alcool degagiându-se vor lua cu ei aerul din rezervoriu și din tubul termometric. Introducând din nou capătul deschis al termometrului în vasul cu alcool, vaporii de alcool din aparat răcindu-se se vor condensă și alcoolul din vas va intra și va umplea complet atât rezervoriul precum și tubul termometric.

Aparatul fiind astfel umplut cu alcool, îl vom încălzi puțin pentru a alungă un exces de alcool; vom topi, în fine, capătul deschis al termometrului, după ce'l lăsăm puțin să se răcească așa că o mică cantitate de aer să rămână în tub deasupra alcoolului.

Aerul închis în partea de sus al tubului servește a împedica, prin forța sa elastică, ca alcoolul din tub să nu se fragmenteze când am înclină termometrul.

Pentru a gradă acest termometru, îl vom pune mai întâiu în gheață, care se topește; vom nota cu 0° locul la care se oprește alcoolul în tub. Din cauză că alcoolul ferbe la $+78^{\circ}$ C, nu putem determină al doilea punct fix cum s'a făcut la termometrul cu mercur; îl vom introduce însă în o baie cu apă, încălzită la 40 sau 50° C, și vom măsură temperatura băiei foarte exact prin ajutorul unui termometru cu mercur. Vom notă nivelul alcoolului din tubul termometric cu numărul de grade indicate de termometrul cu mercur. Vom continuă apoi diviziunile sub 0° .

Experiența a arătat că alcoolul devine sirupos la tem-

peraturi inferioare ; pe lângă aceasta, alcoolul nu poate fi obținut absolut anhidru, așa că cantitățile de apă, de și minime, conținute de alcool, fac ca indicațiunile termometrelor cu alcool să nu fie concordante.

Pentru a se evita aceste inconveniente, s'a propus a se întrebuiți în locul alcoolului licide cari sunt anhidre și cari își conservă fluiditatea la temperaturele inferioare ; astfel de licide sunt : sulfura de carbon, eterul etc.

În timpurile din urmă s'au construit termometre cu *toluen*, ligid care își păstrează fluiditatea la temperaturele inferioare și care ferbând la o temperatură mai mare de 100° C. permite a determina direct intervalul fundamental 0° — 100° .

Sensibilitatea termometrelor.— În unele cazuri se cere ca termometrul să se pună repede în echilibru de temperatură cu corpurile cu cari este în contact ; în alte cazuri e necesar ca termometrul să indice variațiuni mici de temperatură. Termometrele prezintă deci, după cazuri, două feluri de sensibilități.

În primul caz, masa ligidului trebuie să fie cât se poate mai mică. Termometrele, cărora li se cer acest gen de sensibilitate, vor prezintă deci un rezervoriu mic.

În al doilea caz, un termometru va fi cu atât mai sensibil cu cât gradul va ocupa o lungime mai mare în tubul termometric ; termometrul va satisface acestei condițiuni mărin d capacitatea rezervoriului și micșorând diametrul tubului termometric.

Termometrul normal. Definițiunea gradului centigrad.— Termometrul normal este un instrument totdeauna comparabil cu el însuși.

Un *termometru cu gaz* este un *termometru normal*. Putem măsura temperaturele prin ajutorul termometrului cu gaz în două moduri : a) sau măsurând variațiunea volumului unei mase de gaz sub presiune constantă ; b) sau observând variațiunea forței elastice a masei de gaz, a cărui volum este menținut constant.

S'a convenit a se măsura temperaturile cu termometrul cu gaz prin acest din urmă mod. Gazul, utilizat în aceste termometre, este *hidrogenul*.

Un grad centigrad a termometrului normal este definit în modul următor : *Un grad centigrad este variațiunea temperaturii care produce asupra unei mase de hidrogen supuse la*

condițiunea de a conserva un volum constant, o variațiune a forței elastice a gazului egală cu $\frac{1}{100}$ parte din variațiunea pe care masa de gaz o încearcă între temperaturile gheței care se topește și d vaporilor de apă care fierbe, forța elastică inițială a masei de gaz la 0° fiind presiunea unui metru de mercur.

Termometrul cu mercur gradat în raport cu termometrul normal. — Determinarea unei temperaturi cu termometrul normal cerând o operațiune lungă, se întrebuintează în practică ca termometru precis termometrul cu mercur gradat prin comparațiune cu termometrul normal. Experiența arată că temperaturile cuprinse între 0° și 100° ale termometrului cu mercur coincid cu aceleași temperaturi ale termometrului normal. Pentru temperaturile inferioare de zero grade, precum și acele superioare de 100°, gradarea termometrului cu mercur se face în comparațiune cu termometrul normal.

Termometre diverse. — Vom descrie câteva termometre, dintre cari unele sunt utilizate în practică.

Termometrul metalic. Bréguet a construit un termometru metalic foarte sensibil, bazat pe dilatațiunea acestor corpuri.

Termometrul lui Bréguet (fig. 12) se compune din o lamă formată din trei metale lipite între ele : platina, aurul și argintul. Aceste metale sunt așezate în ordinea de mărimi a dilatabilității lor : platina, metalul cel mai puțin dilatabil, după care urmează aurul și, în fine, argintul. Lama este trăsă prin laminoriu pentru a face o panglică foarte subțire, căreia i se dă, în urmă, forma de spirală. Se fixează panglica cu un capăt la un suport fix, iar de capătul liber se atârână un ac indicator orizontal de cupru, care se mișcă înaintea diviziunelor unui cadran.

Când temperatura se ridică, argintul, care este la partea internă a bandei, se dilată mai mult decât aurul și platina ; spirala se desface și acul indicator se mișcă pe cadran în un sens ; când temperatura se coboară, spirala se strânge și acul indicator se mișcă în sens invers. Gradațiunea acestei termo-

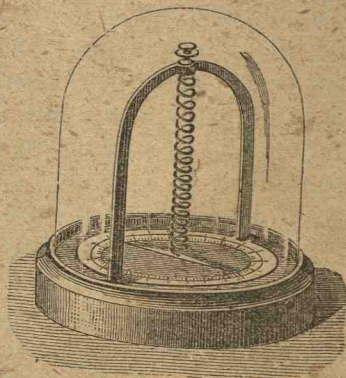


Fig. 12

metru foarte sensibil se face în comparațiune cu indicațiunile unui termometru cu mercur.

Termometrul de maximă și de minimă a lui Rutherford. Este adesea ori necesar a cunoaște temperaturile maxime și minime în un loc determinat și în un interval oarecare de timp, fără a fi nevoiți a observa neconținut termometrul. Rulheford a construit termometre satisfăcând acestor cerințe.

Termometrul lui Rutherford indicând temperaturele maxime este un termometru cu mercur AB (fig. 13), orizontal,

conținând în interiorul tubului termometric un indice B, care se vede mărit în B', format din un cilindru de fer. Dacă temperatura se ridică, indicele B este împins de mercurul

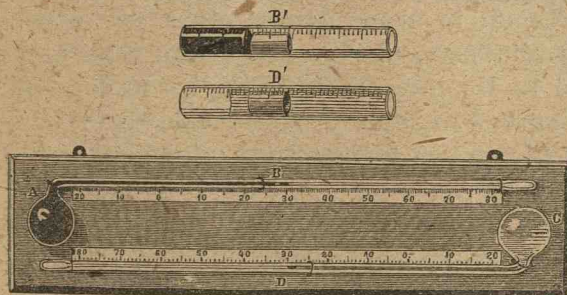


Fig. 13.

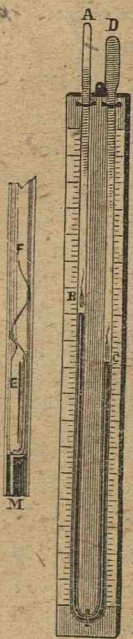
din tub care se dilată ; dacă temperatura descinde, coloana de mercur se retrage în tubul termometric și, fiindcă mercurul nu udă ferul, indicele B rămâne în locul unde a fost împins de coloana de mercur când indica temperatura maximă.

Termometrul lui Rutherford indicând temperaturele minime este un termometru cu alcool CD (fig. 13), orizontal, și conținând în tubul termometric un indice de șmalț D, care se vede mărit în D'. Dacă temperatura se ridică, alcoolul alunecă pe lângă indice, care rămâne staționar. Dacă temperatura descinde, alcoolul se contractează ; când capătul coloanei atinge indicele D, acest indice urmează prin aderență coloana de alcool până în locul unde ea se oprește și care corespunde temperaturei minime.

Termometrograful Six și Bellani. Acest aparat indică în același timp temperaturele maxime și minime. Termometrograful lui Six și Bellani (fig. 14) este format din tubul recurbat ABCD ; parte inferioară BC a tubului conține mercur ; în ramurile BA și CD se află alcool. Alcoolul din BA nu umple complet această ramură și este limitat la partea superioară cu un spațiu conținând aer.

În tuburile DC și BA se află două indice, formate din

un cilindru de sticlă conținând fiecare în interior un cilindru de fer E; indicii sunt menținuți în tuburi grație unor mici resorturi F, cari apasă pe pereții tuburilor. Înainte de a face o determinare, vom apropiă succesiv de indici un mic magnet, care atrăgând ferul din cilindri, va mișcă indicii; vom parveni astfel a pune indicii în contact cu mercurul din aparat.



Dacă temperatura scade, alcoolul din DC se contractează, mercurul îl urmează și împinge indicele din C spre D. Când, în urmă, temperatura se ridică, alcoolul se dilatăază, nivelul mercurului scade în C și se ridică în B; indicele va fi împins în ramura BA din B spre A. Locul unde indicele se oprește în ramura CD indică temperatura minimă; de asemenea, locul unde se oprește al doilea indice în ramura BA corespunde temperaturii maxime. Acest termometru se gradează în comparațiune cu un termometru cu mercur.

Pirometre. — Se dă numele de *pirometre* termometrelor destinate a măsura temperaturi foarte înalte.

Vom descrie aci *pirometrul lui Wedgwood*, întrebuințat la determinarea temperaturilor cuptoarelor

Fig. 14. în cari se fabrică porțelana. Acest pirometru este bazat pe proprietatea ce o prezintă argila de a se contracta, cu atât mai mult cu cât este încălzită la o temperatură mai

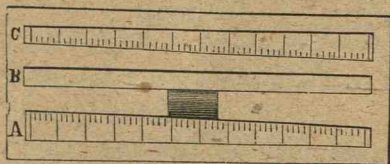


Fig. 15.

înaltă și a conserva această contractare când se răcește. Pirometrul este format (fig. 15) din riglele A, B, C, formând între ele un unghiu determinat și fixate pe o lamă de metal. Între

rigle pot aluneca cilindri de argilă, cari vor străbate cu atât mai mult între rigle cu cât au fost încălziți la o temperatură mai înaltă.

Pentru a ne servi de acest pirometru, vom introduce cilindrii de argilă în cuptorul de porțelană, lăsându-i un timp suficient pentru a lua temperatura cuptorului; îi vom lăsa să se răcească și îi vom face, în urmă, să aluneca între riglele gradate prealabil. Indicațiunile acestui instrument sunt cu totul aproximative.

Determinări mai precise a temperaturilor înalte se pot face prin metoda calorimetrică a lui Violle, prin pirometrul electric a lui Chatelier sau prin metoda optică a lui Crova,

Coefficienți de dilatațiune.

Coefficienți de dilatațiune liniară și cubică.—Corpurile nu se dilată deopotrivă când le încălzim cu acelaș număr de grade. Dilatațiunea corpurilor poate fi comparată prin ajutorul *coeficienților de dilatațiune*.

Să luăm o vergea metalică a cărei lungime la o temperatură dată este egală cu unitatea. Incălzind vergeaua cu un grad, experiența arată că se va lungi; cantitatea numerică, cu care se mărește unitatea de lungime când vergeaua este încălzită cu 1° C, constituie *coeficientul mediu de dilatațiune liniară* a barei. Astfel, o bară de argint, a cărei lungime este de un metru la 0° C și a cărei temperatură se ridică la 1° C, se lungeste cu $0^{\text{m}},000019086$; cantității numerice $0^{\text{m}},000019086$ i se dă numele de coeficient mediu de dilatațiune liniară.

Prin urmare, se definește *coeficientul mediu de dilatațiune liniară a unui corp* cantitatea numerică cu care se mărește unitatea de lungime a corpului când temperatura sa se ridică cu 1° C.

Am numit coeficientul de dilatațiune *coeficient mediu de dilatațiune*, din cauză că dilatațiunea corpului este diferită între două grade consecutive; așa, valoarea coeficientului de dilatațiune a unei bare între 0° și 1° este diferită de cea între t° și $t^{\circ}+1$ (de exemplu între 140° și 141°).

În un mod analog, se definește *coeficient mediu de dilatațiune cubică* cantitatea numerică cu care se mărește unitatea de volum când temperatura corpului se mărește cu 1° C.

Formule relative la dilatațiunile liniare.— Ne propunem a stabili mai multe formule, de cari se face neconținut us, relative la dilatațiunile liniare.

Relațiunea între lungimea unei bare la temperatura t° , lungimea barei la 0° și coeficientul mediu de dilatațiune al barei. Fie L_0 lungimea unei bare la 0° și L lungimea barei la t° . Coeficientul mediu de dilatațiune al barei fie λ .

Unitatea de lungime a barei la 0°C se mărește cu λ , coeficientul de dilatațiune al barei, când temperatura se ridică cu 1° ; dacă temperatura barei se ridică până la t° , cantitatea cu care se va mări unitatea de lungime va fi : λt . Lungimea L_0 a barei se va mări la t° cu : $L_0 \lambda t$. Prin urmare, lungimea L a barei la t° va fi lungimea L_0 a barei la 0° mărită cu $L_0 \lambda t$; adică :

$$(1) \quad L = L_0 + L_0 \lambda t = L_0 (1 + \lambda t).$$

Se dă numele de *binom de dilatațiune liniară* cantității $1 + \lambda t$, care multiplică lungimea L_0 .

De aci regula următoare : *lungimea unei bare la t° este egală cu lungimea sa la 0° înmulțită cu binomul de dilatațiune liniară $1 + \lambda t$.*

Deducem din relațiunea (1):

$$(2) \quad L_0 = \frac{L}{1 + \lambda t}$$

$$(3) \quad \lambda = \frac{L - L_0}{L_0 t}.$$

Formula (2) permite a determină lungimea unei bare la 0° , când cunoaștem lungimea sa L la temperatura de t° și coeficientul mediu λ de dilatațiune; prin ajutorul formulei (3) se poate calculă coeficientul mediu de dilatațiune λ când se cunosc lungimele L_0 și L a barei la 0° și la t° .

Relațiunea între lungimea L_t a unei bare la t° ; L_t' a barei la t' grade și coeficientul mediu de dilatațiune λ al barei. Fie L_0 lungimea barei la 0° ; între lungimele L_t și L_0 există relațiunea stabilită dejă :

$$(1) \quad L_t = L_0 (1 + \lambda t).$$

In un mod analog, între L_t' și L_0 avem relațiunea :

$$(2) \quad L_t' = L_0 (1 + \lambda t').$$

Să presupunem că temperatura $t' > t$; divizând relațiunea (2) prin (1) obținem :

$$\frac{L_t'}{L_t} = \frac{1 + \lambda t'}{1 + \lambda t}$$

de unde :

$$(3) \quad L_t' = L_t \frac{1 + \lambda t'}{1 + \lambda t}.$$

Dacă dividem $\frac{1 + \lambda t'}{1 + \lambda t}$, vom avea :

$$(4) \quad \frac{1 + \lambda t'}{1 + \lambda t} = 1 + \lambda (t' - t) - \lambda^2 t (t' - t) + \lambda^3 t^2 (t' - t) - \dots$$

Experiența arată că coeficienții de dilatațiune a corpurilor solide și licide sunt foarte mici ; neglijiând deci în relațiunea (4) termenii cari conțin pe λ^2 , λ^3 etc. și înlocuind $\frac{1 + \lambda t'}{1 + \lambda t}$ în rel. (3), obținem :

$$L_t' = L_t [1 + \lambda (t' - t)],$$

Formule relative la dilatațiunea cubică a corpurilor.—

Relativ la dilatațiunea cubică a unui corp, vom putea stabili formule analoge celor obținute deja în cazul dilatațiunii liniare.

Fie V_0 volumul unui corp la temperatura de zero grade, V volumul corpului la t^0 și k coeficientul de dilatațiune cubică. Raționând ca și în cazul precedent, vom găsi că volumul V al corpului la t^0 este egal cu volumul V_0 , la care se adaugă cantitatea $V_0 kt$, cu care s'a mărit volumul V_0 între 0^0 și t^0 . Vom avea deci :

$$(1) \quad V = V_0 + V_0 kt = V_0 (1 + kt).$$

Vedem, prin urmare, că : *volumul V al corpului la t^0 este egal cu volumul V_0 al corpului la zero grade, multiplicat cu binomul de dilatațiune cubică $1 + kt$.*

Din relațiunea (1) se deduc :

$$(2) \quad V_0 = \frac{V}{1 + kt}$$

$$(3) \quad k = \frac{V - V_0}{V_0 t}.$$

Dacă presupunem că se dă cunoscut volumul V_t a corpului la t^0 , coeficientul său mediu de dilatațiune k între t și t' grade, în acest cas volumul V_t' a corpului la t' grade este :

$$V_t' = V_t \frac{1 + kt'}{1 + kt} = V_t [1 + k (t' - t)].$$

Coeficientul de dilatațiune cubică a unui corp este de trei ori mai mare decât coeficientul său de dilatațiune liniară. — Să considerăm un corp omogen tăiat în formă de cub, așa că muchiele sale să aibă o lungime egală cu unitatea

la zero grade ; volumul cubului la 0° va fi egal cu unitatea de volum adică 1^3 .

Să încălzim cubul până la t° ; fiecare din muchiile cubului se va mări cu cantitatea λ , coeficientul de dilatațiune liniară a corpului. Cubul dilatat va avea tot forma unui cub a cărui volum este : $(1 + \lambda)^3$.

Cantitatea, cu care cubul și-a mărit volumul, este coeficientul de dilatațiune k al cubului :

$$k = (1 + \lambda)^3 - 1^3 = 3\lambda + 3\lambda^2 + \lambda^3.$$

Negligiând termenii în λ^2 și λ^3 , din cauză că sunt foarte mici, obținem :

$$k = 3\lambda,$$

adică : *coeficientul de dilatațiune cubică a unui corp este de trei ori mai mare decât coeficientul său de dilatațiune liniară.*

Densitățile aceluiași corp la diverse temperaturi.—Fie V_0 și D_0 volumul și densitatea unui corp la 0° ; V_t și D_t volumul și densitatea unui corp la t° . Se știe că masa unui corp este egală cu volumul multiplicat cu densitatea corpului ; masa M a corpului va fi deci :

$$(1) \quad M = V_0 D_0 = V_t D_t.$$

Deducem de aci :

$$(2) \quad \frac{V_t}{V_0} = \frac{D_0}{D_t}.$$

Insă, $V_t = V_0 (1 + kt)$, k fiind coeficientul de dilatațiune cubică a corpului, Relațiunea (2) devine :

$$\frac{D_0}{D_t} = 1 + kt;$$

de unde :

$$(3) \quad D_t = \frac{D_0}{1 + kt};$$

adică : *densitatea corpului la t° este egală cu densitatea sa la 0° divizată prin binomul de dilatațiune cubică $1 + kt$.*

Relațiune între densitățile corpului la t și t' grade. Fie V_t și D_t volumul și densitatea corpului la t° ; $V_{t'}$ și $D_{t'}$ volumul și densitatea corpului la t' grade. Dacă D_0 este densitatea corpului la 0° , după cele văzute vom avea :

$$(1) \quad D_t = \frac{D_0}{1 + kt}.$$

$$(2) \quad D_{t'} = \frac{D_0}{1 + kt'}.$$

Divizând relațiunea (1) prin (2), obținem :

$$\frac{D_t}{D_v} = \frac{1+kt'}{1+kt}$$

adică : *densitățile aceluiași corp la două temperaturi diferite sunt invers proporționale cu binoamele de dilatațiune cubică.*

Dilatațiunea liniară a solidelor.

Metoda lui Lavoisier și Laplace.—Vom expune principiul metodei de care s'au servit Lavoisier și Laplace pentru măsurarea coeficienților de dilatațiune liniară a solidelor.

Pentru a determină coeficientul de dilatațiune liniară a barei solide AB (fig. 16), a cărei lungime la temperatura

de 0° este AB = L₀, Lavoisier și Laplace dispuneau această bară orizontal în o baie, în care se putea introduce după voință gheață sau un ligid oarecure încălzit, așa că temperatura băii putea fi 0° sau t°. Unul din capetele A al barei AB era oprit de un stâlp fix, pe când extremitatea B a barei atingea vergeaua OB, mobilă împrejurul axului orizontal O. Perpendicular pe vergeaua OB era fixată luneta LM, cu care se putea viza diviziunile riglei verticale NP.



Fig. 16.

de 0° este AB = L₀, Lavoisier și Laplace dispuneau această bară orizontal în o baie, în care se putea introduce după voință gheață sau un ligid oarecure încălzit, așa că temperatura băii putea fi 0° sau t°. Unul din capetele A al barei AB era oprit de un stâlp fix, pe când extremitatea B a barei atingea vergeaua OB, mobilă împrejurul axului orizontal O. Perpendicular pe vergeaua OB era fixată luneta LM, cu care se putea viza diviziunile riglei verticale NP.

La începutul experienței, bara AB era înconjurată de gheață și vergeaua OB fiind verticală se putea ceti cu luneta diviziunea C aflată în prelungirea axului lunetei.

Se înlocuiește apoi gheața cu un ligid încălzit, a cărui temperatură t° se determină exact prin un termometru precis.

Bara AB se dilată cu cantitatea BB'; capătul A al barei fiind oprit de stâlpul fix, extremitatea B a barei împingeă vergeaua OB care luă direcțiunea OB'. Luneta LM luă o direcțiune perpendiculară la OB'; prin ajutorul lunetei se putea ceti diviziunea C' care este în prelungirea axului lunetei.

Să considerăm triunghiurile dreptunghii BOB' și COC' . Aceste triunghiuri sunt asemenea din cauză că unghiurile BOB' și COC' sunt egale. Vom avea, deci :

$$\frac{BB'}{OB} = \frac{CC'}{OC}.$$

Deducem de aci :

$$BB' = CC' \times \frac{OB}{OC}.$$

Prin urmare, pentru a cunoaște cantitatea BB' , cu care se lungeste bara $AB = L_0$ când este încălzită de la 0° la t , va trebui să înmulțim lungimea CC' cetită pe rigla verticală NP cu raportul $\frac{OB}{OC}$. Raportul $\frac{OB}{OC}$ este determinat odată pentru toate experiențele ; în aparatul întrebuițat de Lavoisier și Laplace acest raport este egal cu $\frac{1}{744}$.

Din $BB' = L_0 \lambda t$, vom deduce valoarea mijlocie λ a coeficientului liniar de dilatațiune :

$$\lambda = \frac{BB'}{L_0 t}.$$

Metoda micrometrică pentru măsura dilatațiunii liniare a unei bare.— Metoda întrebuițată în prezent pentru măsura dilatațiunii liniare a unei bare este *metoda micrometrică*. Aparatul se numește *comparator* (fig. 17).

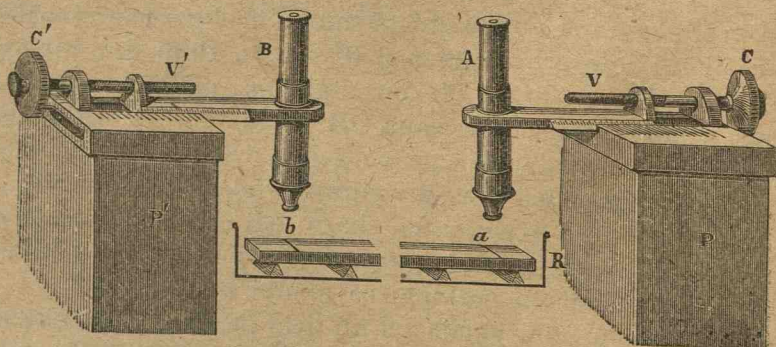


Fig. 17.

Pe bara, a cărei dilatațiune liniară vom s'o măsurăm, se fac două linii a , b , foarte fine, perpendiculare la direcțiunea barei. Se introduce bara în cutia R , unde putem face după voință temperatura 0° sau o temperatură oarecare t . Liniile

a , b , sunt vizate prin microscopul A și B, cari se pot mișca paralel cu ele însuși, grație a două șuruburi V și V', fixate pe doi stâlpi solizi de zid P și P'. Șuruburile V și V' sunt șuruburi micrometrice, așa că, când șurubul face o rotațiune completă, el înaintează în sensul lungimei cu o cantitate constantă, de exemplu cu un milimetru; la o rotațiune $\frac{1}{m}$ din o circumferință, șurubul înaintează cu $\frac{1}{m}$ din un milimetru. Șuruburile V, V' sunt prevăzute cu cercurile C, C', divizate în 100 părți egale; două indice fixe indică numărul de diviziuni cu care am învârtit cercurile C, C' și, prin urmare, și șuruburile micrometrice.

Iată modul cum se operează cu comparatorul. Se introduce ghiață în cutia R; bara fiind la 0_0 , se observă cu microscopul A și B liniile a și b , așa ca aceste linii să vină în axul microscopelor. Bara fiind încălzită la t^0 , distanța între liniile a și b se va mări; vom mișca microscopul prin ajutorul șuruburilor micrometrice pentru a aduce din nou liniile a și b în axul microscopelor. Fie m , de exemplu, numărul de diviziuni cu care am mișcat cercul C, când aducem axul microscopului A în dreptul liniei a ; cantitatea cu care am mișcat liniar microscopul este $\frac{m}{100}$ din un milimetru. Fie n numărul de diviziuni cu care am mișcat cercul C', când observăm cu microscopul B linia b în același condițiuni; $\frac{n}{100}$ din un milimetru reprezintă distanța cu care am mișcat liniar microscopul B. Dilatarea barei între 0^0 și t^0 va fi dată prin cantitatea $\frac{m+n}{100}$ din un milimetru. Dacă L_0 este lungimea barei între cele două linii a și b la 0^0 , cantitatea cu care bara s'a dilatat între 0^0 și t^0 va fi $L_0 \lambda t$; vom avea deci:

$$L_0 \lambda t = \frac{m+n}{100}.$$

Deducem coeficientul de dilatațiune liniară λ al barei:

$$\lambda = \frac{m+n}{100 L_0 t}.$$

Valoarea coeficienților de dilatațiune liniară a câtorva solide.—Coeficienții de dilatațiune a solidelor sunt foarte mici; experiența arată că ei se măresc cu cât temperatura crește. Vom indica aci coeficienții de dilatațiune liniară a câtorva solide.

Corp solid.	Coeficient de dilatațiune liniară.
Zinc	0,0000302
Plumb	0,0000281
Argint	0,0000199
Cupru	0,0000177
Fer	0,0000118
Platină	0,0000092
Sticlă	0,0000085.

Din tabloul de mai sus, se vede că zincul este dintre toate metalele acel ce se dilată mai mult.

Platina și sticla au aproape același coeficient de dilatațiune. Ne servim de acest fapt pentru a fixa o sârmă de platină în un tub de sticlă. Pentru aceasta, se topește sticla și se introduce sârma de platină ; sticla apoi răcindu-se, sârma de platină rămâne fixată la tub.

Aplicațiunile dilatațiunilor corpurilor solide.—Vom indica aci câteva din aplicațiunile dilatărei solidelor.

Corecțiunea măsurilor liniare. Lungimele se măsură cu ajutorul riglelor de cupru sau de platină divizate în milimetri la o temperatură determinată, de exemplu la temperatura de 0°. Fiecare diviziune a riglei va valora un milimetru la 0°; ea va avea lungimea $1 + \lambda t$ milimetri la t grade, λ fiind coeficientul de dilatațiune al riglei. Prin urmare, când măsurând o lungime oarecare la t° cu rigla gradată, cetim pe riglă un număr de n diviziuni, lungimea exactă în milimetri va fi: $n(1 + \lambda t)$.

Pendule compensatoare. Pentru ca un orologiu să meargă regulat, este necesar ca lungimea pendulului simplu sincron cu pendulul real, reprezentată prin distanța dela axul de suspenziune la axul de oscilațiune, să nu depindă de variațiunile de temperatură. Să presupunem, în adevăr, că un pendul ar fi regulat pentru o temperatură determinată. Dacă temperatura se ridică, lungimea pendulului se mărește ; în cazul contrar, se micșorează. Rezultă, deci, că pendulul va merge mai încet în primul cas și mai repede în al doilea.

Putem face ca lungimea pendulului să nu depindă de temperatură întrebuițând *pendule compensatoare*. Pendulele fiind, în general, formate din o vergea de fer suspendată cu un capăt la axul de suspenziune și la celălalt având o greutate de formă lenticulară, lungimea pendulului este aproximativ distanța de la axul de suspenziune la centrul de gravitate al lentilei. In pendulele compensatoare se caută a se face această distanță independentă de temperatură.

Un pendul compensator foarte uzitat este acel al lui *Leroy*. La acest pendul (fig. 18), de vergeaua C a pendulului este fixată o traversă orizontală, de unde descind perpendicular

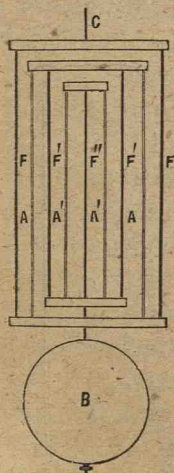


Fig. 18

două vergele de fer F, F'. Capetele vergelelor de fer sunt reunite prin o traversă, de unde se ridică perpendicular două vergele de alamă A, A. La rândul lor, vergelele A, A sunt reunite la capetele de sus prin o traversă, de unde pleacă perpendicular vergelele de fer F', F'. Aceste din urmă sunt reunite la capetele de jos prin o traversă, de la care se ridică perpendicular vergelele de alamă A', A'. In fine, dela traversa care unește capetele de sus ale vergelelor A', A', descinde perpendicular vergeaua F'', de care este atârnată greutatea lenticulară B. Din pozițiunea descrisă, se vede că vergelele de fer se vor dilata toate de sus în jos și vor tinde să coboare centrul de gravitate al greutatei lenticulare, pe când vergelele de alamă dilatându-se de jos în sus vor ridica acest centru de gravitate.

Ferul dilatându-se mai puțin decât alama, putem face ca dilatațiunile acestor două sisteme de vergele să se compenseze. Fie a, a', a'' lungimele vergelelor de fer F, F', F'' la temperatura de 0° și λ coeficientul de dilatațiune al ferului; fie, de asemenea, b, b' lungimele vergelelor de alamă A și A' la 0° și λ_1 coeficientul de dilatațiune al alamei. Lungimea totală a vergelelor de fer la 0° va fi : $2a + 2a' + a''$; lungimea aceluiași vergele la t° va fi : $(2a + 2a' + a'') \lambda t$. In un mod analog, lungimele vergelelor de alamă la 0° și t° vor fi : $(2b + 2b')$ și $(2b + 2b') \lambda_1 t$.

Pentru ca dilatațiunile vergelelor de fer și de alamă să se compenseze, trebuie să avem :

$$(2a + 2a' + a'') \lambda t = (2b + 2b') \lambda_1 t.$$

Deducem de aci :

$$\frac{2a+2a'+a''}{2b+2b'} = \frac{\lambda_1}{\lambda}$$

În cazul ferului și al alamei, raportul $\frac{\lambda_1}{\lambda}$ este aproximativ egal cu $\frac{1}{5}$. În relațiunea precedentă nefigurând temperatura, deducem că compensațiunea obținută pentru o temperatură determinată se menține pentru orice altă temperatură.

Un alt pendul compensator este al lui *Graham*, care, de și anterior celui precedent, este însă cu mult mai exact. Pendulul compensator a lui *Graham* (fig. 19) este format din o vergea de oțel AB, la care este fixat un cilindru de sticlă M conținând mercur. Dacă temperatura se ridică, vergeaua de oțel se lungeste și centrul de gravitate al pendulului descinde; mercurul însă din cilindru C dilatăndu-se în același timp, centrul de gravitate al pendulului se ridică. Se poate calcula cantitatea de mercur ce trebuie a introduce în cilindru pentru ca aceste două dilatațiuni să se compenseze.

Termometre metalice. Dilatarea metalelor este utilizată la construirea termometrelor, numite termometre metalice. Termometrul Bréguet deja descris este un exemplu.

Alte aplicațiuni ale dilatațiunilor corpurilor solide.— Cunoașterea dilatațiunii corpurilor solide ne explică o mulțime de fenomene și găsește în același timp numeroase aplicațiuni.

Astfel, când încălzim un vas de sticlă numai în o parte a suprafeții sale, se întâmplă adesea că sticla crapă. Cauza este că sticla fiind rea conductoare de căldură, nu s'a dilatat decât suprafața sticlii direct încălzită, care împingând asupra părților vecine a provocat stricarea vasului.

Între șinele drumului de fer se lasă mici intervale, pentru ca șinele să se poată dilata în timpul verii fără ca extremitățile lor să se atingă.

Lucrul mecanic, produs prin dilatarea sau contractiunea solidelor, este considerabil. Se face us de acest fapt în multe cazuri în viața practică. Așa, de exemplu, când lucrătorul

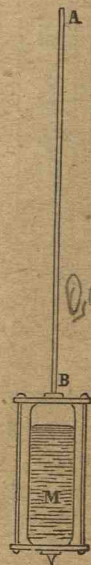


Fig. 19.

voește să aplice un cerc de fer pe roata de lemn a unei tră-suri, face mai întâi un cerc al cărui diametru este mai mic decât diametrul roții; încălzind cercul, el se dilată și-și mărește diametrul; aplicându-l în urmă pe roată și lăsându-l să se răciască, cercul se va contracta și va strânge roata.

Dilatațiunea ligidelor.

Dilatațiunea absolută și aparentă a unui ligid. — Când încălzim un ligid conținut în un vas, atât ligidul cât și vasul se dilată. Se numește *dilatațiune aparentă* dilatațiunea ce o observăm la un ligid conținut în un vas; astfel dilatațiunea ce o observăm când mercurul se ridică în tubul termometric este o dilatațiune aparentă.

Dacă însă, la dilatațiunea aparentă a ligidului adăugim și dilatațiunea vasului obținem *dilatațiunea absolută* a ligidului.

Există o metodă cu care putem determina direct dilatațiunea absolută a unui ligid fără a ține socoteală de dilatațiunea vasului în care este introdus ligidul. Această metodă a fost aplicată de Dulong și Petit la determinarea dilatațiunii absolute a mercurului.

Determinarea coeficientului de dilatațiune absolută al mercurului prin metoda lui Dulong și Petit. — Metoda lui

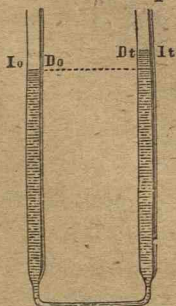


Fig. 20.

Dulong și Petit este bazată pe principiul echilibrului ligidelor în vasele comunicante.

Să considerăm două tuburi verticale (fig. 20) de același diametru reunite între ele prin un tub orizontal foarte strâmt, formând astfel două vase comunicante. Să introducem mercur în acele tuburi: dacă temperatura este aceeași, mercurul se va ridica până la același nivel în cele două ramuri. Să presupunem că menținem unul din tuburi la temperatura de zero grade, iar celălalt la temperatura de t° . Mercurul din prima ramură va avea o densitate D_0 și se va ridica până la înălțimea I_0 . Mercurul din ramura a doua va avea densitatea D_t și se va ridica la înălțimea I_t . În virtutea principiului echilibrului ligidelor în vasele comunicante, înălțimile coloanelor de mercur sunt în raport invers cu densitățile; vom avea deci:

$$(1) \quad \frac{I_t}{I_0} = \frac{D_0}{D_t}.$$

S'a demonstrat însă că între densitățile D_t și D_0 a unui corp solid sau ligid există relațiunea :

$$(2) \quad D_t = \frac{D_0}{1 + \delta t}$$

δ fiind coeficientul de dilatațiune al mercurului.

Combinând relațiunea (1) cu (2), deducem :

$$\frac{I_t}{I_0} = 1 + \delta t,$$

de unde :

$$(3) \quad \delta = \frac{I_t - I_0}{I_0 t}.$$

Prin urmare, dacă vom măsură diferența $I_t - I_0$ între nivelele mercurului în cele două tuburi precum și înălțimea I_0 a coloanei de mercur în tubul menținut la 0° , cunoscând și temperatura t , vom putea determina coeficientul δ de dilatațiune absolută a mercurului.

Dulong și Petit au operat prin această metodă între 0_0 , ca temperatură inițială, și 100° , 200° și 300° ca temperaturi finale.

Iată valorile coeficientului mediu de dilatațiune δ al mercurului între aceste temperaturi :

Temperaturi..	Coeficientul mediu de dilatațiune δ .
$0^\circ - 100^\circ$	$\frac{1}{5550} = 0,0001802$
$0^\circ - 200^\circ$	$\frac{1}{5425} = 0,0001843$
$0^\circ - 300^\circ$	$\frac{1}{5300} = 0,0001887$

După cum se vede din tabloul precedent, coeficientul mediu de dilatațiune se mărește cu temperatura.

Regnault, servindu-se de un aparat mai precis decât acel întrebuițat de Dulong și Petit, a obținut rezultate cari diferă foarte puțin de cele indicate mai sus.

Determinarea coeficienților de dilatațiune absolută a unui ligid oarecare.—Metoda indicată de Dulong și Petit poate servi la determinarea coeficienților de dilatațiune a unui ligid oarecare. Din cauza însă a dificultăților de a operă cu aparatul lui Dulong și Petit sau cu aparatul mai perfecționat al lui Regnault, se uzită în practică a se determina coeficienții de

dilatațiune absolută a ligidelor prin metode bazate pe următorul teorem : *dilatațiunea absolută a unui ligid este egală cu dilatațiunea aparentă a ligidului, în vasul ce'l conține, mărită cu dilatațiunea vasului.* Acest teorem se poate demonstra prin calcul și este verificat de experiență.

Din cele expuse rezultă că, dilatațiunea absolută Δ a unui ligid oarecare între două temperaturi este egală cu dilatațiunea aparentă D a ligidului între aceleași temperaturi, mărită cu dilatațiunea K a vasului, ce'l conține, între aceleași temperaturi.

Vom avea deci :

$$(1) \quad \Delta = D + K.$$

Dacă notăm cu δ și d coeficienții medii de dilatațiune absolută și aparentă a ligidului între 0° și t° și cu k coeficientul mediu de dilatațiune a vasului, în care este introdus ligidul, avem :

$$\Delta = \delta \cdot t$$

$$D = d \cdot t$$

$$K = k \cdot t.$$

Inlocuind aceste valori în relațiunea (1) obținem :

$$(2) \quad \delta = d + k,$$

adică : coeficientul mediu de dilatațiune absolută δ a unui ligid între două temperaturi diferite, este egal cu coeficientul mediu de dilatațiune aparentă d a ligidului la care se adaugă coeficientul mediu de dilatațiune k a vasului, ce conține ligidul, acești din urmă coeficienți fiind luați între aceleași temperaturi.

Prin urmare, pentru a cunoaște coeficientul de dilatațiune absolută a unui ligid, vom determina prealabil coeficientul de dilatațiune aparentă a ligidului, la care vom adauga coeficientul de dilatațiune a vasului ce conține ligidul. Intre principalele metode vom cită *metoda dilatometrului* precum și aceia a *termometrelor comparate*.

Valori numerice ale coeficienților de dilatațiune absolută a ligidelor.—Dilatațiunea ligidelor este cu mult mai mare decât a solidelor. Dacă reprezentăm cu Δ dilatațiunea absolută a unităței de volum a unui ligid între 0° și t° , experiența arată că dilatațiunea Δ este exprimată în funcțiune de temperatură t prin relațiunea :

$$(1) \quad \Delta = a t + b t^2 + c t^3,$$

în care a , b , c au valori numerice determinate.

Coeficientul mediu de dilatațiune absolută între 0° și t° va fi:

$$\delta = \frac{\Delta}{t} = a + b t + c t^2.$$

Se vede că coeficientul mediu δ nu este o cantitate constantă, dar crește cu temperatura.

Fiind că Δ reprezintă dilatațiunea unității de volum, între 0° și t° , dilatațiunea licidului care la 0° ocupă volumul V_0 va fi :

$$V_0 \Delta = V_0 (a t + b t^2 + c t^3).$$

Putem reprezenta și în alt mod dilatațiunea licidului a cărui volum este V_0 la 0° . Dacă V_t este volumul ocupat de licid la t° , dilatațiunea licidului între 0° și t° poate fi exprimată prin $V_t - V_0$.

Putem deci scrie :

$$V_t - V_0 = V_0 \Delta = V_0 (a t + b t^2 + c t^3).$$

De aci deducem :

$$V_t = V_0 (1 + a t + b t^2 + c t^3),$$

formulă care exprimă volumul unui licid la t° în funcțiune de volumul ocupat de aceeași masă de licid la 0° .

Vom indica aci valorile numerice ale constantelor a , b , c pentru câteva licide :

Licide	a	b	c
Alcool	0,001048630	0,000001750	0,000000001345
Eter	0,001513244	0,000002359	0,000000040051
Sulfur de carbon	0,001139804	0,000001371	0,000000019122

Dilatarea apei. Maximul de densitate al apei.—Licidele, în general, își măresc volumul prin dilatare. Apa prezintă o excepțiune ; din această cauză dilatațiunea apei a fost studiată în special de numeroși fiziciani.

Să punem în aceeași baie un termometru cu mercur și un tub termometric conținând apă. Să presupunem că temperatura băii la începutul experienței este de 16° C. și că apoi descrește gradat până la 0° . Va fi ușor de constatat că atât mercurul cât și apa descind în tuburile termometrice până în apropierea temperaturii de 4° C. ; dela temperatura de 4° C. până la 0° , pe când nivelul mercurului va continua să se coboare, nivelul apei se va ridica în tubul termometric. Această experiență ne indică că la temperatura de 4° C. apa prezintă

cel mai mic volum ; urmează deci că la temperatura de 4° C. densitatea apei este maximă.

Experiența următoare, datorită fisicianului Hope, pune în evidență maximul de densitate al apei. Pentru a repeta experiența lui Hope, ne servim de un aparat (fig. 21) format din un pahar de sticlă R, în pereții căruia străbat două termometre A și B. Paharul R fiind umplut cu apă până aproape de vârf, termometrul A va fi în contact cu stratele superioare ale lichidului, pe când al doilea termometru B cu stratele inferioare. O garnitură metalică C, fixată la mijlocul aparatului, poate fi umplută cu ghiață, determinând astfel o scădere de temperatură în apa din R.

Să presupunem că, la începutul experienței, apa din pahar are temperatura de 16° C. Când ghiața este introdusă în C, experiența arată că temperaturile indicate de termometrele A și B vor scădea, temperatura termometrului B mai iute decât cea a termometrului A. Această scădere de temperatură va continua până când termometrul B va atinge temperatura de 4° C. Din acest moment, temperatura termometrului B rămâne staționară, pe când temperaturile indicate de termome-

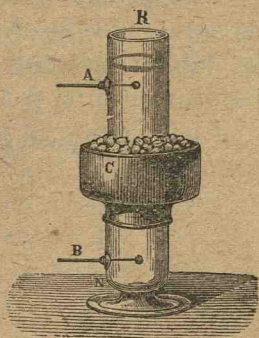


Fig. 21.

trul A vor continua a scădea până ce vor ajunge temperatura de 4° C. Mai departe, termometrul B continuă a indica 4° C, pe când termometrul superior A scade sub 4° C.

Explicațiunea acestor fenomene este următoarea : Când temperatura se coboară dela 16° C., de exemplu, la 4° C., stratele licide devin mai grele și cad la fundul vasului R, așa că termometrul B va atinge cel dintâiu temperatura de 4° C. Când temperatura descinde sub 4° C, stratele de apă fiind mai ușoare la aceste temperaturi decât la 4° ele nu vor descinde ; termometrul A va indica deci temperaturi inferioare acelei de 4° C, pe când termometrul din B va continua a indica temperatura de 4° C.

Experiența precedentă ne explică pentru ce temperatura lacurilor, începând dela o adâncime oarecare, este neconținut egală cu 4° C, atât în timpul verei cât și a ernei. În adevăr, dacă temperatura descrește, stratele superioare de apă deve-

nind mai grele cad la fundul lacului, pe când stratele profunde ies la suprafață; se produc curenți ascendenți și descendenți în masa ligidului până ce temperatura atinge 4° C. Dacă temperatura scade sub 4° C, stratele superioare fiind mai ușoare încetează a mai descinde. Când temperatura stratelor superioare ajunge la 0° C, ele îngheață mărindu-și volumul. Stratul de ghiață, rămânând la suprafața apei, apără stratele licide de răcire, așa că peștii și alte animale acuatice pot trăi în acest mediu.

Experiențe precise, relative la dilatarea apei, au fost făcute de mai mulți fiziciani, între care vom cită pe *Despretz*, care a operat prin metoda termometrelor comparate, pe *Rossetti*, etc.

Densitățile și volumele apei la diferite temperaturi. Vom da aci după *Rossetti*, fost profesor la Universitatea din Padova, un tablou indicând densitățile și volumele apei între temperaturile de 0° și 100° C.

Temperaturi	Densități	Volume
0	0,999871	1,00012
2	0,999969	1,00003
3	0,999991	1,00001
4	1,000000	1,00000
5	0,999990	1,00001
6	0,999970	1,00003
8	0,999886	1,00011
10	0,999747	1,00025
20	0,998259	1,00169
50	0,988200	1,01189
100	0,958650	1,04312

Se știe că unitatea de greutate în sistemul metric, *gramul* este greutatea unui centimetru cub de apă destilată la 4° C. S'a ales, pentru a se defini gramul, temperatura de 4° C, fiindcă: a) la această temperatură apa prezintă maximul de densitate; b) densitatea apei varie foarte puțin în vecinătatea maximului de densitate, așa că o mică eroare făcută la măsurarea temperaturii nu produce erori mari în aprecierea densității sau a volumului apei.

Din inspecțiunea tabloului de mai sus, se vede că densitatea apei este aproape aceiaș la temperaturile de 0° și 8°.

Experiența arată că volumele aparente ale apei intro-

duse în un tub termometric de sticlă sunt aceleaș la 0° și 10° C. Aceasta ne arată că, pentru temperaturi coprinse între 0° și 10° C, aceiaș diviziune a termometrului poate indica două temperaturi diferite. Acesta este și unul din motive, pe lângă altele, care face ca apa să nu fie întrebuițată la construcțiunea termometrelor.

Dilatarea gazelor.

Dilatarea gazelor. — Un gaz supus la acțiunea căldurei își poate mări volumul conservându-și forța elastică sau își poate mări forța elastică păstrând același volum. Dilatarea unui gaz este deci de două feluri; a) dilatarea sub volum variabil și presiune constantă; b) dilatarea sub volum constant și presiune variabilă. Vom studiă succesiv aceste două moduri de dilatare ale gazelor.

Dilatarea unui gaz sub volum variabil și presiune constantă. — Vom defini coeficientul de dilatațiune a unui gaz sub volum variabil și presiune constantă și vom stabili diferite relațiuni între volumul, temperatura și presiunea gazului.

Coeficient de dilatațiune a unui gaz sub volum variabil și presiune constantă. Acest coeficient este definit în modul următor: *coeficientul de dilatare a unui gaz sub presiune constantă și volum variabil este numărul care exprimă mărirea unităței de volum a gazului când temperatura se ridică cu 1° C. și forța elastică a gazului rămâne aceeași.*

Gay-Lussac a enunțiat următoarele legi: a) toate gazele au aproape același coeficient de dilatațiune; b) coeficientul de dilatațiune a unui gaz este independent de presiune.

Valoarea coeficientului de dilatațiune este aproximativ $\frac{1}{273}$.

Relațiunea între volumele și temperaturile gazelor. Fie v_0 volumul ocupat de un gaz la temperatura de zero grade, v volumul gazului la t° și α coeficientul de dilatațiune sub presiunea constantă și volum variabil. Cantitatea cu care se mărește unitatea de volum al gazului dela 0° la t° fiind $\Delta = \alpha t$, rezultă că volumul v_0 al gazului se va mări la t° cu $v_0 \Delta = v_0 \alpha t$.

Volumul total v la t° va fi deci:

$$(1) \quad v = v_0 + v_0 \Delta = v_0 + v_0 \alpha t = v_0 (1 + \alpha t).$$

Se obține deci volumul v ocupat de un gaz la t° imul-

fiind volumul v_0 al gazului la zero grade prin binomul de dilatațiune $1 + \alpha t$.

Să presupunem că aceeași massă de gaz, a cărei volum este v_0 la 0° , ocupă volumul v' la t' grade. Vom avea în un mod analog relațiunea :

$$(2) \quad v' = v_0 (1 + \alpha t').$$

Divizând relațiunea (1) prin (2) obținem :

$$(3) \quad \frac{v}{v'} = \frac{1 + \alpha t}{1 + \alpha t'}.$$

Relațiunea (3) indică că volumele ocupate de aceeași massă de gaz la temperaturele t și t' sunt proporționale cu binoamele de dilatațiune $1 + \alpha t$ și $1 + \alpha t'$.

Relațiunea între volumele, presiunile și temperaturele unei aceleiași masse de gaz. Să considerăm o massă de gaz care ocupă volumul v la temperatura de t° sub presiunea p . Să presupunem în urmă, că aceeași massă de gaz ocupă volumul v' la temperatura t' și sub presiunea p' .

Dacă reducem volumul v , ocupat de massa de gaz la t° , la temperatura de 0° , vom avea :

$$(1) \quad \frac{v}{1 + \alpha t}$$

α fiind coeficientul de dilatațiune sub volum variabil și presiune constantă.

După experiențele lui Gay-Lussac, dilatațiunea unui gaz este independentă de presiune, dacă aceste presiuni nu sunt prea mult îndepărtate între ele. Prin urmare, dacă p și p' nu diferă prea mult între ele, volumul v' , ocupat de gaz la t' , redus la 0° , devine :

$$(2) \quad \frac{v'}{1 + \alpha t'}$$

Se știe că legea lui Boyle-Mariotte exprimă compresibilitatea gazelor la o temperatură constantă. Vom putea deci aplica această lege la volumele reduse la 0° ale gazului, exprimate prin relațiunile (1) și (2). Vom avea deci :

$$(3) \quad \frac{v p}{1 + \alpha t} = \frac{v' p'}{1 + \alpha t'}.$$

Relațiunea (3) permite a calcula volumul unei masse de gaz la temperatura t' și sub presiunea p' , când se cunoaște volumul v al aceleiași masse de gaz la t° și sub presiunea p . Astfel, să presupunem că ni se cere, cunoscându-se volumul v al gazului la t° și sub presiunea p , a calcula volumul v' al

aceleiași masse de gaz în condițiunile normale de temperatură și presiune, adică volumul v' al gazului la temperatura de zero grade și sub presiunea de 760 milimetri.

Vom avea, după cele văzute :

$$v' \times 760 = \frac{v p}{(1 + \alpha t)}$$

De aci deducem volumul v' redus la 0^0 și la presiunea de 760 milimetri :

$$v' = \frac{v p}{760 (1 + \alpha t)}$$

Ecuatiunea gazelor perfecte. Am stabilit deja relațiunea:

$$\frac{p v}{1 + \alpha t} = \frac{p' v'}{1 + \alpha t'}$$

Să presupunem că aceeași massă gazoasă ocupă la 0^0 volumul v_0 sub presiunea p_0 . Relațiunea precedentă se poate scrie în acest caz :

$$(1) \quad \frac{p v}{1 + \alpha t} = \frac{p' v'}{1 + \alpha t'} = p_0 v_0$$

Din rel. (1) deducem :

$$(2) \quad p v = p_0 v_0 (1 + \alpha t)$$

Această din urmă relațiune este *ecuațiunea gazelor perfecte*.

Ecuatiunea gazelor perfecte indică : a) că sub presiune constantă gazele se dilatează conform legii lui Gay-Lussac, adică volumele gazelor sunt proporționale cu binomul de dilatațiune $1 + \alpha t$; b) că, la temperatură constantă, gazele perfecte urmează legea lui Boyle-Mariotte, adică că volumele aceleiași masse de gaz la o temperatură determinată sunt invers proporționale cu presiunile exercitate asupra gazelor.

Gazele perfecte sunt corpuri hipotetice. Ecuatiunea gazelor perfecte este totuși aplicabilă oxigenului, hidrogenului, azotului, aerului atmosferic precum și la toate celelalte gaze, cu condițiune ca ele să fie destul de îndepărtate de punctul lor de licefiare.

Ecuatiunea gazelor perfecte mai este cunoscută și sub numele de *formula lui Mariotte-Gay Lussac*.

Ecuatiunea lui Van der Waals. Van der Waals a dat, în 1873, o formulă care reprezintă relațiunea între volumele, presiunile și temperaturile a unei masse de gaz chiar în apropierea punctului de licefiare.

Această formulă, aplicabilă gazelor reale, este :

$$(v - b) \left(p + \frac{a}{v^2} \right) = p_0 v_0 (1 + \alpha t),$$

unde a și b sunt cantități constante depinzând de natura gazului considerat.

Pentru gazele perfecte, cantitățile a și b sunt nule și formula lui Van der Waals devine :

$$pv = p_0 v_0 (1 + \alpha t),$$

care este tocmai formula lui Mariotte-Gay Lussac.

Dilatarea gazelor sub volum constant și presiune variabilă. — Să presupunem că încălzim un gaz menținând constant volumul său ; presiunea gazului în acest cas se mărește și dilatarea gazului se efectuează sub volum constant și presiune variabilă.

Coeficient de dilatațiune a gazelor sub volum constant și presiune variabilă. Se definește acest coeficient în modul următor : *Coeficientul de dilatațiune a unui gaz sub volum constant și presiune variabilă este numărul care exprimă mărirea unității de presiune a gazului pentru o temperatură de 1° C. când volumul gazului este menținut constant.*

Fie p_0 presiunea masei de gaz la zero grade și p presiunea la t^0 , volumul gazului fiind același în ambele cazuri, și β coeficientul de dilatațiune sub volum constant. Unitatea de presiune mărimdu-se cu β pentru un grad centigrad, se va mări cu βt pentru t^0 ; presiunea p_0 va deveni deci $p_0 \beta t$ la t^0 . Presiunea p la t^0 va fi :

$$(1) \quad p = p_0 + p_0 \beta t = p_0 (1 + \beta t).$$

Să considerăm aceeași massă de gaz pe care s'o încălzim până la t' , menținând volumul gazului constant. Presiunea gazului va deveni p' și vom putea scrie în un mod analog :

$$(2) \quad p' = p_0 + p_0 \beta t' = p_0 (1 + \beta t').$$

Divizând relațiunea (1) prin (2), obținem :

$$\frac{p}{p'} = \frac{1 + \beta t}{1 + \beta t'}$$

adică, presiunea aceleiași mase de gaz la două temperaturi diferite, când volumul gazului este menținut constant, sunt proporționale cu binoamele de dilatațiune.

Relațiune între volumul, presiunea și temperatura aceleiași mase de gaz. Să considerăm o massă de gaz care ocupă volumul v la temperatura t sub presiunea p ; când încălzim masa de gaz până la t' , volumul ei devine v' sub presiunea p' . Fie β coeficientul de dilatațiune a gazului sub volum constant și presiune variabilă.

Presiunea p redusă la 0° , când volumul v rămâne invariabil, este $\frac{p}{1+\beta t}$; de asemenea presiunea p' , când volumul gazului rămâne v' , redusă la 0° este $\frac{p'}{1+\beta t'}$. Aplicând legea lui Mariotte la aceeași massă de gaz, a cărei temperatură este de zero grade, obținem :

$$(1) \quad \frac{p v}{1+\beta t} = \frac{p' v'}{1+\beta t'}$$

Dacă presupunem că aceeași massă de gaz ocupă volumul v_0 sub presiunea p_0 la 0° , relațiunea precedentă se poate scrie :

$$\frac{p v}{1+\beta t} = \frac{p' v'}{1+\beta t'} = p_0 v_0.$$

Am stabilit dejă relațiunea între volumul, presiunea și temperatura unei mase de gaz, când considerăm dilatarea gazelor sub volum variabil și presiune constantă :

$$(2) \quad \frac{p v}{1+\alpha t} = \frac{p' v'}{1+\alpha t'}$$

Relațiunile (1) și (2) ar fi identice, dacă coeficienții de dilatațiune α și β ar fi egali între ei. Pentru gazele perfecte, coeficienții α și β sunt egali. Pentru gazele puțin compresibile, coeficienții α și β diferă foarte puțin între ei așa că îi putem considera ca egali.

Determinarea coeficienților de dilatațiune a gazelor sub presiune constantă. Experiențele lui Gay-Lussac. Cele dintâiu experiențe mai exacte relative la determinarea coeficientului de dilatațiune a unui gaz sub presiune constantă sunt datorite lui Gay-Lussac.

Gay-Lussac se servea pentru aceste determinări de un rezervoriu sferic A (fig. 22) continuat prin tubul capilar AB divizat în părți de egală capacitate. Se determină prealabil capacitatea rezervoriului și a tubului până la diviziunea zero a gradațiunei precum și capacitatea unei diviziuni a tubului. Pentru a umplea tubul termometric cu aer uscat, se umpleă AB cu mercur și se adapta la extremitatea lui cilindrul de sticlă C plin cu clorur de calciu. Se întorcea aparatul astfel cum se vede în figură și prin firul de platină D se făcea să cadă mercurul din tub. Gay-Lussac admitea că aerul care străbătea cilindrul cu clorur de calciu C și se introducea în tubul AB eră aer uscat.



Fig. 22.

Se lăsa în AB un mic indice a (fig. 23). Tubul eră în urmă așezat orizontal în o cutie închisă, în care se putea obține după voe temperatura de zero grade sau o altă temperatură. În primul cas, se introducea gheață în cutie; în al doilea cas, se încălzia ligidul cu care se umplea parțial cutia. Se căuta ca temperatura ligidului, dată prin termometrele C și D, să fie aceiași în toată massa sa grație unor agitatori.

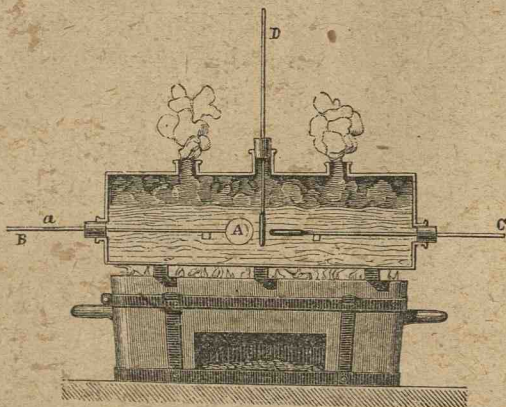


Fig. 23.

Cutia fiind la început plină cu gheață, gazul din AB se contractă; fie v_0 volumul gazului măsurat prin ajutorul indicelui de mercur și la presiunea p_0 , citită la un barometru vecin, care este și presiunea gazului. Se înlocuiește apoi gheața cu un ligid ce se încălzia până la temperatura de t_0 . Gazul se încălzia și se dilata.

Volumul gazului, citit prin ajutorul indicelui, este v la temperatura t și la o presiune p , care diferă foarte puțin de presiunea p_0 . Volumul real al gazului, în acest din urmă cas, este $v(1+kt)$, unde k este coeficientul de dilatațiune a tubului de sticlă AB.

Dacă reducem la 0° volumul $v(1+kt)$ obținem :

$$\frac{v(1+kt)}{1+\alpha t}$$

Aplicând legea lui Boyle-Mariotte la două mase egale de gaz, a căror temperatură este zero grade, avem :

$$p_0 v_0 = \frac{p v (1+kt)}{1+\alpha t}$$

Din această relațiune putem deduce valoarea lui α . Gay-Lussac a găsit pentru coeficientul de dilatațiune a gazelor sub presiune constantă numărul 0,00375.

Experiențe posterioare, datorite lui Regnault în Franca și Magnus în Germania, au arătat că acest număr este prea mare.

Putem semnala în modul de operare a lui Gay-Lussac două cauze de erori mai cu seamă :

a) rezervoriul AB, nefiind complet uscat, conține o mică cantitate de umiditate condensată pe pereții rezervoriului; când încălzim rezervoriul la t^0 umiditatea se transformă în vapori așa că în realitate se măsură coeficientul de dilatațiune a gazului umed ;

b) indicele de mercur neizolând exact de exterior masa de gaz din rezervoriu, o mică cantitate de gaz trece prin spațiul liber dintre indice și pereții vasului când încălzim rezervoriul la t^0 ; experiența arată, în adevăr, că după ce lăsăm să se răcească la 0^0 gazul încălzit prealabil la t^0 , indicele de mercur nu se oprește la diviziunea de unde pleacă când eră la 0^0 dar la o diviziune mai apropiată de rezervoriu.

Determinarea coeficientului de dilatațiune sub volum constant de Regnault. — Pentru a determina coeficientul de

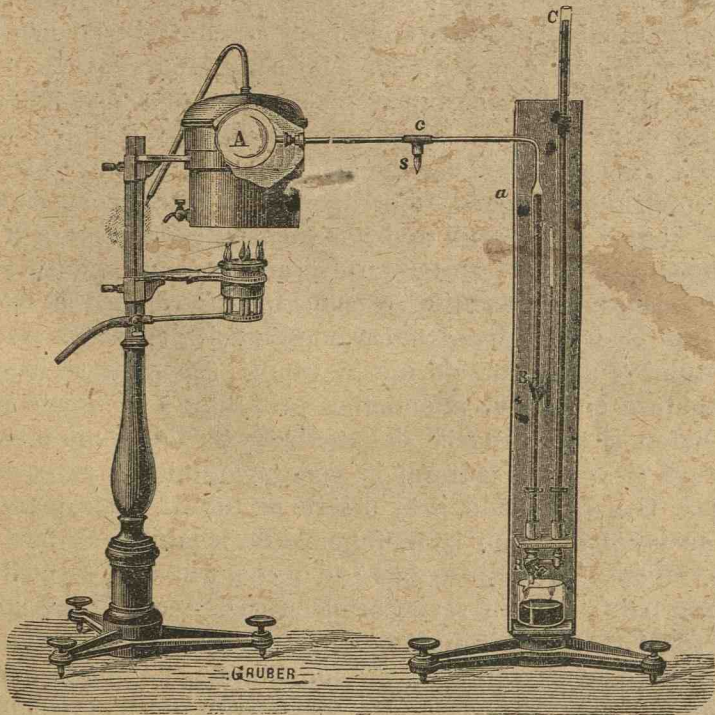


Fig. 24.

dilatațiune β sub volum constant, Regnault se serviă de un aparat format din balonul A (fig. 24), de o capacitate aproape egală cu un litru, pus în legătură prin un tub capilar cu un manometru cu aer liber BC.

Manometrul BC este format din ramura deschisă C și ramura B terminată la capătul de sus prin un tub capilar recurbat; ramurile B și C comunică prin bazele lor cu un tub de fontă; la baza ramurei B este adaptat robinetul cu trei deschideri R deja descris. Tubul capilar care unește A cu B, este format din două părți reunite prin tubul de fer cu trei deschideri c ; la deschiderea verticală a tubului c este adaptat tubul de sticlă s , care comunică cu o serie de tuburi desicatoare, puse ele însăși în comunicațiune sau cu o mașină pneumatică sau cu rezervoriul de gaz.

Balonul A este introdus în o căldare, în care se pune după voe ghiață sau un ligid care poate fi încălzit până la temperatura T . Se determină prealabil volumul V_0 al balonului la 0° precum și coeficientul său de dilatațiune k ; de asemenea volumul v a tuburilor de legătură până la linia a trasă pe tubul B poate fi considerat ca constant la diferitele temperaturi, din cauza micimei lui v în raport cu V_0 .

Pentru a efectua experiențele, se umple mai întâi cu gaz uscat aparatul. În acest scop, robinetul R fiind dispus astfel ca să stabilească comunicațiunea ramurilor B și C a manometrului, se toarnă mercur prin ramura C până ce mercurul ajunge în dreptul diviziunii a făcută pe ramura B. Se întoarce robinetul R pentru a întrerupe comunicațiunea între cele două ramuri. Se încălzește ligidul din căldare la o temperatură suficientă pentru ca umiditatea depusă pe pereții balonului A să se transforme în vapori. Punându-se balonul în legătură cu mașina pneumatică prin tubul s , se scoate aerul din balon și din tuburile de legătură. Se întrerupe această legătură și se pune balonul în comunicațiune cu rezervoriul cu gaz. Gazul, trecând prin o serie de tuburi desicatoare, va ajunge uscat în balon și în tuburile de legătură. Se face din nou vidul în balon și se pune în urmă din nou în comunicațiune balonul A cu rezervoriul cu gaz. Această operațiune este repetată de mai multe ori. La fiecare facere a vidului, se scoate o mică cantitate de umiditate și se poate admite că după 20 sau 30 operațiuni succesive, gazul introdus în balon și în tuburile de legătură este uscat.

După ultima operațiune, se înconjură balonul A cu ghiață, se întoarce robinetul R punând în legătură ramurile B și C între ele, și se toarnă prin ramura C mercur suficient pentru

ca nivelul acestui ligid să ajungă până în a în ramura B. Se topește în urmă la o lampă vârful tubului s.

S'a închis astfel în balon un volum de gaz V_0 la 0_0 și la presiunea I a atmosferei; tuburile de legătură până la linia a conțin un volum v de gaz la temperatura ambiantă t și la presiunea I . Volumul total al gazului în balon și în tuburile de legătură până la linia a este deci: $V_0 + v$ la 0_0 și la presiunea I .

Se înlocuește gheața din căldare prin un ligid care se încălzește până la T . Gazul din balon se dilatează și mercurul este împins în ramura B. Se toarnă mercur prin ramura C până ce ligidul se ridică în B până la linia fixă a . Fie i diferența de nivel între suprafețele libere ale mercurului din ramurile C și B. Presiunea atmosferică în aceasta a doua fază a experienței, fiind I' puțin diferită de I , gazul este închis în balon și în tuburile de legătură la presiunea $I' + i$. Volumul gazului închis în balon la T_0 este $V_0 (1 + kT)$, unde k este coeficientul de dilatațiune al balonului; volumul tuburilor de legătură până la linia a este tot v pentru motivul expus. Volumul total al gazului $V_0 (1 + kT) + v$ este la presiunea $I' + i$; această presiune redusă la 0_0 fără a modifica volumul gazului devine $\frac{I' + i}{1 + \beta t}$.

Avem deci aceeași massă de gaz care la temperatura de zero grade ocupă volumul $V_0 + v$ sub presiunea I și apoi volumul $V_0 (1 + kT) + v$ sub presiunea $\frac{I' + i}{1 + \beta T}$. Putem deci să 'i aplicăm legea lui Boyle-Mariotte :

$$(V_0 + v) I = [V_0 (1 + kT) + v] \frac{I' + i}{1 + \beta T}$$

Din această relațiune se va putea deduce valoarea lui β . Regnault operând în acest mod pentru aerul atmosferic găsește pentru β valoarea 0,0036645.

Determinarea coeficientului de dilatațiune a unui gaz sub presiune constantă de Regnault.—Aparatul întrebuițat de Regnault (fig. 25) pentru a determina coeficientul de dilatațiune α al unui gaz sub presiune constantă și volum variabil are o formă analogă celui precedent întrebuițat la determinarea coeficientului β . Fiindcă la determinarea lui α , trebuie a evalua cu precisiune două volume diferite ocupate

de aceeași massă de gaz, ramura închisă a manometrului este formată din o parte mai umflată BD divizată în părți de egală capacitate.

Modul de operare este analog celui întrebuintat la determinarea lui β . Se pune mai întâi balonul A în ghiață și se introduce gaz până la linia fixă din ramura B a manome-

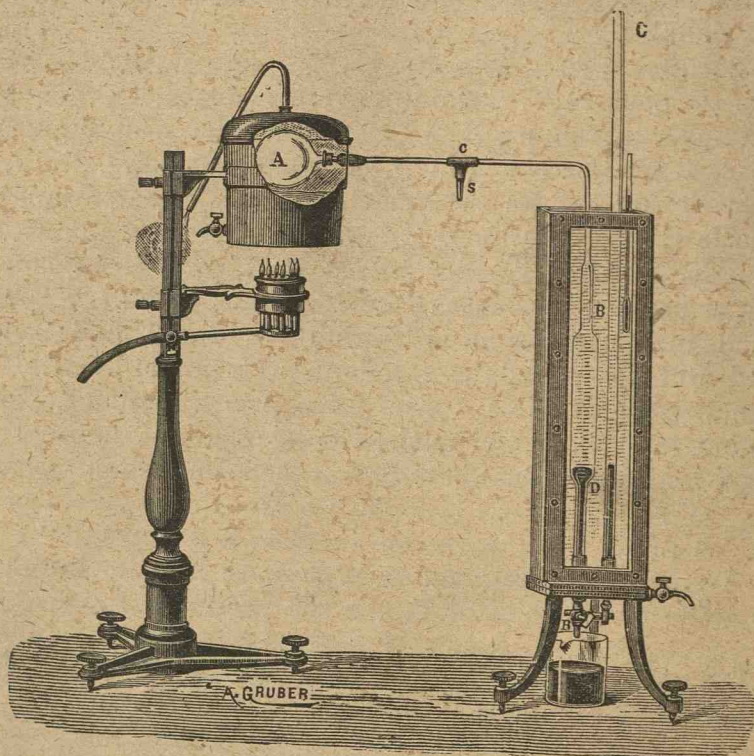


Fig. 25.

trului, așa că nivelul mercurului din ramurile B și C să vină în dreptul liniei fixe. Fie V_0 volumul gazului conținut în balon la 0_0 sub presiunea atmosferică I și v volumul din tuburile de legătură până la linia fixă la temperatura ambiantă t_0 și la presiunea I. Volumul v redus la zero grade sub presiunea constantă I este $\frac{v}{1+\alpha t}$. Volumul total al gazului la 0_0 sub presiunea I va fi deci:

$$V_0 + \frac{v}{1+\alpha t}$$

În a doua fază a experienței, se înlocuește ghiața din

căldare prin un licid ce se încălzește până la temperatura T . Gazul dilatat va împinge mercurul din ramura B . Intoarcem robinetul R în un mod convenabil, așa că mercurul curgând din manometru să vină la același nivel în ambele ramuri. Fie v' volumul ocupat de gaz în tubul umflat BD de la linia fixă până la nivelul mercurului. Pentru ca temperatura t' a gazului ce ocupă volumul v' să fie constantă în timpul experienței, Regnault introducea manometrul BC în un vas în care circula continuu un curent de apă. Presiunea gazului este presiunea atmosferică I' foarte puțin diferită de I .

Volumul balonului în această a doua fază a experienței este $V_0(1+kT)$, unde k este coeficientul de dilatațiune al balonului; acest volum redus la 0° sub presiune constantă I' este $\frac{V_0(1+kT)}{1+\alpha T}$. Volumul ocupat de gaz în tuburile de legătură până la linia fixă este v la temperatura t ; în fine, volumul v' este la temperatura t' . Volumele v și v' reduse la 0° sub presiunea constantă I' devin: $\frac{v}{1+\alpha t}$ și $\frac{v'}{1+\alpha t'}$. Volumul total al gazului redus la 0° sub presiunea constantă I' este:

$$\frac{V_0(1+kT)}{1+\alpha T} + \frac{v}{1+\alpha t} + \frac{v'}{1+\alpha t'}$$

Legea lui Boyle-Mariotte aplicată la aceeași massă de gaz, care la temperatura de 0° ocupă succesiv volumul $V_0 + \frac{v}{1+\alpha t}$ sub presiunea I și volumul $\frac{V_0(1+kT)}{1+\alpha T} + \frac{v}{1+\alpha t} + \frac{v'}{1+\alpha t'}$ sub presiunea I' , permite a scrie:

$$\left(V_0 + \frac{v}{1+\alpha t}\right) I = \left(\frac{V_0(1+kT)}{1+\alpha T} + \frac{v}{1+\alpha t} + \frac{v'}{1+\alpha t'}\right) I'$$

Din această relațiune vom putea deduce coeficientul α de dilatațiune sub presiune constantă.

Regnault, operând în acest mod, a găsit că coeficientul de dilatațiune α al aerului atmosferic are drept valoare 0,0036706.

Dacă comparăm coeficienții α și β ai aerului atmosferic, se vede că $\alpha > \beta$.

Valorile coeficienților de dilatațiune ale gazelor sub presiune constantă și volum constant. — Vom da aci, după Regnault, valorile coeficienților de dilatațiune α și β ale câtorva gazuri.

G a z u r i	Coef. de dilat. α sub presiune constantă	Coef. de dilat. β sub volum constant
Hidrogen	0,003661	0,003667
Aer	0,003670	0,003665
Oxid de carbon .	0,003669	0,003667
Acid carbonic. .	0,003719	0,003688
Acid sulfuros .	0,003903	0,003845

Se vede de aci că toate gazele, afară de hidrogen, au coeficientul de dilatațiune α sub presiune constantă mai mare de cât coeficientul de dilatațiune β sub volum constant.

Observăm, de asemenea, că coeficienții de dilatațiune sunt cu atât mai mari cu cât gazul este mai ușor licifiabil.

Regnault a efectuat determinări de coeficienți de dilatațiune sub presiuni superioare presiunii atmosferice; el a găsit că coeficienții de dilatațiune α și β cresc cu presiunea exercitată asupra gazelor.

Din cauză că diferența între coeficienții α și β este mică, putem lua ca valoare medie a coeficienților de dilatațiune numărul $0,00366 = \frac{1}{273}$ pentru gazele destul de îndepărtate de punctul lor de licefacțiune. Acestor gaze li se pot aplica legile lui Boyle-Mariotte și Gay-Lussac.

Aplicațiunile dilatațiunii gazelor. Termometrele cu aer și cu gaz. Termometrul normal.—Între aplicațiunile dilatațiunii gazelor, cea mai importantă este măsura temperaturilor.

Termometrele cu gaz. Am văzut că termometrele cu mercur sunt comparabile între ele între punctele fixe 0 și 100; în afară de aceste puncte, ele încetează de a mai fi comparabile. Cauza este că temperaturile sunt indicate în termometrul cu mercur prin dilatațiunea aparentă a mercurului care depinde de doi factori: a) dilatațiunea absolută a mercurului care este constantă și b) dilatațiunea tubului termometric care depinde de natura sticlei din care este format. Coeficientul de dilatațiune absolută a mercurului fiind în mijlociu egal cu 0,00018 și acel al sticlei 0,000025, se vede că dilatațiunea mercurului este aproximativ de 7 ori mai mare decât a sticlei.

Dacă luăm coeficientul de dilatațiune a aerului sau a

unui gaz egal cu 0,00366 se vede că dilatațiunea acestor substanțe este aproximativ de 145 ori mai mare decât a învelitoarei de sticlă ce'l conține. Prin urmăre, termometrele cu aer sau cu gaz prezintă avantajii asupra termometrelor cu mercur prin faptul că dilatațiunea vaselor ce conțin gazele este negliabilă în raport cu dilatațiunea gazelor. Urmează deci, că două termometre cu gaz vor fi totdeauna comparabile între ele, oricare ar fi compozițiunea învelitoarei ce le conține: de asemenea, același termometru ar fi neconținut comparabil cu el însuși.

Aparatele întrebuințate de Regnault, pentru măsura coeficienților de dilatațiune α și β a gazelor, ar putea fi utilizate pentru determinarea temperaturilor.

Să presupunem, mai întâi, că ne servim de dispozitivul experimental adoptat de Regnault pentru a determina coeficientul de dilatațiune β sub volum constant. Pentru a măsura temperatura T a unui mediu, se introduce balonul A (fig. 24) succesiv în gheață și în mediul a cărei temperatură vom a afla. Aplicând formula :

$$(V_0 + v) I = [V_0(1+kT) + v] \frac{I' + i}{1+\beta T},$$

și dând lui β valoarea ce convine gazului ce umple balonul, vom putea calcula temperatura cerută T . Dacă gazul, care umple balonul, este aerul sau hidrogenul, vom da lui β valoarea 0,00366.

Dacă vom a determina temperatura unui mediu prin dispozitivul utilizat de Regnault pentru a determina pe α , vom pune succesiv balonul, ca și în cazul precedent, în gheață și în mediul a căru temperatură T se caută (fig. 25). Aplicând formula :

$$\left(V_0 + \frac{v}{1+\alpha T} \right) I = \left(\frac{V_0(1+kT)}{1+\alpha T} + \frac{v}{1+\alpha t} + \frac{v'}{1+\alpha t'} \right) I',$$

și dând lui α valoarea ce convine gazului, care umple balonul, vom putea calcula temperatura cerută T .

Din aceste două moduri de a determina temperatura, cel mai avantajos este măsura temperaturilor sub volum constant. În adevăr, când ne servim de aparatul cu care determinăm coeficientul de dilatațiune α sub presiune constantă, avem de măsurat volume variabile de gaz; o eroare în lectura volumelor comportă erori în evaluarea temperaturilor. Sen-

sibilitatea metodei depinde de volumul cetit. Determinând însă temperaturile prin aparatul cu care se măsoară coeficientul de dilatațiune sub volum constant, sensibilitatea aparatului rămâne aceeași pentru toate temperaturile.

Termometrul normal. Termometrul normal este bazat pe dilatațiunea sub volum constant a unei mase de hidrogen care ocupă la 0° un volum determinat sub presiunea unei coloane de mercur a cărei înălțime este de un metru. Termometrul normal are forma aparatului întrebuintat de Regnault pentru determinarea lui β , în care balonul este înlocuit cu un cilindru de platină de o capacitate ceva mai mare de un litru.

Gradul centigrad în termometrul normal este definit în modul următor: Un grad centigrad este variațiunea de temperatură care produce asupra unei mase de hidrogen supuse la condițiunea de a conserva un volum constant o variațiune a forței elastice a gazului egală cu $\frac{1}{100}$ parte din variațiunea pe care masa de gaz o încearcă între temperaturile gheței care se topește și a vaporilor de apă care ferbe, forța elastică inițială a masei de gaz la 0° fiind presiunea unui metru de mercur.

Densitatea gazelor.

Definițiuni. — Se definește *densitatea absolută* a unui gaz masa unităței de volum a gazului luat în condițiuni determinate de presiune și de temperatură. În sistemul C. G. S. *densitatea absolută* a unui gaz este masa unui centimetru cub de gaz luat la temperatura de 0° și sub presiunea de 760 milimetri.

Se definește *densitatea relativă* a unui gaz raportul între masa unităței de volum a gazului luat în condițiuni determinate de presiune și de temperatură și masa aceleiași volum de apă distilată la 4° C. În sistemul C. G. S. *densitatea relativă* a unui gaz este raportul între masa unui centimetru cub de gaz la temperatura de 0° C. și sub presiunea de 760 milimetri și între masa unui centimetru cub de apă destilată la 4° C.

Fiind că, în sistemul C. G. S., masa unui centimetru cub de apă destilată la 4° C. este egală cu unitatea și fiindcă

densitatea relativă este dată prin același număr ca și greutatea specifică relativă, rezultă că *densitatea absolută, densitatea relativă, greutatea specifică relativă a unui gaz* vor fi reprezentate prin același număr.

Determinarea densității gazelor în raport cu apa prezintă dificultăți experimentale. Din această cauză, nu s'a afectuat o asemenea determinare decât pentru aerul atmosferic.

Pentru celelalte gaze, se determină densitatea în raport cu aerul atmosferic. Iată definițiunea densității gazelor în acest caz :

Se definește densitatea unui gaz în raport cu aerul, raportul între masa unui volum de gaz și masa aceluiași volum de aer, masele acestor corpuri fiind luate la temperatura de 0° și sub presiunea de 760 milimetri.

Masele volumelor egale de gaz și aer, luate în aceleași condițiuni de presiune și temperatură, fiind proporționale cu greutățile lor, se vede ușor că densitatea unui gaz în raport cu aerul poate fi definită prin raportul greutăților a două volume egale de gaz și de aer luate la 0° și sub presiunea de 760 milimetri.

Valorile numerice a densității câtorva gaze în raport cu aerul.— Vom da aci valorile numerice ale densității câtorva gaze după experiențele lui Regnault și A. Leduc.

Densitățile gazelor	Regnault	A. Leduc
Oxygen. .	1,1056	1,1050
Hidrogen.	0,0693	0,0693
Azot . . .	0,9714	0,9720

Greutatea unui centimetru cub de aer uscat la 0° și la presiunea de 760 milimetri. Densitatea aerului în raport cu apa.—Determinarea greutății unui centimetru cub de aer în condițiunile normale, adică a aerului la 0° și la presiunea de 760 milimetri, prezintă o importanță deosebită din cauză că numărul care exprimă această greutate intervine în o mulțime de aplicațiuni de Fizică și de Chimie.

După experiențele lui Regnault, greutatea unui centi-

metru cub de aer uscat la 0° și sub presiunea de 760 milimetri este 0^{gr.},001293187.

Densitatea aerului în raport cu apa. Numărul 0,001293 reprezintă greutatea unui centimetru cub de aer la 0° și 760 milimetri, reprezintă și densitatea aerului în raport cu apa. Fiind că numărul 0,001293 este aproximativ egal cu $\frac{1}{773}$, se întrebuițează adesea ori pentru ușurința calculelor această din urmă cifră.

Greutatea unui litru de aer în condițiuni normale. Un litru fiind egal cu 1000 de centimetri cubi, greutatea unui litru de aer normal va fi: 1^{gr.},293. Când nu se cere o mare precizie, se ia adesea ori greutatea unui litru de aer egal cu 1^{gr.},3.

Greutatea unui centimetru cub de aer în condițiunile normale la latitudinea de 45° și la nivelul mării. Regnault a determinat greutatea unui centimetru cub în condițiunile normale la Colegiul de Francia din Paris, unde latitudinea este de 48° 50' 14" și altitudinea deasupra nivelul mării de 60 metri. El a găsit, cum am văzut, pentru această stațiune greutatea 0,001293187 grame.

Dacă se reduce această greutate a centimetrului cub la nivelul mării și la latitudinea de 45° servindu-ne de formula:

$$\frac{g}{g_{45}} = (1 - 0,002552 \cos 2\lambda) \left(1 - \frac{2i}{R}\right),$$

unde g este accelerațiunea imprimată de gravitate unui corp în cădere în o localitate a cărei latitudine este λ și i altitudinea, g_{45} accelerațiunea la nivelul mării și la latitudinea de 45° și R raza pământului, obținem 0^{gr.},001292673 ca greutate a unui centimetru cub de aer în condițiunile normale la nivelul mării și la latitudinea de 45°.

Greutatea unui centimetru cub de aer în condițiunile normale în o localitate a cărei latitudine este λ și înălțime i deasupra nivelului mării. Cunoscând greutatea 0^{gr.},001292673 a unui centimetru cub de aer în condițiunile normale la latitudinea de 45° și la nivelul mării, este ușor a deduce greutatea unui centimetru cub de aer în o localitate a cărei latitudine este λ și înălțime i deasupra nivelului mării.

În adevăr, fie P greutatea unui centimetru cub de aer în condițiunile normale la nivelul mării și la latitudinea de 45°, de asemenea P' greutatea centimetrului cub de aer în

condițiunile normale în o localitate determinată a cărei latitudine este λ și înălțimea i deasupra nivelului mării, g_{45} și g accelerațiunile corespondente ale gravității. Teoremul proporționalității forțelor cu accelerațiunile permite a scrie :

$$\frac{P}{P'} = \frac{g_{45}}{g},$$

de unde :

$$P' = P \times \frac{g}{g_{45}}.$$

Însă P are drept valoare $0^{\text{gr.}},001292673$. Relațiunea precedentă devine :

$$P' = 0^{\text{gr.}},001292673 (1 - 0,002552 \cos 2\lambda) \left(1 - \frac{2i}{R}\right).$$

Pentru București, a cărui latitudine este $44^{\circ} 25' 38''$ și altitudine 82 metri deasupra nivelului mării (Bulevardul Carol din fața Universității), greutatea unui centimetru cub de aer în condițiunile normale se va obține, înlocuind λ și i prin valorile indicate și dând lui R , raza pământului, valoarea 6366198 metri. Efectuând calculele, găsim că un centimetru cub de aer în condițiunile normale cântărește în București : $0^{\text{gr.}},001292574$.

Greutatea unui centimetru cub de gaz în condițiunile normale.—Să considerăm un gaz a cărui densitate în raport cu aerul este d . Greutatea unui centimetru cub de aer în condițiunile normale fiind $0^{\text{gr.}},001293$, greutatea unui centimetru cub de gaz în aceleași condițiuni va fi : $0^{\text{gr.}},001293 \times d$.

În tabloul următor sunt indicate greutatețile unui centimetru cub în condițiunile normale a gazelor celor mai frecvent întrebuințate.

G a z u r i	Greutatea unui centimetru cub de gaz în condițiunile normale
Aer	$0^{\text{gr.}},001293$
Azot	$0^{\text{gr.}},001256$
Oxigen	$0^{\text{gr.}},001430$
Hidrogen	$0^{\text{gr.}},000089$
Acid carbonic.	$0^{\text{gr.}},001977$

Este evident că pentru a obține greutatea unui litru de gaz în condițiunile normale, trebuie a înmulți numerile precedente cu 1000.

Greutatea unui centimetru cub de aer în diverse condițiuni de temperatură, presiune și umiditate.— Vom stabili succesiv greutatea unui centimetru cub de aer uscat și umed când temperatura este t și presiunea I diferită de 760 milimetri.

Greutatea unui centimetru cub de aer uscat la t° și sub presiunea de I milimetri. Volumul unui centimetru cub de aer uscat la temperatura t și sub presiunea de I milimetri redus la temperatura de 0° și la presiunea de 760 milimetri este :

$$\frac{1^{\text{cc}}}{1+\alpha t} \times \frac{I}{760},$$

unde α are drept valoare 0,00366.

Se va obține greutatea aerului înmulțind volumul precedent cu $0^{\text{gr.}},001293$, care reprezintă greutatea unui centimetru cub de aer în condițiunile normale. Prin urmare :

$$0^{\text{gr.}},001293 \times \frac{1}{1+\alpha t} \times \frac{I}{760}.$$

reprezintă în grame greutatea unui centimetru cub de aer uscat la t° și sub presiunea de I milimetri.

Greutatea unui centimetru cub de aer umed la t° și I milimetri, forța elastică a vapoarei de apă fiind f . Să considerăm un centimetru cub de aer umed la temperatura t , sub presiunea I și când vapoarea de apă conținută în centimetrul cub are o forță elastică f .

Greutatea aerului umed se compune : a) din greutatea a_1 a aerului uscat care ocupă un volum de 1^{cc} la t° și la presiunea $I-f$ milimetri ; b) din greutatea a_2 a vaporilor de apă care ocupă volumul de 1^{cc} la temperatura t și presiunea f .

Greutatea a_1 a aerului uscat este, după cele văzute :

$$a_1 = 0^{\text{gr.}},001293 \times \frac{1}{1+\alpha t} \times \frac{I-f}{760}.$$

Greutatea a_2 a vaporilor de apă este :

$$a_2 = 0^{\text{gr.}},001293 \times \frac{1}{1+\alpha t} \times \frac{f}{760} \times \frac{5}{8},$$

unde $\frac{5}{8} = 0,622$ este densitatea vaporilor de apă în raport cu aerul atmosferic.

Greutatea totală a în grame a unui centimetru cub de aer în condițiunile indicate este deci :

$$a = a_1 + a_2 = 0^{\text{gr.}},001293 \times \frac{1}{760(1+\alpha t)} \left(1 - f + \frac{5}{8} f \right), \text{ sau}$$

$$a = 0^{\text{gr.}},001293 \times \frac{1}{1+\alpha t} \times \frac{1 - \frac{3}{8} f}{760}.$$

Greutatea unui centimetru cub de gaz în diverse condițiuni de temperatură, presiune și umiditate. — După cele văzute, este ușor a stabili greutatea unui centimetru cub de gaz uscat și umed în diverse condițiuni de presiune și temperatură.

Greutatea unui centimetru cub de gaz uscat la temperatura t și presiunea I . Dacă densitatea gazului în raport cu aerul atmosferic este d , greutatea unui centimetru cub de gaz uscat la t^0 și I milimetri este :

$$0^{\text{gr.}},001293 \times \frac{1}{1+\alpha t} \times \frac{I}{760} \times d.$$

Greutatea unui centimetru cub de gaz umed la temperatura t și presiunea I milimetri, când forța elastică a vapoarei de apă este f milimetri. Greutatea gazului a se compune : a) din greutatea a_1 a gazului uscat care este :

$$a_1 = 0^{\text{gr.}},001293 \times \frac{1}{1+\alpha t} \times \frac{I-f}{760} \times d;$$

b) din greutatea a_2 a vapoarei de apă conținută în centimetrul cub :

$$a_2 = 0^{\text{gr.}},001293 \times \frac{1}{1+\alpha t} \times \frac{f}{760} \times \frac{5}{8}.$$

Greutatea totală a centimetrului cub de aer umed în condițiunile indicate este :

$$a = 0^{\text{gr.}},001293 \times \frac{1}{1+\alpha t} \times \frac{1}{760} \left((I-f) d + \frac{5}{8} f \right).$$

Densitatea azotului. Argonul. — Cunoașterea densității gazelor ne permite a ne pronunța dacă un gaz este pur sau un amestec de mai multe gaze. O aplicațiune importantă a fost făcută în acest sens de doi savanți englezi Lord Rayleigh și W. Ramsay. Ei au observat că densitatea azotului extras din aerul atmosferic este totdeauna mai mare decât aceea ce o prezintă azotul extras din compuşii chimici. Ei au dedus

că aerul atmosferic conține pe lângă oxigen și azot un alt element pe care l'au numit *argon*.

Argonul se poate extrage în cantitate mai mare făcând să treacă azotul din atmosferă asupra magneziului încălzit; experiența arată că numai o parte din azot se combină cu magneziul formând o azotură de magneziu iar restul găzos este argonul.

Argonul este un gaz de 2 ori mai greu decât hidrogenul, tot așa de solubil în apă ca și oxigenul; argonul a putut fi lichefiat la -128° sub presiunea de 38 atmosfere.

SCHIMBĂRILE STĂREI CORPURILOR.

Generalități.

Schimbările stărei corpurilor. — Când încălzim din ce în ce mai mult un corp solid, pe care-l punem în contact cu un termometru, experiența arată că temperatura corpului se ridică și ajunge un moment când corpul trece din starea solidă în stare ligidă; se dă numele de *topire* (fuziune) acestui fenomen. Invers, când răcim din ce în ce mai mult corpurile licide, ele pot trece din stare ligidă în stare solidă; acesta este *fenomenul solidificării*.

Un corp poate trece din stare solidă în stare ligidă fără a fi încălzit. Acest fenomen se observă în cazul *disoluțiunei* unui corp solid în un ligid. Fenomenul invers disoluțiunei este *cristalizarea*.

Când ridicăm progresiv temperatura unui ligid, experiența arată că ligidul trece în stare găzoasă; această trecere constituie *fenomenul vaporizațiunei*. Reciproc, un gaz răcit progresiv și supus la presiuni din ce în ce mai mari poate trece din starea găzoasă în starea ligidă; acesta este *fenomenul lificierii sau condensațiunei* unui gaz.

Topirea.

Topirea (fuziunea) corpurilor. Topire progresivă și bruscă. Legile topirei. — Când încălzim din ce în ce mai mult un corp solid, pus în contact cu un termometru, experiența arată

că temperatura corpului se ridică neconținut până ce apar primele picături de lichid; din acest moment termometrul conservă o temperatură invariabilă până când tot corpul solid s'a transformat în o masă lichidă.

Unele corpuri, trecând din starea solidă în starea lichidă, încep mai întâi a se muia și apoi trec gradat în starea lichidă, așa că prezintă o semifluiditate în un interval de temperatură destul de mare. Astfel sunt sticla, fierul, grăsimile, cari trec *progresiv* dela starea solidă la starea lichidă.

Cele mai multe corpuri însă trec *brusc* dela starea solidă la starea lichidă. Astfel sunt apa, sulful, metalele în general, etc.

Legile, la cari sunt supuse corpurile cari se topesc în un mod brusc, sunt următoarele :

1) *Un corp solid, cu o compozițiune chimică definită, supus la o presiune determinată, se topește totdeauna la aceeași temperatură. Această temperatură este temperatura sau punctul de topire al corpului.*

2) *Dacă presiunea exercitată asupra corpului este invariabilă, temperatura rămâne constantă în tot timpul topirii.*

În tabloul următor sunt indicate temperaturele de topire a câtorvâ corpuri solide.

Corpuri solide	Temperatura de topire
Mercur	—40°
Gheață. . . .	0°
Fosfor. . . .	44°
Ceara albă . . .	68°
Sulful	114°
Staniul	230°
Plumbul. . . .	335°
Zincul. . . .	410°
Argintul. . . .	950°
Aurul	1040°
Cuprul	1050°
Platina	1775°
Iridiul. . . .	1950°

Căldura de topire. — Experiența arată că în tot timpul

topirii unui corp, temperatura sa rămâne invariabilă, oricare ar fi intensitatea isvorului de căldură. Trebuie deci a deduce că căldura absorbită de corp în timpul topirii este întrebunințată a-l licefiă, adică a produce în acest caz lucrul mecanic de desagregare a moleculelor corpului.

Se dă numele de *căldură de topire* cantității de căldură absorbită de unitatea de greutate al unui corp solid când se licifiează fără a-și schimba temperatura. Căldura de topire varie după compozițiunea chimică a corpului; pentru un corp determinat este proporțională cu greutatea corpului.

Căldura de topire, fiind insensibilă la termometru, se mai numește și *căldura latentă de topire*.

Schimbarea volumului corpului în topire. — Prin topire corpurile își măresc, în general, volumul. Rezultă de aci, că corpul în stare ligidă are o densitate mai mică decât atunci când este solid. De exemplu, când topim sulful, se observă bucăți de sulf cari rămân la fundul vasului sub masa deja licefiată.

La această regulă generală fac excepțiune câteva corpuri, a căror volum se micșorează când sunt topite. Intre aceste corpuri vom cită: apa, fonta, bismutul, argintul etc. Astfel, dacă încălzim progresiv gheața, începând dela o temperatură inferioară de 0° , experiența arată că acest corp se dilată mă-rindu-și volumul până la 0° ; la temperatura de 0° gheața trece în un mod brusc în stare ligidă micșorându-și volumul și continuă apoi a-și contractă volumul până la 4° C. Gheața, prin urmare, la 0° are o densitate mai mică decât a apei la aceiași temperatură. Experiența indică, în adevăr, că gheața plutește la suprafața apei.

Influența presiunii asupra temperaturii de topire. — Temperatura de topire a corpurilor variază, când exercităm asupra lor presiuni considerabile. Pentru corpurile, a căror volum se micșorează prin topire cum este de exemplu gheața, o creștere de presiune face să se micșoreze temperatura de topire; din contra, pentru corpurile care își măresc volumul prin topire, unei creșteri de presiune corespunde o ridicare a temperaturii de topire!

Numeroase experiențe, datorite lui Bunsen, Lordului Kelvin (anterior Sir William Thomson), Mousson, Amagat au confirmat influența presiunii asupra variațiunii temperaturii

de topire. Vom descrie experiențele lui Mousson pentru corpurile cari prin topire își micșorează volumul și ale lui Bunsen pentru corpurile cari 'și mărește volumul prin topire.

Experiența lui Mousson. Variațiunea temperaturii de topire a gheții. Experiența următoare, datorită lui Mousson, pune în evidență scoborîrea de temperatură a gheții când exercităm asupra ei presiuni considerabile. Aparatul, cu care a experimentat Mousson (fig. 26), este format din un cilindru

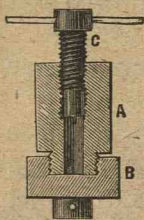


Fig. 26.

de oțel A foarte rezistent, la baza căruia se înșurubează dopul B. În cilindrul A străbate pistonul C tăiat în șurub.

Se introduce apă în cilindrul A, pe care o solidificăm punând aparatul în un amestec refrigerent; se pune apoi un glob metalic pe suprafața gheții și se înșurubează la aparat pistonul C. Introducând din ce în ce mai mult pistonul în cilindru, el va exercită presiuni din ce în ce mai mari asupra gheții; aceste presiuni pot ajunge la câteva mii de atmosfere. Disșurubând pistonul, experiența arată că globul metalic a ajuns la baza aparatului. Pentru a explica străbaterea globului prin gheață, trebuie să admitem că gheața, comprimată sub presiuni considerabile, s'a lichefiat și globul a putut trece prin masa licădă; în urmă producându-se decomprimarea, masa licădă s'a solidificat din nou.

Vom indica aci temperaturile de topire ale gheții supuse la presiuni din ce în ce mai mari, după experiențele Lordului Kelvin:

Presiuni în atmosfere	Temperatura de topire
1	0°,00
8	—0°,06
17	—0°,13

Experiențele lui Bunsen. — Bunsen a pus în evidență ridicarea temperaturii de topire sub influența presiunii la corpurile care 'și mărește volumul prin topire. Aparatul cu care a făcut Bunsen aceste experiențe, este format (fig. 27) din un tub de sticlă de două ori recurbat. Porțiunea *cd* a tubului

conține substanța de examinat, în *bd* este mercur, iar porțiunea *ab* este ocupată de aer. Aceste substanțe au fost introduse prealabil în tubul recurbat, care apoi a fost închis la ambele capete. Incălzind tubul prin introducerea lui în o baie, mercurul se va dilata și va comprima aerul din *ab*; forța elastică a aerului mărirându-se, se va transmite prin masa de mercur asupra substanței, care va fi astfel supusă la presiuni din ce în ce mai mari. Când corpul introdus în *cd* se topește, se însemnează temperatura băii în care este încălzit tubul, precum și volumul aerului conținut în porțiunea gradată *ab* a tubului, din care se deduce prin calcul forța elastică a gazului, prin urmare și presiunea exercitată asupra substanței din *cd*.



Fig. 27.

Operând în acest mod pentru parafină, Bunsen a obținut următoarele temperaturi de topire :

Presiuni în atmosfere	Temperaturi de topire
1	46°,3
85	48°,9
100	49°,9

Plasticitatea gheței. — Gheața, deși este un corp dur, are proprietatea ca bucăți din acest corp fiind supuse la presiuni considerabile să se lipească între ele formând o singură massă. Această proprietate este cunoscută sub numele de *plasticitatea gheței*.

Explicațiunea acestui fenomen este următoarea : când supunem bucăți de gheață la presiuni considerabile, temperatura se va scobori sub zero grade și o parte din gheață se va lichefia ; lichidul produs, care umple spațiile goale dintre bucățile de gheață, va rămâne în această stare atâta timp cât va fi menținută presiunea asupra gheței. Când această presiune este suprimată, temperatura se ridică la 0° și lichidul se solidifică, formând în acest mod o singură massă solidă.

Experiența următoare, datorită lui Tyndall, pune în evidență plasticitatea gheței sub influența presiunilor conside-

rabile. Tyndall se servește de două blocuri de lemn A și B (fig. 28), în cari sunt săpate două cavități de formă hemisferică, așa că suprapunând blocurile cavitatea interioară are

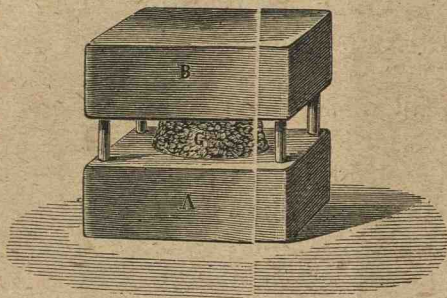


Fig. 28.

forma unei sfere. Introduce în cavități ghiață pisată și exercită asupra ei o presiune considerabilă prin ajutorul unei prese hidraulice. Din cauza presiunii, ghiața va fi redusă în bucățele mai mici și o parte din ea va trece în stare lcidă umplând spațiile dintre fragmente. Când suprimăm presiunea, lcidul se solidifică reunind între ele fragmentele de ghiață. Experiența arată că vom scoate din aparat o sferă de ghiață G transparentă (fig. 29).

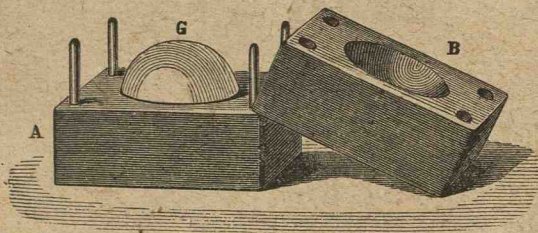


Fig. 29.

Se ia o bucată de ghiață (fig 30) pe care o susținem pe două suporturi. Se pune pe ghiață o sârmă metalică, la a cărei capete sunt legate două greutateți. Din

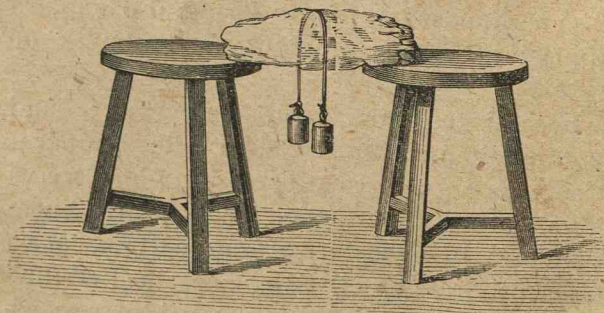


Fig. 30.

cauza presiunii exercitate de sârmă, punctele gheței în contact cu sârma se vor lificia și sârma va putea străbate în interiorul bucăței de ghiață; lcidul produs rămânând deasupra sârmei, unde nu se mai exercită presiune, se va solidifica reunind cele două secțiuni formate de sârmă.

Experiența următoare confirmă proprietatea ce au bucățile de ghiață a se lipi între ele în condițiile indicate maisus

Se ia o bucată de ghiață (fig 30) pe care

cauza presiunii exercitate de sârmă, punctele gheței în contact cu sârma se vor lificia și sârma va putea străbate în interiorul bucăței de ghiață; lcidul produs ră-

În acest mod sârma metalică va putea străbate tot blocul de gheață fără a-l despărți în două bucăți.

Solidificarea.

Solidificare. Legile solidificării.—Solidificarea este trecerea unui corp din stare ligidă în stare solidă prin *recire*; solidificarea este, deci, fenomenul invers topirei.

Când punem un termometru în o substanță ligidă supusă recirei, așa ca presiunea exercitată asupra corpului să fie invariabilă, experiența arată că temperatura descrește gradat până când o parte din masa ligidului se solidifică; din acest moment până ce toată masa ligidului este solidificată, termometrul continuă a indica neconținut aceiași temperatură. Acest fenomen se observă când corpul trece în un mod brusc din stare ligidă în stare solidă.

Legile solidificării, în cazul trecerei brusce din stare ligidă în stare solidă, sunt următoarele:

1) *O substanță ligidă, supusă la o presiune determinată, se solidifică totdeauna la aceeași temperatură. Temperatura de solidificare este aceeași ca și temperatura de topire a corpului.*

2) *Dacă presiunea exercitată asupra corpului este invariabilă, temperatura rămâne constantă în tot timpul solidificării.*

Căldura de solidificare.—Am văzut că temperatura unui corp rămâne invariabilă în tot timpul solidificării. Experiența arată că corpul degagiază căldură solidificându-se. Se numește *căldura de solidificare* cantitatea de căldură degagiată de unitatea de greutate a unui corp ligid când se solidifică fără a-și schimba temperatura. Pentru o substanță determinată, căldura de solidificare este egală cu căldura de topire.

Schimbarea volumului corpului în solidificare.—Când un corp trece din starea ligidă în starea solidă, în general își micșorează volumul; densitatea corpului, în acest caz, este mai mare în stare solidă decât în stare ligidă.

Unele corpuri, ca apa, fonta (tuciul), argintul, bismutul își măresc volumul când se solidifică; densitatea acestor corpuri în starea solidă este mai mică decât în starea ligidă. Astfel, densitatea gheței la 0° este 0,92, pe când densitatea apei la aceeași temperatură este 0,9998.

Mărirea volumului apei, ce trece din starea ligidă în starea solidă, precum și presiunea considerabilă exercitată de apa solidificată asupra pereților vasului ce o conțin, permit a explica o mulțime de fenomene.

Așa, tuburile prin care se aduce apa în orașe crapă, când apa din ele îngheață în timpul iernilor friguroase. Acelaș lucru se întâmplă cu carafele umplute cu apă și cari în timpul ernei sunt lăsate în camere a căror temperatură este sub 0° .

Tot prin înghețarea sevei din vasele vegetalelor în timpul ernilor reci se explică deteriorarea plantelor; de asemenea, stricarea fructelor și a legumelor este datorită înghețării apei conținute în celule și fibre.

Sunt petre poroase cari se sfarmă în timpul ernei. Aceste petre, care sunt niște calcare, absorb apa de ploae în porii lor; când apa îngheață, ea își mărește volumul și determină sfărâmarea petrei în bucăți.

Suprafuziunea. — Studiând topirea și solidificarea, am văzut că temperatura de topire coincide cu temperatura de solidificare a aceluiaș corp. Cu toate acestea, sunt cazuri când un corp poate fi menținut ligid sub temperatura de solidificare.

Se dă numele de *suprafuziune* fenomenului ce-l prezintă unele corpuri de a se menține licide sub temperatura normală de solidificare.

Vom da câteva exemple de corpuri cari prezintă fenomenul suprafuziunei.

Gay-Lussac a observat că apa fiartă prealabil, deasupra căreia se toarnă un strat de ulei și se conservă în un vas ce stă în repaus, poate fi răcită până la -12° C. fără să se solidifice; agitând însă vasul, toată masa ligidă îngheață. Dăpretz răcind apa în tuburi capilare, a arătat că acest corp se poate menține ligid până la temperatura de -20° C.

Sulful prezintă de asemenea fenomenul suprafuziunei. Sulful, a cărui temperatură normală de solidificare este $+111^{\circ}$, poate fi menținut ligid până la temperatura de $+5^{\circ}$, dacă 'l ținem în repaus în o disoluțiune de clorură de zinc, care are aceiaș densitate ca și sulful.

Fosforul alb se topește la $+44^{\circ},2$; cu toate acestea, el poate fi menținut ligid până la $+20^{\circ}$, când îl conservăm sub un strat de apă în un vas în repaus.

Când un corp este în stare ligidă sub temperatura sa

de solidificare, putem provoca solidificarea agitând vasul, ce conține ligidul, sau frecând cu o vergea de metal sau cu un baston de sticlă fundul și pereții vasului. Aceste mijloace mecanice nu sunt totdeauna eficace. Unicul mijloc sigur, pentru a determina solidificarea corpului suprafuzionat, consistă în a pune în contact cu corpul suprafuzionat un fragment din aceeași substanță în stare solidă.

Iată în ce mod d-l Gernez pune în evidență suprafuziunea fosforului precum și solidificarea acestui corp suprafuzionat.

În un balon mare de sticlă (fig. 31) plin cu apă se introduce tubul A, care conține la fund în B fosfor alb; fosforul din B este acoperit cu un strat de apă C. Temperatura apei din balon este indicată prin termometrul T. Se încălzește apa din balon până la o temperatură superioară celei de $44^{\circ}, 2$, care este temperatura de topire a fosforului. După ce tot fosforul s'a topit, luăm balonul de pe foc și-l lăsăm să se răcească. Din cauza masei considerabile de apă, răcirea balonului se va face foarte încet. Se va putea constata că, lăsând balonul în repaus, temperatura indicată de termometrul T

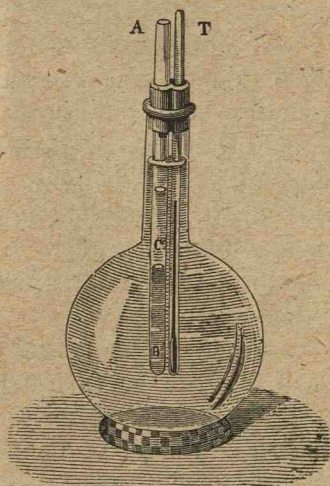


Fig. 31.

se va coborî până la 20° și fosforul va rămâne în stare ligidă. Experiența arată că în corpul suprafuzionat vom putea introduce o vergea de fer fără a reuși să producem solidificarea ligidului. Dacă însă, frecăm vergeaua de o bucată de fosfor solid așa ca de vergea să se lipiască un fragment de fosfor solid, experiența arată că solidificarea fosforului suprafuzionat se face instantaneu.

Trebue să observăm că solidificarea fosforului alb suprafuzionat nu se poate face decât atunci când îl punem în contact cu un fragment de fosfor alb; dacă atingem fosforul suprafuzionat cu un fragment solid de fosfor roșu, corpul va rămâne tot în stare ligidă. În un mod general, solidificarea unui corp suprafuzionat nu se poate face decât punându-l în contact cu un corp care ar avea aceeași structură moleculară

ca și corpul solid format din substanța suprafusională solidificată.

Când un corp suprafusionat se solidifică, el degajiază căldură și temperatura sa se ridică până la o temperatură care este egală sau puțin inferioară temperaturii de fusiune a corpului.

Disoluțiunea corpurilor solide în lichide.

Disoluțiunea solidelor în lichide. — Experiența arată că dacă punem sachar, sare de bucătărie în apă, aceste corpuri trec din starea solidă în starea ligidă și se difuză în toată masa apei. Licefierea produsă în acest mod constituie *disoluțiunea* corpului solid în ligid.

Un corp solid determinat poate fi solubil în unele lichide și insolubil în altele. Astfel, sacharul este solubil în apă și insolubil în alcool; grăsimile sunt insolubile în apă și solubile în benzină.

Lichidele disolvante mai uzitate sunt: apa, alcoolul, benzina, sulfura de carbon etc.

Coefficient de solubilitate. — Am văzut că, în fenomenul topirii, un solid se licefiează la o temperatură fixă. În fenomenul licefiării prin disoluțiune, corpul poate trece din starea solidă în starea ligidă la orice temperatură. Experiența arată că, la o temperatură dată, o greutate determinată de disolvant poate disolvi o greutate maximă de substanță solidă; soluțiunea, în acest caz, se zice că este *saturată*. Astfel, 100 grame de apă poate disolvi o cantitate maximă de 32^{gr}, 5 de nitrat de potasiu la 20°; aceeași greutate de apă poate disolvi 85 grame de nitrat de potasiu la 50° etc.

Se dă numele de *coeficient de solubilitate* la o temperatură determinată greutății maxime de substanță solidă pe care o poate disolvi unitatea de greutate a ligidului disolvant la aceia temperatură.

Coefficientul de solubilitate crește, în general, cu temperatura pentru cele mai multe din corpuri. Pentru unele corpuri, ca sarea de bucătărie, creșterea coeficientului de solubilitate se face foarte încet. Sunt corpuri la cari coeficientul

de solubilitate descrește cu temperatura; astfel sunt serurile de calciu.

Căldură de disoluțiune. — *atunci* Experiința arată că, când un corp solid se disolvă în un ligid, se produce o absorbire de căldura datorită: a) trecerii corpului din starea solidă în starea ligidă; b) difuziunii moleculelor corpului disolvit în masa disolvanțului. Această căldură absorbită constituie *căldura de disoluțiune*.

În cazul când nu intervine nici o acțiune chimică în fenomenul disoluțiunii, nu se observă decât o scădere de temperatură. Dacă intervine o acțiune chimică, două fenomene termice intervin: a) o ridicare, în general, de temperatură a disoluțiunii, datorită acțiunii chimice; b) o coborîre de temperatură datorită absorbirii căldurei de disoluțiune. După cum cantitatea de căldură datorită acțiunii chimice este mai mare, egală sau mai mică decât cantitatea de căldură de disoluțiune, temperatura disoluțiunii se va ridica, va rămâne staționară sau se va coborî.

Amestecuri frigorifere. — Amestecurile frigorifere, prin ajutorul căror putem răci corpurile, sunt bazate pe absorbirea de căldură în fenomenele topirei și disoluțiunii. Astfel, dacă amestecăm trei părți gheață cu o parte sare de bucătărie, se obține un amestec a cărui temperatură se coboară până la -21° C. Coborîrea de temperatură produsă în acest caz este datorită atât topirei gheței, care absoarbe căldura dela amestec, cât și disoluțiunii sărei de bucătărie în ligidul produs.

Un amestec frigorifer, cu care putem produce o coborîre de temperatură până la -50° , este format din patru părți clorur de calciu pulverizat și trei părți gheață pisată. Cu acest amestec refrigerent putem îngheța mercurul.

Adeseori se întrebuițează amestecuri frigorifere bazate pe disoluțiunea unui solid în un ligid. Astfel este amestecul format din 2 părți acid clorhidric și 3 părți sulfat de sodiu, cu care putem produce o scădere de temperatură de 27° . Un alt amestec frigorifer format de părți egale de azotat de amoniu și de apă produce o scădere de temperatură de 26° .

Pentru a răci corpurile solide, le introducem direct în amestecul frigorifer. Dacă voim a răci un ligid, îl turnăm prealabil în un vas de metal, pe care-l introducem apoi în amestecul frigorifer. Așa, pentru a face înghețată, turnăm li-

cidul sirupuos în vasul cilindric de metal AB (fig. 32) pe care-l introducem apoi în vasul C plin cu un amestec frigorifer, format în general din gheață și sare. Lichidul din AB va cedă căldură amestecului refrigerent; temperatura lichidului, coborîndu-se pîna la punctul de congelare, el va trece din stare lichidă în stare solidă. Pentru ca înghețarea lichidului să se facă mai repede, trebuie a mișcă neconținut cilindrul AB, punând astfel în contact moleculele lichide din AB cu amestecul refrigerent.

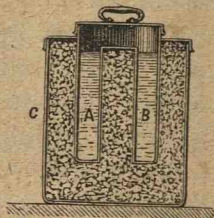


Fig. 32.

Cristalizarea. — Când moleculele unui corp lichefiat, ce trece în starea solidă, se dispun sub formă de *cristale*, adică de solide geometrice regulate cu fețele plane, trecerea corpului din starea lichidă în starea solidă se numește *cristalizare*.

Cristalizarea pe *calea umedă* se efectuează în cazul când corpul este dizolvat în un lichid; acest mod de cristalizare este cel mai usitat în laboratorii și în industrie.

Dacă solubilitatea corpului crește repede cu temperatura, cum este cazul azotatului de potasiu, producem cristalizarea în modul următor: se dizolvă pîna la saturațiune corpul în lichid la o temperatură superioară temperaturii ambiante și lăsam apoi soluțiunea să se răciască la temperatura ambiantă. Prin *recire*, dizoluțiunea va depune cristali de corpul dizolvat. Astfel putem cristaliza alunul, sulfatul de cupru, sulfatul de sodiu etc., dizolvându-i pîna la saturațiune în apă la 100° și lăsând apoi soluțiunea să se răcească.

Dacă solubilitatea corpului variază foarte puțin cu temperatura, cum este cazul clorurului de sodiu dizolvat în apă, dizolvim pîna la saturațiune corpul în lichid la temperatura ambiantă; *evaporînd* lichidul dizolvant, soluțiunea va depune cristali.

Cristalizarea se mai poate produce și pe *cale uscată* fără intervenirea unui dizolvant. Cristalizarea pe cale uscată se poate efectua: a) prin *topire*, când, după ce am lichefiat corpul prin topire, îl lăsam să se răciască încet; b) prin *sublimațiune*, când corpul încălzit, după ce a trecut direct din starea solidă în starea gazoasă, revine din nou la starea solidă. Ca exemplu de cristalizare pe cale uscată, putem cită sulful care cristalizează prin topire și arsenicul care cristalizează prin sublimațiune.

Intocmai ca și la solidificare, corpul cristalizând dega-
giază căldură.

Fenomene de suprasaturațiune.—Am văzut că o soluțiune saturată la o temperatură superioară temperaturii ambiante, lasă să se depună prin răcire o parte din solidul disolvat. Se poate întâmpla însă, ca o asemenea soluțiune să se mențină în această stare, chiar când este răcită ; soluțiunea se zice că este, în acest caz, *suprasaturată*.

Următoarea experiență pune în evidență fenomenele de suprasaturațiune. Să facem în un balon de sticlă o soluțiune saturată de sulfat de sodiu la o temperatură mai înaltă și să acoperim gâtul balonului cu o hârtie, pentru a împedica ca pulberea din atmosferă să cadă în balon ; experiența va arăta că soluțiunea răcită se poate menține în această stare un timp indefinit. Pentru a provoca cristalizarea soluțiunii, este de ajuns de a introduce cu o baghetă de sticlă în soluțiunea suprasaturată un cristal de sulfat de sodiu. O asemenea soluțiune cristalizează adeseori imediat când soluțiunea este în contact cu aerul atmosferic ; cauza este că pulberea din atmosferă conține cristali de sulfat de sodiu.

Putem repetă experiența cu o soluțiune suprasaturată de azotat de calciu ; pentru a provoca cristalizarea este de ajuns a introduce în soluțiunea suprasaturată un cristal de azotat de calciu.

Gernez a demonstrat experimental că putem produce cu certitudine cristalizarea unei soluțiuni suprasaturate, introducând în soluțiune un cristal *isomorf* cu substanța disolvată ; astfel, o soluțiune suprasaturată de alun ordinar cristalisă prin introducerea în soluțiune a unui cristal de alun de crom.

Fenomenele de suprasaturațiune sunt analoage fenomenelor de suprafuziune. Când în o soluțiune suprasaturată se formează cristali, se observă în acelaș timp degagiarea unei cantități sensibile de căldură. Pentru a verifica acest fapt, este suficient a aplică mânele pe balonul ce conține soluțiunea suprasaturată de sulfat de sodiu, în momentul când soluțiunea începe să depună cristali, se constată ridicarea de temperatură a balonului.

VAPORIZAREA. LICEFIAREA

Vaporizarea.

Vaporizare. Formarea vaporilor prin fierbere și evaporare.— Se numește *vaporizare* trecerea unui corp din starea ligidă în starea găzoasă. Fenomenul invers vaporizării este *liceifierea*.

Un ligid se poate transformă în vapori în două moduri : a) prin *ferbere*, când toată masa ligidului se transformă în vapori ; b) prin *evaporare*, când vaporii se produc numai la suprafața ligidului.

Licidele, cari se vaporizează la temperaturi puțin ridicate, se numesc licide *volatile*.

Formarea vaporilor în vid.

Formarea vaporilor în vid.— Dacă introducem un ligid în un spațiu vid, se observă formarea aproape instantanee de vapori, cari umplu spațiul vid. Putem pune în evidență formarea vaporilor în vid prin următoarea experiență :

Servindu-ne de aparatul (fig. 33) format din tuburile barometrice A și B, în cari nivelele mercurului sunt la aceeași înălțime, se introduce în barometrul B prin ajutorul unei pipete câteva picături de un ligid volatil, de exemplu de apă, alcool sau ether. Ligidul fiind mai ușor decât mercurul, se va ridica până la vârful coloanei, se va transformă aproape instantaneu în *vapori*, producând depresiunea coloanei mercuriale din C în D. Puterea elastică a vaporilor produși va fi măsurată prin presiunea coloanei de mercur a cărei înălțime este CD. Dacă înălțimile coloanelor mercuriale din tuburile A și B sunt reprezentate prin I și I',

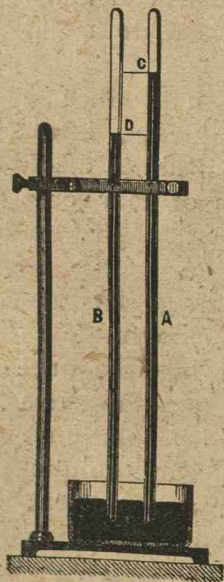


Fig. 33.

puterea elastică a vapoarei va fi exprimată prin diferența I—I' a înălțimilor coloanelor de mercur.

Să presupunem că temperatura este menținută constantă; introducând din nou câteva picături de ligid în camera barometrică, vom observă din nou o depresiune a mercurului din B. Continuând cu experiențele, vom ajunge un moment când ligidul introdus în B nu se mai vaporizează; în acest caz, când vapoarea este în contact cu ligidul din care se formează, experiența arată că nivelul mercurului în tubul B rămâne invariabil.

Vapori saturați. — Să presupunem că am introdus în camera barometrică o cantitate suficientă de ligid, așa că, după vaporizare, vaporii să rămână în contact cu un strat ligid depus la suprafața mercurului din tub. Spațiul, care conține vaporii, este saturat de vaporii; se zice că *vapoarea este saturantă*.

Când vapoarea este saturantă la o temperatură dată, forța elastică a vapoarei rămâne invariabilă, oricare ar fi spațiul ocupat de vapoare în camera barometrică. În adevăr, să presupunem că tubul A (fig. 34), care poate fi înplântat în rezervoriul mai larg și adânc R, conține vapori saturați. Introducând tubul A în R, după cum se vede în B și C, vapoarea va fi neconținut saturantă, cantitatea ligidului ce plutește pe suprafața mercurului se mărește prin lificarea vapoarei, iar înălțimea coloanei mercuriale rămâne neconținut aceeași. Invariabilitatea coloanei mercuriale probează că forța elastică a vapoarei saturante la o temperatură dată este constantă.



Fig. 34.

Vapori nesaturați. — Să presupunem că ridicăm suficient tubul barometric A (fig. 34), așa că tot spațiul deasupra mercurului să fie ocupat cu vapoare. Se zice că vapoarea este, în acest caz, *nesaturantă*.

Experiența arată că forța elastică a vapoarei se micșorează pe măsură ce volumul ocupat de vapoare crește. Dacă presupunem că tubul A este divizat prealabil în părți de egală capacitate, menținând temperatura constantă și măsurând la fiecare experiență volumul ocupat de vapoare și forța sa elastică, vom putea ușor verifica că vaporii urmează ca și gazele legea lui Boyle-Mariotte.

Experiența arată de asemenea că o vapoare nesaturantă urmează legea lui Gay-Lussac și coeficienții de dilatațiune a unei vapori au aproape aceleași valori ca și coeficienții de dilatațiune a gazelor.

Puterea elastică maximă a vaporilor la o temperatură dată.—Dacă afundăm tubul conținând vapoarea nesaturantă în rezervoriu, forța elastică a vapoarei se mărește neconținut până ce apare prima picătură de ligid. Dacă continuăm a introduce tubul în rezervoriu, s'a văzut că cantitatea de ligid se mărește dar forța elastică a vapoarei rămâne constantă. *Forța elastică a vapoarei saturante este, deci, forța elastică maximă ce poate s'o aibă vapoarea la o temperatură dată.*

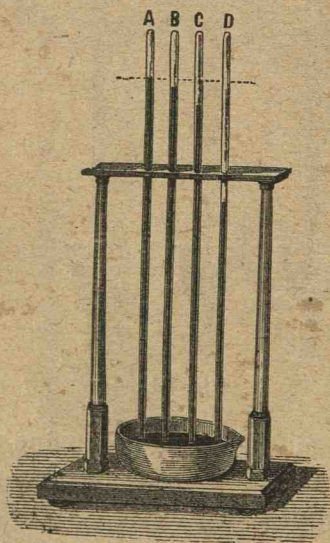


Fig. 35.

Puterea elastică maximă a vaporilor de natură diferită la aceeași temperatură.—Puterea elastică maximă la o temperatură determinată variază de la un ligid la altul. Putem pune în evidență această variabilitate și tot-odată să măsurăm forța elastică maximă a vapoarei la o temperatură determinată în modul următor :

Mai multe barometre A, B, C, D, (fig. 35) sunt cufundate în același rezervoriu; mercurul din tuburi se află, deci, la începutul experienței la același nivel. Se introduce în camera barometrică a tubului B apă în cantitate suficientă, așa că vapoarea produsă, fiind în contact cu ligidul generator, va fi saturantă; în un mod analog, se vor introduce vapori saturanți de alcool în C și vapori saturanți de ether în D. Experiența arată că nivelul mercurului va scădea

în tubul B; o depresiune a mercurului mai pronunțată va fi produsă în tubul C; în fine, depresiunea cea mai mare este în D. Diferențele între înălțimile coloanelor de mercur din tubul A și tuburile B, C și D, măsoară forțele elastice maxime a vaporilor saturați de apă, alcool și ether. Această experiență comparativă arată că, la o temperatură dată, forța elastică maximă a vaporilor de natură diferită depinde de natura substanței.

Forța elastică maximă a unei vapoare crește cu temperatura.—Putem pune în evidență că forța elastică maximă a unei vapori crește cu temperatura, servindu-ne de aparatul (fig. 33), în care este introdusă în camera unui din barometre o vapoare saturantă. Ambele barometre sunt înconjurate de un cilindru de sticlă conținând apă încălzită la diverse temperaturi. Experiența arată că, cu cât temperatura mediului în care este introdus tubul barometric cu vapoarea saturantă este mai ridicată, cu atât mercurul descinde mai jos în acel tub și diferența între coloanele mercuriale din barometrul propriu zis și barometrul cu vapoare saturantă devine mai pronunțată.

Dacă presupunem că, după ce am înconjurat tuburile barometrice de mai sus cu cilindrul cu apă încălzită, lăsăm să se răcească apa, experiența arată că mercurul se ridică în tubul cu vapoare saturantă; forța elastică a vapoarei saturante descrește, deci, pe măsură ce temperatura se coboară.

Forța elastică a vaporilor conținuți în un mediu a cărui temperatură nu este aceeași în toată întinderea sa. Principiul lui Watt. — Să presupunem că tubul barometric conținând vapoarea saturantă (fig. 36) este terminat prin o sferă B, introdusă în un vas C a cărui temperatură este t . De altă parte, liciul generator A în contact cu vapoarea este la o temperatură T mai mare decât t .

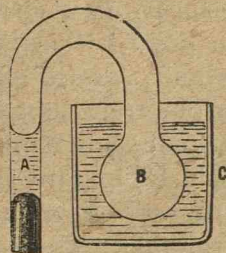


Fig. 36.

Pentru ca vapoarea să fie în echilibru este necesar ca forța elastică a vapoarei să fie aceeași în toate punctele ei. Forța elastică a vapoarei la temperatura T fiind mai mare, după cele văzute, decât la temperatura t , urmează că, pentru a avea echilibrul, vapoarea va

trece din A în B, unde venind în contact cu peretele răcit la temperatura t se va condensă. În urma acestei condensări, forța elastică a vapoarei din A se va micșora dar va fi mai mare decât forța elastică a vapoarei din B. Această diferență de presiune va determina formarea unei noi cantități de vapori, care va trece din A în B unde se va condensă. Fenomenul se va repeta până când tot licidul din A va fi vaporizat și condensat în B; în acest caz, forța elastică a vaporilor în toată întinderea lor este cea corespunzătoare temperaturii t . Putem deci enunția următorul principiu, cunoscut sub numele de principiul lui Watt: *forța elastică a vaporilor conținuți în un mediu a cărui temperatură nu este aceeași în toate părțile sale este cea corespunzătoare temperaturii celei mai inferioare, când echilibrul forțelor elastice este stabilit.*

Determinarea puterilor elastice maxime a vapoarei de apă la diverse temperaturi.

Generalități.—Cunoașterea puterilor elastice maxime a vapoarei de apă la diverse temperaturi prezintă un interes atât științific cât și practic, din cauza aplicațiunelor industriale ale vaporilor de apă. Vom descrie experiențele și metodele cele mai importante pentru determinarea acestor forțe elastice.

Măsura puterilor elastice maxime a vapoarei de apă între 0° și 100° . **Experiențele lui Dalton.**—Aparatul, cu care Dalton măsură forțele elastice între 0° și 100° , este format (fig. 37) din două barometre A și B, din cari A este un barometru ordinar, iar cel al doilea B conține vapoare saturantă de apă. Barometrele sunt introduse prin bazele lor în același rezervoriu cu mercur C. Ele sunt înconjurate cu cilindrul de sticlă D, în care se toarnă apă ce poate fi încălzită prin un furnal. Temperatura apei este dată de unul sau mai multe termometre implantate la diferite înălțimi în acest licid. Un agitator E permite a face ca licidul din cilindrul D să aibă o temperatură uniformă.

Pentru a măsură forța elastică a vapoarei saturante de apă la o temperatură t , coprinsă între 0° și 100° , temperatura cunoscută prin ajutorul termometrelor introduse în licid, se

va determina cu precizie înălțimea coloanei de mercur cuprinsă între suprafețele libere ale mercurului din tuburile A și B. Această înălțime citită la t^0 va fi exprimată în înălțime de mercur la 0^0 . Dacă i este diferența de nivel a coloanelor de mercur la t^0 și k coeficientul de dilatațiune a mercurului, înălțimea mercurului la 0^0 este

$\frac{i}{1+kt}$. Fiindcă vapoarea este saturantă, se

observă pe suprafața mercurului din B un strat ligid de apă a cărui înălțime este i' ; înălțimea i' exprimată în înălțime de mercur

este $\frac{i'}{d}$, d fiind densitatea mercurului.

Pentru a avea forța elastică maximă a vapoarei la t^0 , va trebui să scădem din diferența de nivel a mercurului din tuburile A

și B înălțimea $\frac{i'}{d}$. Forța elastică maximă f

la această temperatură este, deci:

$$f = \frac{i}{1+kt} - \frac{i'}{d}.$$

Rezultatele obținute cu aparatul lui Dalton nu sunt tocmai precise. În adevăr, când voim a face o determinare, trebuie a mișcă ligidul

pentru a avea o temperatură uniformă în toată masa sa; mișcarea ligidului se transmite însă și la mercurul din tuburile A și B, așa că va trebui, după ce încetăm să mișcăm agitatorul, să lăsăm ca ligidul să vină în starea de repaus; dar, în acest caz, numai avem certitudinea că temperatura ligidului este aceeași în toată masa sa. Afară de aceasta, înălțimile coloanelor de mercur se observă prin cilindrul de sticlă D; pereții cilindrului prezentând grosimi diferite, vârfurile coloanelor de mercur vor apărea mai ridicate sau mai coborâte tocmai ca și cum le-am observă prin niște lame prismatice.

Experiențele lui Regnault pentru măsura forțelor elastice ale vaporilor de apă între 0^0 și 60^0 . — Regnault, pentru a evita erorile semnalate în experiențele lui Dalton, se servește de un aparat (fig. 38) în care cilindrul de sticlă este înlocuit prin o cutie paralelipipedică, care încunjură partea

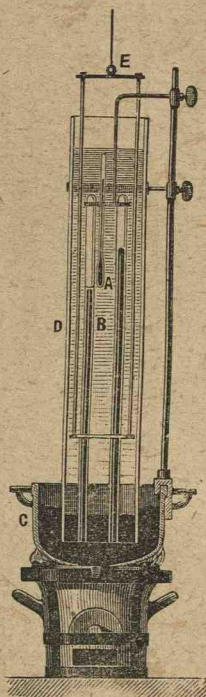


Fig. 37.

superioară a tuburilor A și B. Cutia este prevăzută cu o sticlă plană cu fețele paralele și este încălzită prin lampe cu alcool.

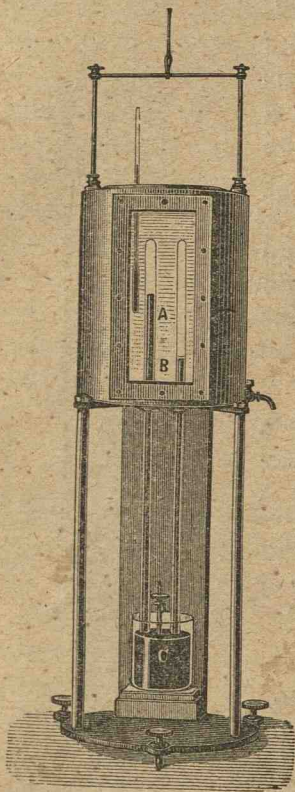


Fig. 38.

Rezervoriul C fiind independent de liciul din cutie, agitarea liciului din cutie nu va produce mișcări în mercurul din tuburile A și B, așa că temperatura va putea fi observată odată cu agitarea liciului. De altă parte, fețele plane ale sticlii permit a ceti cu exactitate diferența de nivel a mercurului din tuburile A și B.

Din cauză că coloana mercurială din tubul B descrește pe măsură ce temperatura crește, Regnault efectuează determinări de forțe elastice prin acest aparat pentru temperaturi cuprinse între 0° și 60° .

Măsura forțelor elastice ale vapoarii de apă la temperaturi mai mari de 60° . Experiențele lui Regnault. — Regnault a determinat forțele elastice ale vapoarei de apă între 60° și 230° prin o metodă foarte precisă. Principiul acestei metode este următorul : *forța elastică a vapoarei unui liciid în ferbere este egală cu presiunea exercitată asupra liciidului, temperatura ferberii rămânând invariabilă*

în tot timpul cât presiunea este constantă. Prin urmare, efectuând asupra unui liciid o presiune determinată și apoi încălzindu-l, vom observa temperatura t la care liciidul ferbe ; forța elastică maximă a vaporilor produși de liciidul care ferbe la t° este egală cu presiunea exercitată asupra liciidului, presiune ce se poate ușor măsura prin ajutorul manometrelor.

Aparatul, de care s'a servit Regnault în aceste determinări, este format din o căldare de cupru A (fig. 39) care conține apă, și la care sunt adaptate mai multe tuburi metalice de lungimi diferite închise la capătul de jos. În aceste tuburi sunt introduse termometrele a , b , cari vor da temperaturile vapoarii în diverse puncte ; media acestor temperaturi va fi temperatura vapoarii produsă de liciidul în ferbere.

Căldarea A comunică prin tubul BC cu un rezervoriu de capacitate mare, care conține aer; grație robinetului E, rezervoriul poate fi pus în comunicațiune prin tubul F sau cu o mașină pneumatică sau cu o pompă de compresiune, așa că putem exercită presiuni variabile asupra liciului din căldarea A. Tubul BC este înconjurat cu cilindrul D, în care

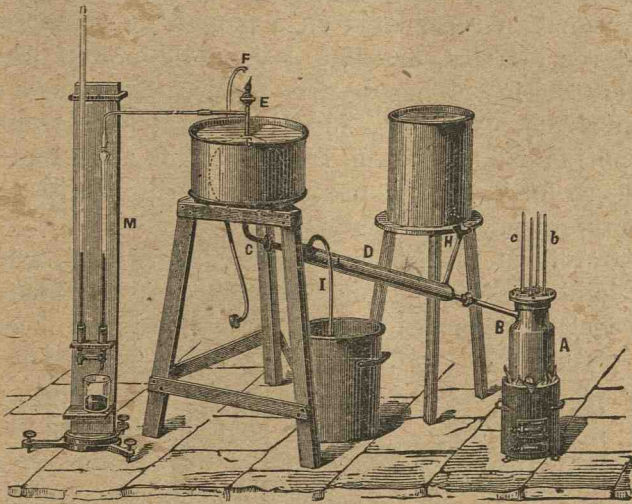


Fig. 39.

circulă neconținut un curent de apă rece de la H la I; vaporii, cari ar trece din căldarea A în tubul BC, sunt condensați și cad în căldare; în acest mod, presiunea exercitată asupra liciului este menținută constantă. Rezervoriul este de asemenea introdus în un vas mare cu apă, pentru a avea neconținut o temperatură constantă.

Să măsură presiunea, ce se exercită asupra liciului, prin manometrul barometric M sau prin un manometru cu aer liber, după cum presiunile sunt mai mici sau mai mari de o atmosferă.

Pentru a face o măsură de forță elastică, se introducea sau se rareficia aerul din rezervoriu, stabilindu-se o presiune determinată; se încălzia căldarea A și se observă momentul când temperatura indicată de termometre rămânea staționară. Această temperatură t este temperatura ferberii liciului sub presiunea citită la manometrul M. Forța elastică

f a vapoarei produse de ligidul care ferbe la t° este tocmai presiunea indicată de manometru.

Pentru determinarea forțelor elastice corespunzătoare la temperaturi cuprinse între 60° și 100° , Regnault rareficia aerul din rezervoriu cu mașina pneumatică; pentru forțele elastice corespunzătoare la temperaturi superioare de 100° , aerul eră comprimat în rezervoriu cu o pompă de compresiune.

Puterea elastică maximă a vaporilor emiși de gheață la temperaturi inferioare de zero grade.—Sunt unele corpuri solide ca gheața, camforul, iodul, substanțele odorante, cari emit vapori fără a fi lichefiate. S'a profitat de acest fapt pentru a se măsura forța elastică maximă a vaporilor emiși de gheață la temperaturi sub zero grade.

Aparatul, cu care facem aceste determinări, este bazat pe principiul lui Watt. Două barometre A și B sunt cufundate în același rezervoriu C (fig. 40). B este un barometru

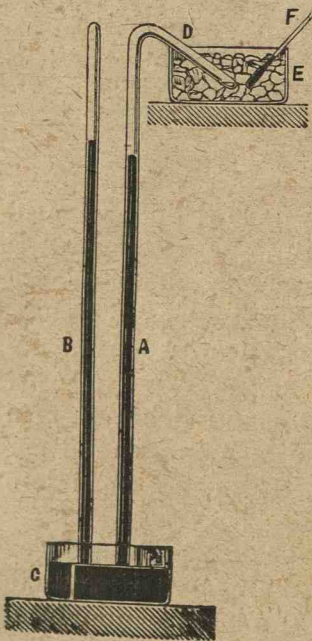


Fig. 40.

ordinar; A este recurbat la partea superioară și se termină prin ramura D, care poate fi introdusă în un vas E ce conține un amestec refrigerent. Temperatura sub zero grade a amestecului frigorifer este dată de termometrul F.

O mică cantitate de apă este introdusă în barometrul A. Conform principiului lui Watt, forța elastică a vapoarei va fi aceea corespunzătoare temperaturii din ramura răcită D introdusă în vasul E. Experiența arată, că ligidul de la partea superioară a mercurului din A va distila în ramura D, unde va îngheța; totodată se va constata o coborîre a mercurului din A. Diferința de nivel a mercurului din tuburile B și A măsoară forța elastică a vaporilor emiși de gheață la temperaturi inferioare de zero grade, temperaturi cari vor fi cetite prin ajutorul termometrului F.

Valori numerice ale puterii elastice maxime a vapoarei

de apă.— Vom indica puterile elastice maxime ale vapoarei de apă după Regnault și Magnus, cari au determinat cu precizie în același timp, primul în Franția cel al doilea în Germania, aceste constante fisice.

În tabloul de mai jos sunt indicate puterile elastice maxime, evaluate în centimetri de mercur, ale vapoarei de apă între -30° și $+100^{\circ}$.

Temperatura	Puterea elastică maximă în centimetri de mercur
	cm.
-30°	0,039
-20°	0,093
-10°	0,209
0°	0,460
$+10^{\circ}$	0,916
20°	1,739
30°	3,155
40°	5,491
50°	9,198
60°	14,879
70°	23,309
80°	35,464
90°	52,545
100°	76,000

În tabloul de mai jos sunt notate temperaturile cuprinse între 100° și 230° la cari corespund puterile elastice ale vapoarei de apă de 1, 2, 3 etc. atmosfere.

Temperaturi	Puterea elastică maximă în atmosfere
100°	1
121°	2
135°	3
145°	4
153°	5
181°	10
215°	20
230°	28

Pentru a avea puterile elastice ale vapoarei de apă între

100° și 230° în centimetri de mercur, este suficient a înmulți numărul de atmosfere din tabloul de mai sus cu 76, știind că o atmosferă este evaluată prin o coloană de mercur a cărei înălțime este de 76 centimetri.

Puterea elastică a vapoarei de apă în dyne. Tabelele precedente indică puterea elastică a vapoarei de apă în centimetri de mercur. Pentru a avea puterea elastică în dyne, vom raționa astfel :

Fie f înălțimea coloanei de mercur în centimetri, care reprezintă forța elastică maximă a vapoarei ; greutatea p în grame exercitată de această coloană de mercur asupra unui centimetru pătrat este :

$$p=1^2 \times f \times 13,59 \text{ grame,}$$

unde 13,59 este densitatea mercurului.

Știind că un gram valorează aproximativ 981 dyne, forța elastică exercitată de vapoare pe un centimetru pătrat va fi în dyne :

$$p \times 981 = 1^2 \times f \times 13,59 \times 981 = f \times 13,59 \times 981.$$

Formule reprezentând forțele elastice maxime ale vapoarei de apă.—S'au propus mai multe formule prin ajutorul cărora se pot reprezenta forțele elastice maxime ale vapoarei de apă în funcțiune de temperatură.

Formula următoare, propusă de Biot și utilizată de Regnault pentru reprezentarea experiențelor sale, este actualmente adoptată :

$$\log f = a - b \alpha^{t+20} - c \beta^{t+20}.$$

În această formulă, f reprezintă puterea elastică a vapoarei, t temperatura, a , b , c , α , β sunt cinci constante. În fiecare experiență, se determină valoarea lui f corespunzând la o temperatură t determinată ; privind constantele a , b , c , α , β ca necunoscute, va fi necesar cinci ecuațiuni de primul grad cu cinci necunoscute ; va trebui deci să luăm valorile corespunzătoare a lui f și t din cinci experiențe, pentru a cunoaște valoarea fiecărei din constante.

Formula lui Duperray. Duperray a propus, pentru necesitățile industriei, o formulă foarte simplă pentru reprezentarea forței elastice a vaporilor în funcțiune de temperatură între 100° și 230°. Formula lui Duperray este :

$$f = \left(\frac{t}{100} \right)^4,$$

unde f reprezintă puterea elastică, evaluată în kilograme, exercitată de vaporii de apă pe un centimetru patrat și t temperatura.

Dacă temperatura t este de 100 grade, formula precedentă indică că forța elastică exercitată de vapoarea de apă la 100° pe un centimetru pătrat este de un kilogram; dacă $t=200$, forța elastică în acest caz este de 16 kilograme. Aceste cifre corespund cu rezultatele obținute experimental de Regnault și Magnus.

Puterile elastice maxime ale vaporilor produși de diferite licide.— Regnault, servindu-se de metodele descrise, a determinat forțele elastice maxime a vaporilor produși de licide diferite. El a stabilit că forța elastică maximă f ale acestor vapori în funcțiune de temperatura t poate fi exprimată prin formula de forma :

$$\log f = a + b \alpha^t + c \beta^t,$$

unde a , b , c , α , β sunt cantități constante.

În tabela următoare sunt indicate puterile elastice maxime, evaluate în centimetri de mercur, ale vaporilor produși de mercur, alcool și ether.

Temperatura	Mercur	Alcool	Ether
— 20°		0,334	
0°	0,002	1,270	6,890
+ 10°		2,423	18,439
20	0,003	4,446	28,683
30		7,852	43,278
50		21,990	63,480
75		66,554	126,483
100	0,074	169,755	264,541
150	0,426	731,840	495,330

Tabela de mai sus ne arată că forța elastică a vapoarei de mercur este foarte mică; din această cauză se neglijează, fără eroare sensibilă, în determinările barometrice și manometrice forța elastică a vaporilor emiși de mercur.

Puterile elastice maxime ale vaporilor produși de disoluțiunile saline.— Babo și Wüllner au studiat cei dintâi forțele elastice maxime produse de disoluțiunile saline. Ei au stabilit că puterile elastice ale disoluțiunilor saline la o temperatură determinată sunt mai mici decât puterile elastice produse de ligidul disolvant pur la aceeași temperatură. Pute-

rile elastice ale disoluțiunilor sunt cu atât mai mici cu cât disoluțiunea este mai concentrată. Trebuie să observăm că vapoarea produsă este vapoare de natura licidului disolvat; așa, dacă licidul disolvant este apa, disoluțiunea salină va emite vapori de apă.

Aplicațiuni ale forțelor elastice maxime ale vaporilor de apă.—Vom indica aci, ca aplicațiune a forțelor elastice maxime ale vaporilor de apă, determinarea precisă a celui al doilea punct fix al termometrului centigrad.

Regnault a studiat forțele elastice maxime ale vapoarei de apă între 85° și 101° în zecimi de grad. Tabela de mai jos dă valorile acestor forțe elastice maxime între temperaturile 99° și 101° evaluate în centimetri de mercur.

Temperaturi	Puterile elastice maxime ale vapoarei de apă în centimetri de mercur
99,0	73,321
99,1	73,585
99,2	73,850
99,3	74,116
99,4	74,383
99,5	74,650
99,6	74,918
99,7	75,187
99,8	75,457
99,9	75,728
100,0	76,000
100,1	76,273
100,2	76,546
100,3	76,820
100,4	77,095
109,5	77,371
100,6	77,648
100,7	77,926
100,8	78,204
100,9	78,483
101,0	78,763

Această tabelă permite a cunoaște puterile elastice maxime ale vapoarei de apă între 99° și 101° sau reciproc temperaturile la cari ferbe apa sub presiunile coprinse între 73,^{cm.}321 și 78,^{cm.}763.

Pentru a determină cu precisiune al doilea punct fix al

termometrului centigrad, vom introduce termometrul în vaporii de apă care ferbe sub presiunea atmosferică I cefită la un barometru vecin. Vom căuta în table care este temperatura corespunzătoare forței elastice I; aceasta va fi temperatura exactă ce convine celui al doilea punct fix al termometrului.

Producerea vaporilor în un spațiu limitat ocupat de un gaz. Legile amestecului gazelor cu vaporii.

Producerea vaporilor în un spațiu limitat-ocupat de un gaz. — Să presupunem că un licid se vaporizează în un spațiu limitat ocupat de un gaz. Experiența arată că forța elastică a vaporilor produși în acest caz este egală cu forța elastică pe care o ar avea vaporii formați în același spațiu vid la aceeași temperatură.

Astfel, dacă licidul s'ar vaporiza complet în spațiul ocupat de gaz, forța elastică a acestor vapori nesaturanți este egală cu forța elastică a vaporilor produși în același spațiu vid. Acești vapori nesaturanți urmează legile lui Boyle-Mariotte și Gay Lussac.

Dacă vaporii produși în spațiul ocupat de gaz sunt saturanți, forța lor elastică este maximă și este aceeași în spațiul vid sau în spațiul egal ocupat de gaz.

Producerea vaporilor în un spațiu limitat ocupat de un gaz a fost studiată mai întâiu de Dalton, apoi de Gay-Lussac și Regnault.

Gay-Lussac a verificat că forța elastică maximă a vaporilor produși în un spațiu limitat este aceeași, fie că spațiul ar fi vid sau ocupat de un gaz, prin ajutorul unui aparat (fig. 41) format din două tuburi de sticlă A și B, cari comunică între ele; la extremitatea tubului A este adaptată o garnitură metalică prevăzută cu un robinet. Același tub este prevăzut la partea superioară cu

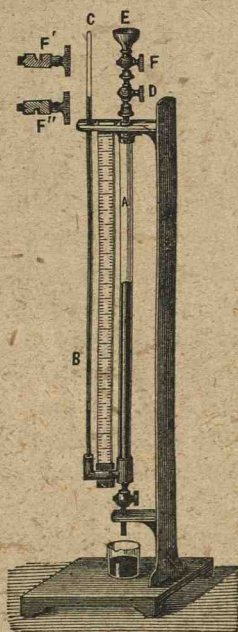


Fig. 41.

robinetul D și o piuliță la care se poate înșurubă pâlnia cu robinetul E. Robinetul F al pâlnii E este de formă specială; perpendicular la axul robinetului F este săpată parțial o mică cavitate, destinată a conține ligidul supus vaporizațiunii. O scară gradată este interpusă vertical între tuburile A și B.

Pentru a face experiențele, vom începe prin a disșurubă dela aparat pâlnia E. Inchizând robinetul ce termină tubul A, vom uscă tuburile A și B făcând să treacă prin aparat un curent de aer uscat. Vom turna apoi mercur în tubul A și, după ce-l vom umplea până la vârf, îl vom pune în comunicațiune cu un rezervoriu cu aer sau cu gaz uscat la presiunea atmosferii. Deschizând în urmă robinetul dela baza tubului A, vom lăsa mercurul să curgă parțial din aparat; spațiul liber de mercur rămas în tubul A va fi umplut cu gaz uscat la o presiune inferioară presiunii atmosferice. Pentru a limita în tubul A un volum de aer uscat la presiunea atmosferică, vom turna prin C în tubul B mercur în cantitate suficientă, așa ca nivelul mercurului să fie același în tuburile A și B.

Rămâne a introduce vapoare saturantă în spațiul ocupat de gazul uscat. După ce am înșurubat pâlnia E la piulița cu care este prevăzută garnitura metalică dela partea superioară a tubului A, vom fixa robinetul F în pozițiunea F' indicată în figură și vom turna un ligid volatil, de exemplu apă, în pâlnie. Intorcând robinetul F cu 180° dela pozițiunea primitivă, după cum se vede în F'', vom face ca ligidul să cadă picătură cu picătură în spațiul ocupat de gaz în tubul A. Vom continua această operațiune până când o picătură de ligid, căzută în tubul A, nu se mai vaporizează. Vom constata că, pe măsură ce ligidul se vaporizează, mercurul descinde în tubul A și se ridică în B. Când vaporizarea a încetat, nivelele mercurului rămân staționare în A și B. Turnăm atunci mercur în tubul B, pentru a readuce volumul ocupat de gaz și de vapoare la volumul inițial; experiența arată că mercurul este mai ridicat în tubul B decât în A. Volumul gazului fiind readus la volumul inițial, forța sa elastică este egală cu presiunea atmosferică; înălțimea coloanii de mercur între suprafețele libere ale mercurului din tuburile B și A măsoară forța elastică a vapoarii saturante în spațiul ocupat de gaz la temperatura t a experienței. Dacă comparăm această forță elastică cu forța

elastică maximă a vapoarei produse în spațiul vid la aceeași temperatură, se constată că aceste forțe elastice sunt egale.

Regnault a mai verificat experimental că forțele elastice ale vaporilor nesaturanți sunt aceleași în spațiul vid sau ocupat de gaz la o temperatură determinată.

Trebue să observăm, că gazele și vaporii pe cari le amestecăm, dând naștere fenomenelor descrise, nu au nici o acțiune chimică între ele.

Legile amestecului gazelor cu vaporii.—Aceste legi, cunoscute sub numele de legile lui Dalton, sunt următoarele :

1) *O vapoare are aceeași forță elastică în un spațiu umplut cu gaz sau vid, temperatura fiind aceeași în ambele cazuri.*

Vapoarea se va produce în aceeași cantitate în spațiul vid sau umplut cu gaz. Experiența arată că formarea vapoarii în spațiul ocupat de gaz este cu atât mai lentă, cu cât forța elastică a gazului este mai mare.

2) *Forța elastică a unui amestec de gaze și de vapori este egală cu suma forțelor elastice a tuturor gazelor și vaporilor, cari formează amestecul, fiecare din gaze și vapori fiind considerat ca având un volum egal cu volumul total al amestecului.*

Densitatea vaporilor.

Definițiune.— Se definește densitatea unei vapoare, în raport cu aerul atmosferic, raportul între masa unui volum oarecare de vapoare și masa aceluiași volum de aer atmosferic, volumele fiind luate în aceleași condițiuni de presiune și temperatură.

Din cauza proporționalității greutateților cu masele în un loc determinat de pe glob, putem defini densitatea unei vapori prin raportul greutateților a două volume egale de gaz și de aer măsurate în aceleași condițiuni de presiune și de temperatură.

Această definițiune este analoagă cu definițiunea densității unui gaz în raport cu aerul atmosferic. Pentru ca densitatea unei vapori, definită astfel, să fie o cantitate constantă, se cere ca vapoarea să fie nesaturantă și destul de îndepărtată de punctul ei de condensățiune pentru a-i putea aplica legile lui Boyle-Mariotte și Gay-Lussac.

Fie p grame greutatea vapoarei care ocupă volumul v centimetri cubi la temperatura t și sub presiunea i . Greutatea p' a unui volum egal de aer în aceleași condițiuni de presiune și de temperatură este, după cele văzute :

$$p' = v \times 0,001293 \times \frac{1}{1 + \alpha t} \times \frac{i}{760}$$

α fiind coeficientul de dilatațiune pe care-l vom lua egal cu 0,00366.

Densitatea d a vapoarei va fi :

$$d = \frac{p}{p'} = \frac{p(1 + \alpha t) 760}{v \times i \times 0,001293}$$

Vom descrie metoda lui V. Meyer, una din cele mai în-
trebuințate pentru determinarea densității vaporilor nesaturanți.

Aparatul lui V. Meyer (fig. 42) este format de un tub

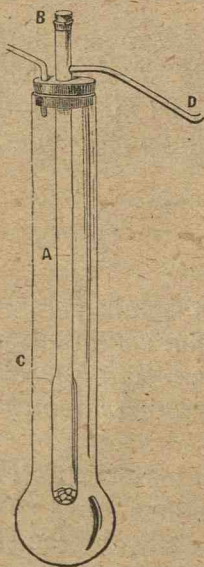


Fig. 42.

cilindric de sticlă A, ceva mai larg la bază, și care poate fi astupat cu dopul B. Tubul A este introdus în un cilindru de diametru larg C, prin care trece un curent de vapoare produsă de un lichid în ferbere. Tubul A este prevăzut la partea superioară cu un tub lateral de degajare D, de un diametru cam de un milimetru.

Tubul A fiind încălzit de vapoarea ce circulă în C, se așteaptă un timp suficient pentru ca temperatura în tubul A să fie constantă, ceea ce se cunoaște după faptul că globule de aer nu se mai degajiază prin tubul D. După ce s'a determinat prealabil greutatea p a lichidului introdus în un balonaș de sticlă, închis cu un dop ros de aceeași substanță, lăsăm să cadă balonașul în tubul A, în fundul căruia este pus un strat de amiant. Se închide repede cu dopul B tubul A. Se adaptează, în urmă, la tubul de degajare D o prubetă gradată în centimetri cubi și plină cu apă, destinată a culege aerul gonit de vapoarea formată. Este evident că volumul aerului gonit este egal cu volumul vapoarei produse, în condițiuni egale de temperatură și presiune.

Fie v volumul în centimetri cubi a prubetei în care cu-

legem aerul; fie t temperatura ambientă și i presiunea la care este închis aerul din probetă. Greutatea p' a volumului de aer, cules în probetă, este :

$$p' = 0,001293 \times v \times \frac{1}{1 + \alpha t} \times \frac{i}{760}$$

Densitatea d a vapoarei va fi deci :

$$d = \frac{p}{p'} = \frac{p(1 + \alpha t) 760}{0,001293 \times v \times i}$$

Presiunea i este egală cu presiunea atmosferică I, citită la un barometru, micșorată cu înălțimea coloanei de apă deasupra nivelului lichidului din rezervoriu în probeta de degajare, această înălțime fiind evaluată în coloană de mercur; dacă i' este înălțimea coloanei de apă în probeta de degajare, $\frac{i'}{13,5}$ reprezintă această înălțime evaluată în coloană de mercur. Vom avea deci :

$$i = I - \frac{i'}{13,5}$$

Dacă probeta de degajare este introdusă suficient în vasul cu apă, așa ca nivelul lichidului să fie același în vas și în probeta de degajare, presiunea i la care este închis aerul este tocmai înălțimea barometrică I.

Influența presiunii și a temperaturii asupra densității vaporilor. Densitate teoretică. Densitate limită. — S'a văzut că densitatea unei vapori este dată prin relațiunea :

$$(1) \quad d = \frac{p}{0,001293 \times \frac{v}{1 + \alpha t} \times \frac{i}{760}}$$

unde v reprezintă volumul ocupat de vapoare la temperatura t sub presiunea i și p este greutatea vapoarei.

Să presupunem că determinăm densitatea aceleiași substanțe, operând asupra aceleiași greutateți de vapoare în condițiuni diferite de presiune și temperatură; fie v' , i' , t' volumul, presiunea și temperatura vapoarei în aceste condițiuni. Densitatea d' a vapoarei va fi :

$$(2) \quad d' = \frac{p}{0,001293 \times \frac{v'}{1 + \alpha t'} \times \frac{i'}{760}}$$

Divizând relațiunea (1) cu (2), deducem :

$$(3) \quad \frac{d}{d'} = \frac{v' i'}{v i} \times \frac{1 + \alpha t}{1 + \alpha t'}$$

Pentru ca densitatea unei vapori să fie constantă, trebuie ca raportul $\frac{d}{d'}$ să fie egal cu unitatea. Va trebui deci să avem:

$$\frac{v' i'}{v i} \times \frac{1 + \alpha t}{1 + \alpha t'} = 1.$$

Din această relațiune deducem:

$$\frac{v i'}{1 + \alpha t} = \frac{v' i}{1 + \alpha t'}$$

adică, pentru ca vapoarea să aibă o densitate constantă, se cere ca volumul, temperatura și presiunea vapoarei să fie astfel ca ele să satisfacă legilor lui Boyle-Mariotte și Gay-Lussac. Densitatea, în condițiunile indicate, este *densitatea teoretică* a vapoarei.

Experiența arată că densitățile unei vapoare descresc pe măsură ce le determinăm la temperaturi din ce în ce mai ridicate menținând presiunea constantă, așa că două densități măsurate la temperaturi superioare unei temperaturi date diferă foarte puțin între ele. De asemenea, densitățile unui vapoare, când temperatura este constantă și presiunile exercitate asupra vapoarei descresc, diminuează pe măsură ce presiunea descresce și tind a deveni egale între ele când considerăm presiuni inferioare unei presiuni date. În resumat, experiența arată că densitățile unei vapori, la o temperatură superioară unei temperaturi date sau sub o presiune inferioară unei presiuni date, sunt aproape egale între ele și tind către o valoare pe care o numim *densitate limită*.

Densitatea limită a unei vapori este densitatea vapoarei presupuse că urmează exact legile lui Boyle-Mariotte și Gay-Lussac. Densitatea limită se confundă deci cu densitatea teoretică a vapoarei.

Densitățile câtorva vapori în raport cu aerul și hidrogenul. Pondul molecular dedus din cunoașterea densității vaporilor. — În general se determină densitățile vaporilor în raport cu aerul. Se obicinuește, însă, a se exprima densitatea unei vapoare în raport cu hidrogenul. Știind că densitatea hidrogenului în raport cu aerul este 0,069, vom obține densitatea unei vapori în raport cu hidrogenul, când se cunoaște densitatea vapoarei în raport cu aerul, divizând această din urmă densitate cu 0,069 sau înmulțind'o cu $\frac{1}{0,069} = 14,4$. Numărul 14,4 reprezintă densitatea aerului în raport cu hidrogenul.

După teoriile admise în chimie, pentru a obține pondul molecular al unei substanțe, cunoscând densitatea limită a vapoarei, este suficient a multiplica densitatea limită a vapoarei luată în raport cu aerul cu numărul $14,4 \times 2 = 28,8$ care reprezintă dublul densității aerului în raport cu hidrogenul.

În tabloul de mai jos sunt indicate succesiv densitățile în raport cu aerul și hidrogenul a câtorva vapori, precum și pondul lor molecular.

Vapori	Densități în raport cu aerul	Densități în raport cu hidrogenul	Pondul molecular
Apă . . .	0,622	9	18
Alcool. .	1,61	23	46
Mercur .	6,97	100	200
Iod . . .	8,71	127	254

Evaporarea.

Evaporare. Evaporare în un spațiu limitat și în un spațiu nelimitat. — Un lichid se poate transforma în vapori prin evaporare. Se definește *evaporarea* formarea de vapori la suprafața liberă a unui lichid.

Vom examina succesiv cazurile când un lichid se evaporă în un spațiu limitat și în un spațiu nelimitat :

1) *Evaporarea în un spațiu limitat.* Când spațiul în care se vaporizează lichidul este limitat, fie că acel spațiu ar fi vid sau ocupat de un gaz, lichidul se va evapora până când forța elastică a vapoarei formate ajunge a fi maximă la temperatura experienței, sau, cu alte cuvinte, până ce spațiul limitat ajunge a fi saturat de vapoare la temperatura dată.

3) *Evaporarea în un spațiu nelimitat.* Când un lichid se evaporă în un spațiu nelimitat, cum ar fi de exemplu în aerul liber, spațiul ne mai putând fi saturat, evaporarea lichidului se continuă neconținut până ce tot lichidul s'a transformat în vapoare. Astfel, experiența arată că apa conținută în un vas deschis, lăsat în atmosferă, dispăre complet după câteva timp.

Condițiunile de cari depinde evaporarea în un spațiu nelimitat. — Experiența arată că evaporarea depinde de diverse

condițiuni. Dalton, pentru a studia rapiditatea evaporării în diverse circumstanțe, cântărea ligidul supus evaporării în un timp determinat și în condițiuni cunoscute, înainte și după evaporare; perderea de greutate a ligidului exprimă cantitatea de ligid evaporată. De aci Dalton deduse influența acelor circumstanțe asupra regegiunii evaporării.

Să examinăm condițiunile de cari depinde evaporarea:

× *Influența suprafeții de evaporare.* Fie S suprafața de evaporare, adică suprafața de contact a ligidului cu spațiul nelimitat. Experiența arată că evaporarea este proporțională cu suprafața de evaporare S . Se profită de acest fapt pentru a vaporiza apa de mare, din care se extrage sarea, distribuind-o în bazine cu suprafața mare.

✓ *Influența forțelor elastice a vaporilor produși prin evaporare și a vaporilor de aceeași natură din atmosfera nelimitată.* Fie F forța elastică maximă a vaporilor produși prin evaporarea ligidului și f forța elastică actuală a vaporilor de aceeași natură în atmosfera nelimitată la temperatura ambiantă. Experiența arată că evaporarea este proporțională cu diferența $F - f$ a acestor forțe elastice, cu condițiune ca diferența $F - f$ să fie mică.

Urmează de aci, că evaporarea apei în o atmosferă cu totul uscată este proporțională cu forța elastică maximă F a vaporilor de apă la temperatura t la care se face evaporarea, forța elastică f a vaporilor de apă din atmosferă fiind nulă. Dacă atmosfera este saturată de vapori de apă, forța elastică actuală f a vaporilor de apă din atmosferă devine egală cu forța elastică maximă F a vapoarei de apă produse de ligidul care se evaporează; evaporarea apei, în acest caz, este nulă.

Să considerăm un alt ligid, de exemplu, etherul, care se evaporează în atmosferă. Fie F forța elastică maximă a vaporilor de ether la temperatura t la care ligidul se evaporează și f forța elastică actuală a vapoarei de apă din atmosfera la temperatura ambiantă. Cantitatea de ether evaporată este proporțională cu forța elastică F ; evaporarea etherului se va face, deci, în acelaș mod, fie că aerul atmosferic ar fi ȳscat sau ar conține umiditate.

Influența temperaturii asupra evaporării. Evaporarea crește cu temperatura. S'a văzut, în adevăr, că evaporarea crește cu forța elastică maximă a vapoarei. Inșă, forța elastică

maximă a unei vapori crește cu temperatura; urmează, deci, că cantitatea de ligid evaporat va crește cu temperatura. Aceasta ne explică pentru ce licidele se evaporează mai lesne vara decât iarna.

Influența presiunii atmosferice asupra evaporării. Experiiența arată că evaporarea se efectuează în vid cu o foarte mare rapiditate; în aerul atmosferic, evaporarea este cu atât mai mică cu cât presiunea atmosferică exercitată asupra suprafeții de evaporare este mai mare. Dacă I este presiunea atmosferică, experiența arată că evaporarea este în raport invers cu I.

Influența mișcării aerului atmosferic asupra evaporării. Dacă stratul de aer atmosferic în contact cu suprafața de evaporare ar fi imobil, el s'ar satură de vapori după un timp oarecare și evaporarea ar încetă. Dacă însă aerul se mișcă, strate de aer vor veni neconținut în contact cu ligidul și vor absorbi noi cantități de vapori. Acest fapt ne explică pentru ce rufele umede se usucă mai repede când sunt expuse la vânturi.

Formula care exprimă evaporarea unui ligid. — Putem exprima influența diverselor circumstanțe, cari favorizează evaporarea, prin următoarea formulă :

$$p = \frac{A S (F - f)}{I}.$$

În această expresiune, p reprezintă greutatea vapoarei produsă prin evaporare în unitatea de timp, S este suprafața de evaporare, F forța elastică maximă a vapoarii produsă de ligid la temperatura experienței, f forța elastică actuală a vapoarei conținute în atmosfera nelimitată la temperatura ambiantă, I presiunea atmosferică și A o constantă care depinde de natura ligidului și de starea de agitare a atmosferei.

Răcire prin evaporare. Căldura de vaporizațiune. — Când un ligid se evaporează, fără intervenirea unui isvor de căldură, el absoarbe căldură dela el însuși și dela vasul, în care este conținut. Experiiența arată o scădere de temperatură în masa unui ligid, care se evaporează în aceste condițiuni. Putem pune în evidență răcirea produsă prin evaporare, vărsând pe mână câteva picături de ether; ligidul evaporându-se vom avea senzațiunea unii răciri destul de pronunțate. Dacă am încunjură rezervoriul unui termometru cu mercur cu o bucată de

vată și am turnă peste ea ether, experiența ne va arăta că după câtvă timp, termometrul indică o temperatură mai scăzută; această scădere de temperatură este datorită evaporării etherului.

Căldura de vaporizațiune. Experiența arată că un lichid, când se vaporizează, absoarbe o cantitate de căldură care depinde de natura sa, de cantitatea de vapoare formată precum și de temperatura la care se face vaporizarea. Se definește căldura de vaporizațiune în modul următor: *căldura de vaporizațiune a unei substanțe la o temperatură determinată este cantitatea de căldură absorbită de unitatea de greutate a substanței pentru a trece din starea ligidă în starea de vapori saturați la aceeași temperatură.*

Experiențe cari probează răcirea produsă prin evaporare. — Vom descrie aci *experiența lui Leslie*, cu care putem realiza *înghețarea apei în vid*, și experiența cu *crioforul lui Wollaston*.

Înghețarea apei în vid. Leslie produce înghețarea apei în vid prin următorul dispozitiv (fig. 43): Sub recipientul măsinei pneumatice C se așează un vas A cu acid sulfuric. Deasupra vasului A și bine izolat de lichidul din vas se dispune o capsulă de plută B, în care s'a făcut la mijloc o cavitate care s'a carbonizat prealabil la suprafață. Se introduce în această cavitate câteva grame de apă. Grație carbonizării cavității, apa nu va fi absorbită de capsula de plută. Scoțând aerul din recipient, presiunea acestui gaz se va micșora și evaporarea apei se va face mai repede. Vaporii de apă, pe măsură ce se formează, vor fi absorbiți de acidul sulfuric din vasul A. Însă vaporii, formați prin evaporare, absorb căldură dela globula de apă; globula răcindu-se se va transforma în o bucată de gheață.

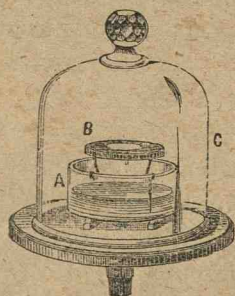


Fig. 43.

Crioforul lui Wollaston. Crioforul lui Wollaston este bazat pe principiul lui Watt. El este format (fig. 44) din două globuri de sticlă A și B, reunite între ele prin tubul recurbat C. Se introduce în globul A apă lipsită de aer. În acest scop globul B este terminat prin un vârf deschis; se toarnă în globul A apă, care apoi se încălzește până la fierbere, așa că vaporii

de apă formați să gonească aerul din aparat ; când tot aerul a fost gonit, se topește la o lampă vârful deschis a globului B.

Globul A, ce conține apă, fiind lăsat în mediul ambiant, se introduce globul B în vasul D plin cu un amestec refrigerent. Temperatura globului B fiind inferioară acelei a globului A, forța elastică a vapoarei din aparat va fi aceea corespunzătoare temperaturii din B, conform principiului lui Watt. Evaporarea lichidului, conținut în globul A, se va face foarte repede și vaporii formați trecând în globul B se vor condensa. Inșă, vaporii formați în A absorb căldură dela masa lichidă ; apa conținută în globul A se va răci și experiența arată că, după câteva minute, se va transforma în o massă de gheață.

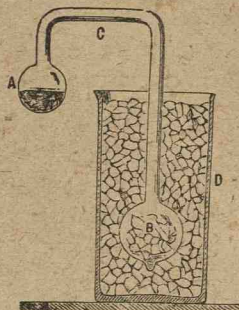


Fig. 44.

Mașina pneumatică a lui E. Carré pentru înghețarea apei.—Aparatul lui E. Carré, cu care putem îngheța apa, este bazat pe evaporarea repede a apei în un spațiu limitat în care se face vidul. Acest aparat (fig. 45) este o mașină pneumatică

cu un singur corp de pompă. Recipientul mașinei este o carafă destilată R, în care este introdusă apa ce voim a îngheța. La gâtul carafei este adaptat capătul tubului metallic recurbat A. Tubul A este pus în legătură cu rezervoriul orizontal de plumb B, ce conține acid sulfuric concentrat destinat a absorbi vapoarea de apă ; în fine, rezervoriul B comunică prin tubul metallic recurbat C cu baza corpului de pompă P. Aparatul este

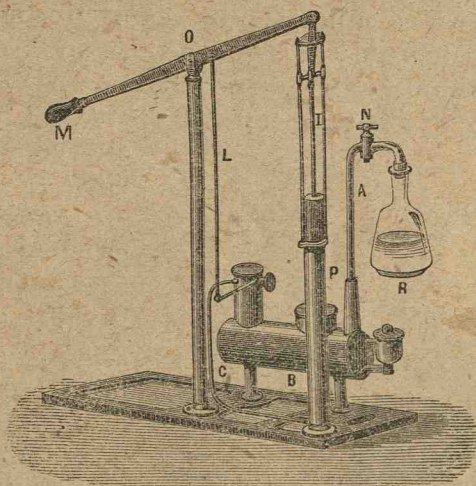


Fig. 45.

prevăzut cu pârghia M, mobilă în O, și la care sunt legate vergelele articulate I și L ; cea d'întâiu I servește a pune în mișcare pistonul care se mișcă în corpul de pompă ; cea de a doua

L pune în mișcare un agitator, care se află în interiorul rezervorului B, având rolul de a amesteca acidul sulfuric și a face ca vaporizarea de apă ce trece prin rezervoriu să fie complet absorbită. Un robinet N, interpus către capătul tubului A, servește a întrerupe comunicațiunea între recipient și pompul de pompă.

Pentru a îngheța apa cu acest aparat, după ce am fixat la extremitatea tubului A carafa R, umplută parțial cu apă, vom pune în mișcare pârgăhia M, făcând vidul în recipient. Lichidul din carafa R se evaporază cu rapiditate și vaporii formați vor fi absorbiți de acidul sulfuric din B. Vaporii produși, însă, absorb căldura dela lichidul din carafă; apa deci se va răci și va îngheța.

Putem înlocui carafa R din aparatul lui E. Carré prin un recipient oarecare, în care putem face vidul. Aparatul lui E. Carré poate servi deci ca mașină pneumatică; de aci și numele de mașină pneumatică sub care mai este cunoscut acest aparat.

Aparatul lui F. Carré pentru înghețarea apei basat pe vaporizarea amoniacului licefiat. — F. Carré a utilizat răcirea produsă prin vaporizarea amoniacului licefiat pentru a îngheța apa. Vom descrie un aparat de acest gen și utilizat adeseaori în laboratorii, construit de Ferdinand Carré.

Un recipient metalic A (fig. 46), de formă cilindrică, este umplut până la $\frac{2}{3}$ din capacitatea sa cu o soluțiune saturată de gaz amoniac. Cilindrul A comunică prin tubul C cu vasul metalic B, care are o cavitate longitudinală la mijloc. Recipientul A și vasul B legate prin tubul C, conțin un spațiu închis de toate părțile. Un termometru T introdus în recipientul A indică temperatura soluțiunei.

Iată modul cum funcționează acest aparat. Se încălzește recipientul A la un isvor de căldură; amoniacul dizolvit în apă se va degagia și se va licefia în vasul B. Experiența arată că tot amoniacul s'a degagiat din soluțiunea din recipientul A, când temperatura indicată de termometrul T ajunge la 120° . Se

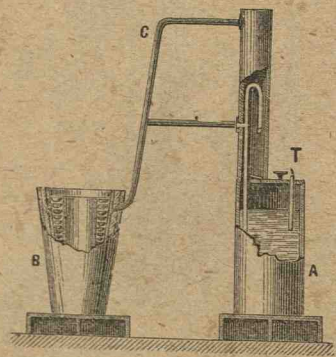


Fig. 46.

suprimă în urmă isvorul de căldură cu care încălzim recipientul A și se introduce acest recipient în un vas cu apă rece. Temperatura în A fiind mai mică decât în B, conform principiului lui Watt, amoniacul lichefiat din B se va vaporiza și se va redissolva din nou în apa din recipientul A. Prin vaporizarea amoniacului lichefiat, se produce o răcire foarte mare în vasul B. Dacă introducem un vas cu apă în cavitatea vasului B, apa cedând căldură amoniacului vaporizat se răcește considerabil și trece în stare solidă.

*De
Dan*

Ferberea.

Ferberea. Descrierea fenomenului.—Să examinăm modul în care se produce ferberea apei. Să introducem apă în un balon de sticlă și să'l încălzim la un isvor de căldură (fig. 47).

Vom observa la început globule foarte mici de gaz, cari se vor degaja; aceste globule sunt formate din aerul atmosferic disolvat în masa licădă. Continuând cu încălzirea, vom vedea că apar pe pereții balonului, direct încălziți la isvorul de căldură, globule mai mari de vapori, a căror volum se micșorează pe măsură ce se ridică în stratele superioare mai reci ale licădului și se condensează înainte de a ajunge la suprafața liberă. Formarea și condensarea acestor globule de vapori determină în licăd o mișcare alternativă, însoțită de un șgomot particular. Când toată masa



Fig. 47.

apei a atins temperatura de 100° , presupunând că presiunea exterioară a atmosferei este presiunea normală, globulele de vapori formate nu se mai condensează în stratele superioare ale licădului; aceste globule ajung până la suprafața liberă, unde crapă, producând în trecerea lor prin masa licădă o mișcare tumultuoasă. Se zice atunci că licădul a început a ferbe.

Ferberea este, deci, o vaporizare produsă în masa ligidului sub formă de globule de vapori.

Legile ferberii.—Ferberea unui ligid este supusă următoarelor legi :

1) *Un ligid dat ferbe la o temperatură determinată, când presiunea exterioară exercitată asupra ligidului este constantă.*

Temperatura, la care ferbe ligidul sub o presiune determinată, se numește *temperatura sau punctul de ferbere* al ligidului.

Experiența arată că temperatura ferberii variază cu presiunea exercitată asupra ligidului. Din această cauză, s'a convenit a se determina temperatura ferberii unui ligid sub presiunea normală de 760 milimetri. Se definește *temperatură normală de ferbere* a unui ligid, temperatura la care acel ligid ferbe sub presiunea normală de 760 milimetri.

Vom indica, în tabela de mai jos, temperaturele normale de ferbere a câtor-va licide :

Licide	Temperatura normală sau punctul normal de ferbere
Acid sulfuros .	— 8°
Eter ordinar .	35°,5
Alcool absolut .	78°,5
Apă distilată .	100°
Acid sulfuric .	326°
Mercur.	357°,2

2) *În tot timpul ferberii, temperatura vapoarei rămâne constantă.*

Din cauza invariabilității temperaturii vapoarei în tot timpul cât ține ferberea, suntem conduși a admite că căldura cedată de izvorul termic masei ligidului în ferbere este întrebuințată a produce trecerea substanței din starea ligidă în starea de vapori. Căldura absorbită de unitatea de greutate a substanței ca să treacă din starea ligidă la temperatura *t* în starea de vapori saturații la aceeași temperatură se numește *căldură latentă de vaporizațiune* sau, mai scurt, *căldură de vaporizațiune*.

După această din urmă lege a ferberii, dacă izvorul termic cedează mai multă căldură ligidului ce ferbe, vaporizațiunea

licidului se face mai repede însă temperatura ferberii rămâne aceeași.

Putem verifica experimental cele două legi enunciate prin următorul dispozitiv datorit lui Dulong. In un corn de sticlă A (fig. 48) se toarnă un licid, de exemplu apă, care să

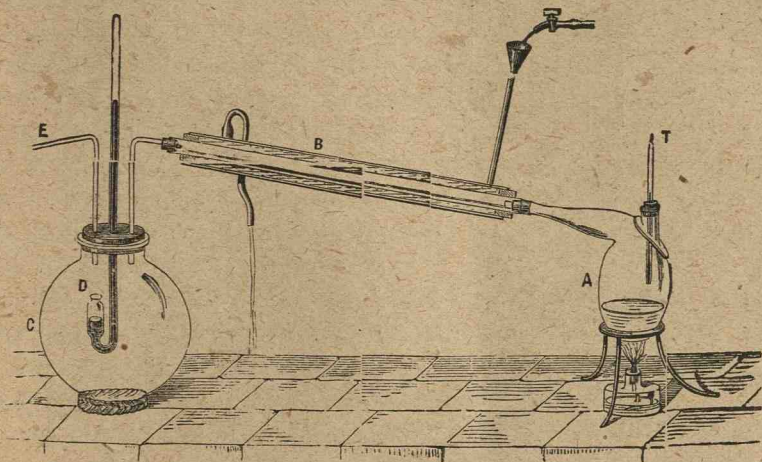


Fig. 48.

umple o parte din capacitatea sa. La gâtul cornului de sticlă se adaptează un tub abductor încunjurat de un refrigerent B, în care circulă un curent de apă rece. Tubul abductor este pus în legătură prin un tub recurbat cu balonul C, în care străbate barometrul D. În fine, tubul recurbat E permite a pune balonul în legătură cu o mașină pneumatică și a face un vid parțial în aparat. Un termometru T introdus în balonul A, așa ca rezervoriul său să fie la oarecare distanță de suprafața liberă a licidului, dă temperatura vapoarei.

După ce s'a produs o presiune determinată în aparat, presiune care o cetim prin diferența de nivel a suprafețelor libere a mercurului din barometrul D, vom încălzi suficient licidul care va începe a ferbe. Vapori formați trecând prin tubul abductor, răcit prin refrigerentul B, se vor condensa și vor cădea din nou în balon; în acest mod, presiunea exercitată asupra licidului rămâne constantă. Operând în aceste condițiuni, experiența arată că un licid sub o presiune dată începe a ferbe la o temperatură determinată și că temperatura vapoarei rămâne invariabilă în tot timpul ferberii.

3). *In tot timpul ferberii, forța elastică a vapoarei produse este egală cu presiunea exterioară exercitată la suprafața ligidului.*

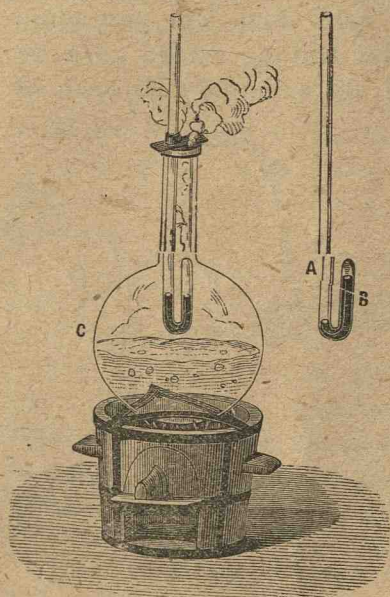


Fig. 49.

Pentru a verifica această lege, ne servim de un tub recurbat AB cu două ramuri (fig. 49). Ramura mai lungă A este deschisă, pe când cea a doua B este închisă. La începutul experienței, ramura B este plină cu mercur, Se introduce o mică cantitate de apă distilată și lipsită de aer în ramura B, ceea ce provoacă o descindere a mercurului în această ramură, după cum se vede în figură. Se introduce apoi tubul AB în un balon C, umplut parțial cu apă, așa ca baza aparatului AB să fie la oarecare distanță de suprafața liberă a apei din balon. Dopul, cu care este închis gâtul balonului, fiind găurit, presiunea exercitată la su-

prafața apei este presiunea atmosferică. Incălzind balonul, apa din balon va începe a ferbe; vom observa în același timp că și apa din ramura B se va vaporiza, va împinge mercurul în ramura A, așa că nivelul mercurului va fi în același plan orizontal în ambele ramuri. Forța elastică a vaporilor saturanți din ramura B va fi egală cu presiunea exercitată asupra mercurului din ramura A; ramura A fiind deschisă, presiunea exercitată asupra mercurului în A va fi presiunea atmosferică; urmează deci că vaporii saturanți din A vor avea o forță elastică egală cu presiunea atmosferei. Forțele elastice ale vaporilor de apă produși în balonul C sau în ramura B fiind egale, urmează că vaporii de apă, ferbând sub presiunea atmosferică, au o forță elastică egală cu această presiune. Această experiență verifică legea enunțată în cazul când presiunea exercitată asupra ligidului este presiunea atmosferică.

Influența presiunii asupra temperaturii de ferbere. — Vom examina succesiv cazurile când presiunile exercitate asupra ligidului sunt inferioare și superioare presiunii normale de 760 milimetri.

Scoborirea temperaturii de ferbere sub temperatura normală când presiunea exercitată asupra liciului este inferioară presiunii normale. S'a văzut că temperatura ferberii unui liciu este determinată prin faptul că forța elastică maximă a vaporilor la acea temperatură să fie egală cu presiunea exterioară exercitată asupra liciului. Dacă presiunea exterioară este mai mică de 760 milimetri, vaporii liciului ce ferbe vor ajunge a avea o forță elastică maximă egală cu presiunea exercitată asupra liciului la o temperatură inferioară temperaturii normale de ferbere.

Putem demonstra experimental descinderea temperaturii de ferbere, când presiunea exterioară este inferioară de 760 milimetri, servindu-ne de aparatul lui Dulong, deja descris (fig. 48). Producând în acest aparat presiuni inferioare de 760 milimetri, vom constata că temperaturile, la cari ferbe liciul, sunt inferioare temperaturii normale de ferbere.

O experiență foarte simplă pune în evidență scoborârea temperaturii de ferbere în condițiunile indicate. Să introducem (fig. 50) sub recipientul B al unei mașine pneumatice vasul

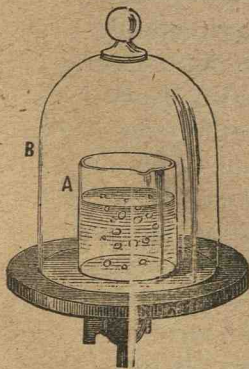


Fig. 50.

A ce conține apă încălzită la o temperatură inferioară de 100° , de exemplu la 40° sau la 50° . Făcând un vid parțial în recipient, experiența arată că, după un timp suficient, apa va începe a ferbe. Această experiență demonstrează că, presiunea exterioară fiind inferioară presiunii de 760 milimetri, apa ferbe la temperaturi inferioare temperaturii de 100° .

Putem verifica coboririle temperaturii de ferbere a apei chiar pe suprafața pământului. Experiența indică că cu cât ne suim pe munți mai înalți cu atât presiunea barometrică scade; dar în același timp temperatura ferberii apei se coboară sub temperatura de 100° . Așa, pe când apa ferbe la nivelul mării la 100° , pe muntele Saint-Gothard ferbe la 92° și la vârfului muntelui Mont-Blanc la 84° .

Coborirea temperaturii de ferbere sub presiuni inferioare presiunii normale este utilizată când voim a distila un liciu, adică a-l vaporiza și apoi a-l condensa, în cazul când liciul s'ar discompune ferbând sub presiunea normală.

Ridicarea temperaturii de febră când presiunea exercitată asupra lichidului este superioară presiunii normale. Când presiunea exterioară exercitată asupra lichidului este superioară presiunii normale, forța elastică maximă a vaporilor produși prin febră va fi mai mare decât presiunea normală. Această forță elastică maximă corespunde unei temperaturi superioare temperaturii normale de febră a lichidului.

Urmează deci, că temperatura de febră a lichidului, supus la presiuni superioare presiunii de 760 milimetri, se va ridica deasupra temperaturii normale de febră. Astfel exercitând asupra apei o presiune de 2 atmosfere, apa va febră la temperatura de 120°,6.

Condițiuni diverse cari influențează asupra temperaturii de febră a unui lichid. — Intre aceste condițiuni vom nota : *adâncimea stratului lichid sub suprafața liberă și puritatea lichidului.*

Influența adâncimei stratului lichid sub suprafața liberă asupra temperaturii febrei. Forța elastică a vaporilor produși prin febră este egală cu presiunea exercitată asupra lor ; când vaporii sunt la suprafața lichidului, forța lor elastică este egală cu presiunea exterioară exercitată asupra lichidului ; când vaporii se produc în masa lichidă, la o adâncime oarecare de la suprafața liberă, ei vor avea o forță elastică egală cu presiunea exterioară, ce se exercită asupra suprafeței libere a lichidului, mărită cu presiunea coloanei lichide de la suprafața liberă până la stratul în care se află vapoarea. Forța elastică a vaporilor formați în interiorul lichidului fiind mai mare decât cea a vaporilor de la suprafața liberă, urmează că temperatura vaporilor din masa lichidă va fi mai mare decât a vaporilor de la suprafața liberă ; această temperatură va crește cu cât considerăm stratele lichide mai depărtate de la suprafața liberă.

Astfel, experiența arată că, pe când vaporii de apă de la suprafața lichidului febră sub presiunea normală sunt la temperatura de 100°, dacă introducem un termometru în apă la o adâncime de 370 milimetri, temperatura indicată de termometru va fi de 101°. Presiunea de 370 milimetri în coloană de apă valorează $\frac{370}{13,5} = 27$ milimetri aproximativ în coloană de mercur ; experiența arată că forța elastică maximă

a vapoarei de apă la 101° este 787 milimetri aproximativ, care este tocmai egală cu presiunea atmosferică de 760 milimetri mărită cu presiunea de 27 milimetri a coloanei de apă evaluată în înălțime de mercur.

Influența purității unui lichid asupra temperaturii de ferbere. Când supunem la ferbere sub presiunea normală un lichid, care conține în soluțiune substanțe streine, un termometru introdus în soluțiune arată o temperatură superioară temperaturii normale de ferbere a lichidului pur. Această ridicare de temperatură se manifestă numai pentru termometrul introdus în lichid; dacă termometrul ar fi pus în vapoarea produsă de lichidul în ferbere, temperatura indicată de termometru ar fi exact temperatura normală de ferbere a lichidului pur. Astfel, pe când un termometru introdus în apă saturată cu clorur de sodiu care ferbe sub presiunea normală indică $108^{\circ},5$, același termometru pus în vapoarea produsă de lichidul în ferbere arată 100° sub aceeași presiune.

Tabela de mai jos conține temperaturile sau punctele de ferbere a câtorva soluțiuni saturate de seri în apă, când aceste soluțiuni ferb sub presiunea normală. Temperaturile ferberii soluțiunilor sunt date prin termometre cufundate în soluțiunea însăși.

Soluțiuni saturate cu	Temperaturile sau punctele de ferbere a soluțiunilor saturate
Carbonat de sodiu	$104^{\circ},6$
Clorur de sodiu . .	$108^{\circ},5$
Nitrat de potasiu. .	$115^{\circ},9$
Nitrat de sodiu	$121^{\circ},0$
Carbonat de potasiu.	$133^{\circ},0$
Clorur de calciu . .	$179^{\circ},5$

Examinarea influenței profunzimei stratului lichid și a purității substanței asupra temperaturii ferberii, ne indică că pentru a avea exact temperatura de ferbere a unui lichid trebuie a introduce termometrul în vaporii produși de lichidul în ferbere la o mică distanță de suprafața liberă.

Necesitatea prezenței unui gaz în masa lichidă pentru a provoca ferberea lichidului.—Pentru ca un lichid să fearbă la o temperatură dată, așa ca forța elastică maximă a vaporilor

la acea temperatură să fie egală cu presiunea exterioară exercitată asupra lichidului, este necesitate de prezența unui gaz în masa lichidă. Dacă gaze nu s'ar afla în masa lichidă, febrerea s'ar efectua la o temperatură mai înaltă.

Pentru a ne convinge de acest fapt, să examinăm cu atențiune febrerea unui lichid în un vas de sticlă. Când lichidul începe a ferbe, vedem globule de vapori formându-se în puncte determinate ale peretelui balonului, străbătând masa lichidă și eșind la suprafața liberă. În fiecare din punctele, de unde pleacă globulele de vapori, există mici globule de aer aderențe la pereții balonului și a căror existență este datorită mai cu seamă asperităților ce balonul prezintă în acele puncte. În spațiul interior ocupat de fiecare din aceste globule gazoase se evaporează lichidul ce o înconjoară. Globula, formată astfel din un amestec de gaz și de vapoare, își mărește progresiv volumul și, dacă temperatura este suficient de ridicată, o porțiune din ea se deslipește de perete și ese la suprafața liberă. Globula rămasă va servi ca un sâmbure de producțiune de globule, cari se vor forma și se vor deslipi de acelaș punct al peretelui balonului în modul deja indicat.

Putem demonstra că lipsa gazelor în masa lichidă ridică temperatura febrei. Să luăm un balon de sticlă, spălat cu îngrijire cu ether și cu acid sulfuric și să ferbem în el mai mult timp apă distilată, pentru a goni tot aerul ce lichidul ar putea să conțină. Dacă voim a determina temperatura de febrere a apei sub presiunea normală, experiența arată că această temperatură este cu 1° sau cu 2° mai ridicată deasupra temperaturii de 100°. Febrerea determină, în acest cas, ridicări brusce în masa lichidă.

Putem pune în evidență influența prezenței gazurilor asupra temperaturii febrei, servindu-ne de balonul precedent în care ferbe, după cum s'a văzut, apa lipsită de aer și sub presiunea normală la temperaturi superioare de 100°. Experiența arată că, luând balonul de pe foc, deși temperatura apei se menține mai ridicată de 100°, apa încetează de a mai ferbe; aruncând însă în masa lichidă strujituri metalice, cari mențin pe suprafața lor prin aderență mici cantități de aer, apa va începe a ferbe.

Experiența următoare, efectuată de Gernez, demonstrează influența prezenței unui gaz pentru a provoca febrerea unui

licid. Balonul A (fig. 51), spălat prealabil cu ether și acid sulfuric, este umplut parțial cu apă lipsită de aer prin o ferbere prelungită a acestui licid. In apa din balon este introdusă extremitatea recurbată a unui tub B. Tubul este subțiat în locul unde a fost recurbat, așa că cantitatea de aer conținută în capătul tubului introdus în licid este foarte mică. Incălzind apa la 100°, experiența arată că globulele de vapoare se vor forma exclusiv la extremitatea *a* a tubului. Fiecare din globulele de vapoare, ce se formează, vor lua cu ele o cantitate excesiv de mică de aer; Dacă scoatem tubul din balon, ferebrea apei încetează deși continuăm a încălzi licidul la 100°.



Fig. 51.

Definițiunea precisă a temperaturii normale de ferebere a unui licid. Dispozitivul lui Berthelot pentru determinarea temperaturii normale de ferebere.—S'a văzut că absența unui gaz în masa unui licid ridică temperatura de ferebere a licidului. Temperatura la care ferbe un licid, conținând în masa sa un gaz și supus la o presiune determinată, este *temperatura cea mai mică* la care licidul poate ferbe sub acea presiune. Deasupra acestei temperaturi minime, corpul poate exista în stare de vapori sau în stare licidă; sub această temperatură minimă, corpul nu poate exista decât în stare licidă.

In cazul particular când presiunea exercitată asupra licidului este presiunea normală de 760 milimetri, definițiunea exactă a temperaturii normale de ferebere este următoarea: *Temperatura normală de ferebere a unui licid este temperatura minimă la care corpul poate ferbe sub presiunea normală de 760 milimetri.*

Pentru determinarea precisă a temperaturii normale de ferebere a unui licid, ne putem servi de următorul dispozitiv utilizat de Berthelot. Licidul este introdus în balonul A (fig. 52), pe care îl umple parțial. Termometrul T, care indică temperatura fereberii, este fixat la o mică distanță de suprafața liberă a licidului. Pentru a evita răcirea termometrului T, se adaptează la gâtul balonului un cilindru de sticlă B

închis cu dopuri la ambele capete și prin cari străbate termometrul T. Vapoarea produsă trecând prin gâtul balonului umple spațiul inelar coprins între A și cilindrul B și iese în exterior prin tubul lateral C.

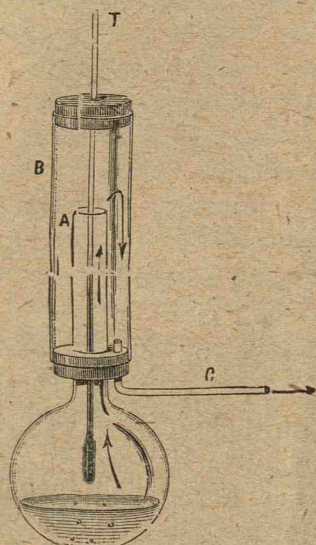


Fig. 52.

licidul ocupă o parte din capacitatea vasului, experiența

Mărirea volumului produsă prin vaporizarea unui licid.— Volumul ocupat de vapoare este considerabil în raport cu volumul licidului din care s'a format. Așa, de exemplu, un litru de apă vaporizat la 100° și sub presiunea de 760 milimetri ocupă un volum egal cu 1646 litri.

Ferberea unui licid în un spațiu limitat.— Am studiat până aci ferberea unui licid în contact cu o atmosferă nelimitată. Să examinăm cazul când licidul încălzit este în contact cu un spațiu limitat.

Când încălzim un licid, de exemplu apa, în un vas închis și în care

arată că se vor produce vapori cari vor satura tot spațiul liber neocupat de licid. Acești vapori saturanți vor avea o forță elastică maximă la temperatura la care încălzim licidul: ei vor apăsa asupra licidului și vor opri ferberea lui. Continuând a încălzi licidul la temperaturi superioare temperaturii sale normale de ferbere, vom observa pe lângă ridicarea de temperatură a masei licide și saturarea cu vapori a spațiului neocupat de licid, fără ca ferberea să aibă loc.

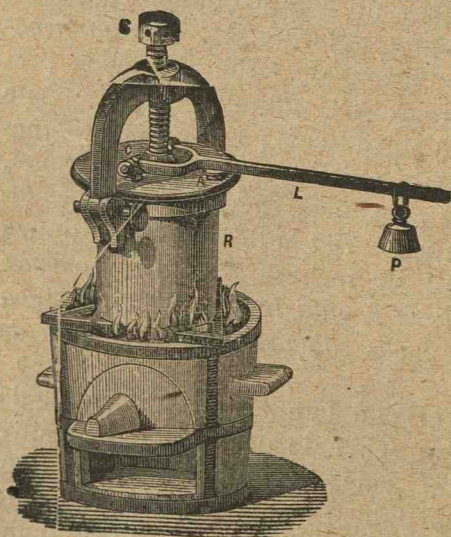


Fig. 53.

Putem constată aceste fenomene cu *oala lui Papin*. Acest aparat (fig. 53) este format din o căldare cilindrică de bronz

R cu pereții groși și închisă cu capacul C. Acest capac este aplicat exact pe marginile căldării prin șurubul de presiune S. În capacul C este făcută o deschidere mică închisă cu un ventil A, pe care apasă pârghia L. Unul din capetele pârghiei L este mobil împrejurul unui punct fix; la extremitatea liberă a pârghiei se poate mișca greutatea P. Distanța greutății P la punctul fix al pârghiei este regulată astfel ca ventilul A și prin urmare, și pârghia să se ridice, lăsând liberă trecerea vapoarei, când această vapoare produsă în spațiul limitat din căldare trece peste o forță elastică determinată.

Dacă încălzim ligidul din oala lui Papin, spațiul liber se va umplea cu vapori saturați la temperatura încălzirii; vaporii formați apăsând asupra ligidului vor opri ferberea lui. Continuând cu încălzirea, temperatura ligidului se va ridica fără ca ferberea să aibă loc. Când forța elastică a vaporilor conținuți în spațiul închis este mai mare decât apăsarea pârghiei L pe ventilul A, acest ventil va fi deschis, vapoarea va eși brusc în atmosferă și ligidul va începe a ferbe.

Condițiunea necesară pentru ca un ligid să fearbă în un spațiu limitat. Pentru ca ferberea să se producă în un spațiu limitat, condițiunea necesară

este ca temperatura unei porțiuni din spațiul închis neocupat de ligid să fie la o temperatură inferioară temperaturii ligidului

Experiența următoare, datorită lui Franklin, demonstrează ferberea ligidului în condițiunile indicate. Se introduce apă în un balon A și se ferbe câtvă timp, pentru ca vapori formații să gonească aerul conținut în apă. Includem apoi balonul cu un dop și-l răsturnăm în un vas cu apă B (fig. 54) pentru a împiedica intrarea aerului în balon. Vom observa că ligidul va încetă să mai

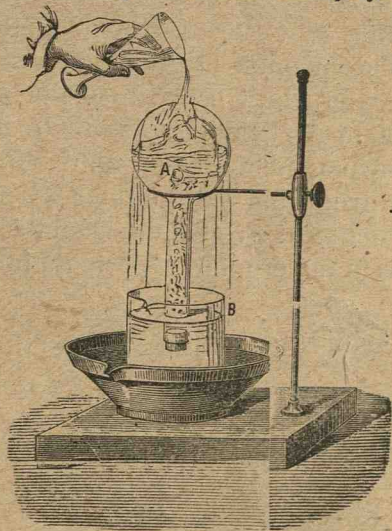


Fig. 54

fearbă; presiunea exercitată asupra suprafeții libere a ligidului este presiunea vaporilor conținuți în spațiul închis al balonului. Pentru a provoca ferberea ligidului, vom răci suprafața

balonului turnând pe balon apă la temperatura ambiantă; vaporii se vor condensă și presiunea asupra ligidului micșorându-se, ligidul va începe din nou să fiarbă. Ferberea se va continuă până ce temperatura ligidului din balon se va scori la temperatura spațiului răcit.

Calefacțiunea.

Fenomene de calefacțiune. Explicarea acestor fenomene. Dacă aruncăm o mică cantitate de apă pe o placă metalică încălzită la o temperatură superioară de 150° , vom observă că apa se separă în mici globule, având o formă aproape sferică, mobile pe placă în toate sensurile și cari se transformă încetul cu încetul în vapori. Dacă placa de metal are o formă concavă, apa formează o singură massă cu pereții rătunjiți și care se evaporază gradat.

Acestui fenomen i s'a dat numele de *calefacțiune*.

Pentru a explica fenomenul calefacțiunii, trebuie a observa cu atențiune circumstanțele în cari se produce.

Se poate constata, mai întâiu, că ligidul, ce prezintă fenomenul calefacțiunii, nu atinge direct placa metalică încălzită, dar este separat de placă prin un mic strat de vapori. Putem pune în evidență acest fapt prin mai multe experiențe. Astfel, dacă placa încălzită este găurită, se poate ușor constată că ligidul nu străbate placa. Dacă legăm placa, prin o sârmă metalică, cu unul din polii unui element galvanic și introducem extremitatea sârmei legate la al doilea pol al elementului în globula calefiată, se constată că curentul electric este întrerupt. O experiență interesantă este următoarea: Se încălzește o placă orizontală B (fig. 55) cu lampa cu alcool C; între globula A, care prezintă fenomenul calefacțiunii, și placa B nu este un contact direct, ceia ce se poate verifică observând

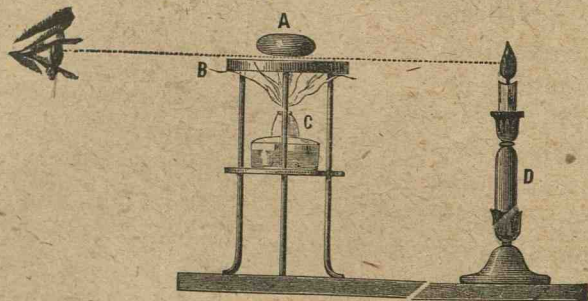


Fig. 55.

că razele luminoase, emise de flacăra unei lumânări, sunt vizibile între globula A și placa B.

Continuând cu examinarea minuțioasă a condițiilor în cari se produce calefacțiunea, vom observa de asemenea că temperatura ligidului calefiat este inferioară temperaturii la care ar ferbe ligidul sub presiunea exterioară în momentul când facem experiența. Acest fapt a fost constatat de Boutan, care a măsurat direct temperatura ligidului introducând un termometru în globulă.

Experiența următoare indică că poate exista o diferență considerabilă între temperatura plăcii încălzite și a ligidului calefiat. Se încălzește la o temperatură înaltă o capsulă de platină și se toarnă în ea o mică cantitate de acid sulfuros ligid, a cărui temperatură de ferbere este -8° . Acidul sulfuros conservându-și starea ligidă, aceasta probează că temperatura sa este sub -8° ; aruncând pe capsulă câteva picături de apă, această substanță se va solidifica; în adevăr, răsturnând capsula, vom culege o bucățică de gheață.

Iată explicarea fenomenului calefacțiunii. Placa fiind încălzită la o temperatură cu mult superioară temperaturii la care ligidul ar ferbe sub presiunea actuală, se va produce o evaporare repede a ligidului în contact direct cu placa; forța elastică a vaporilor formați fiind considerabilă, globula va fi ridicată și spațiul între globulă și placa va fi ocupat de vapoare. Temperatura inferioară a globulei se explică atât prin faptul că globula este separată de placă prin un strat de vapori rău conductor de căldură, precum și prin evaporarea lentă a globulei care necesită o absorbire de căldură delaligid. Forma globulară este datorită presiunii exercitate de vapori asupra micii mase a ligidului.

Să presupunem că temperatura plăcii scade; forța elastică a vaporilor nu va mai putea menține globula îndepărtată de placă și contactul între placă și ligid se va stabili; ligidul va începe a ferbe și se va transforma foarte repede în vapori.

Cunoașterea fenomenului calefacțiunii permite a explica unele exploziuni ce se produc în căldările mașinelor cu vapori. Căldările acestor mașini sunt adeseori alimentate cu apă conținând în soluțiune seri calcaroase, așa că cu timpul se depun pe pereții căldărilor strate calcaroase rele conducătoare de căldură. Când pereții metalici ai căldărei sunt încălziți direct la o temperatură ridicată de isvorul de căldură și fragmente din stratul calcaros se deslipesc de pereții metalici,

apa din căldare va prezenta fenomenul calefăcțiunii și nu va veni în contact direct cu pereții încălziți ; când, însă, temperatura pereților scade, apa vine în contact direct, o vaporizație abondentă se produce și excesul de presiune determină explozia căldărei.

Licefierea vaporilor. Distilarea.

Licefierea vaporilor. Mijloace de licefiere.— Se rezervă numele special de *vapori* substanțelor în stare gazoasă cari la temperatura ordinară și la presiuni apropiate de presiunea atmosferică sunt în stare ligidă sau solidă. Astfel apa, alcoolul, etherul trecând în stare gazoasă vor produce vapori de aceste substanțe.

Licefierea unei vapori este fenomenul invers vaporizației ligidului. S'a văzut că pentru a vaporiza un ligid este necesar a'l încălzi la o temperatură, așa ca forța elastică maximă a vaporilor la acea temperatură să fie egală cu presiunea exterioară exercitată asupra ligidului ; prin urmare, în fenomenul vaporizației intervin temperatura și presiunea. Pentru a licefia o vapoare vom întrebuiți două mijloace : a) *răcirea* ; b) *comprimarea vapoarei*.

Răcirea vapoarei. Pentru a licefia o vapoare, vom răci corpul așa ca forța elastică maximă a vapoarei la temperatura răcirii să fie inferioară presiunii exterioare exercitate asupra vapoarei. De exemplu, se știe că apa se vaporizează prin ferbere la 100° sub presiunea normală ; supunând, însă, vapoarea de apă la o temperatură inferioară de 100° sub presiunea normală, ea se va licefia.

Comprimarea vapoarei. Pentru a licefia o vapoare prin comprimare, o vom supune la o presiune superioară forței elastice maxime ce o ar avea vapoarea la temperatura experienței. Astfel, vaporii de apă la temperatura de 100° se vor licefia când vor fi supuși unei presiuni superioare presiunii normale.

Distilarea.—Distilarea unui ligid consistă în vaporizarea acelui ligid urmată de condensarea prin răcire a vaporilor formați.

Distilarea ligidelor este utilizată în cazul când vom a purifica un ligid de substanțele dizolvite în el. Astfel, apa

de isvoare sau de fântână conține substanțe streine în soluțiune ; prin distilare se obține apă curată.

Distilarea este de asemenea utilizată când vom a separa un amestec de două sau mai multe licide care ferb sub aceeași presiune la temperaturi diferite. Ca exemplu ne poate servi separarea alcoolului ordinar de apă ; cel d'întăiu ferbând sub presiunea normală la $78^{\circ},5$, pe când temperatura ferberii apei sub aceeași presiune fiind 100° , dacă vom încălzi amestecul, vom culege prin distilațiune mai întăiu alcoolul și în urmă apa.

Aparate de distilare. Un aparat de distilare este un vas închis de o formă convenabilă, în care una din părțile aparatului este menținută la o temperatură mai ridicată t și cealaltă parte la o temperatură mai mică t' . Când încălzim la temperatura cea mai înaltă t partea aparatului care conține licidul, aceasta se vaporizează. Conform principiului lui Watt, forța elastică maximă a vaporilor la temperatura t va scădea până la forța elastică maximă a acelorași vaporii la temperatura t' și o parte din vaporii se vor condensa în regiunea răcită a apa-

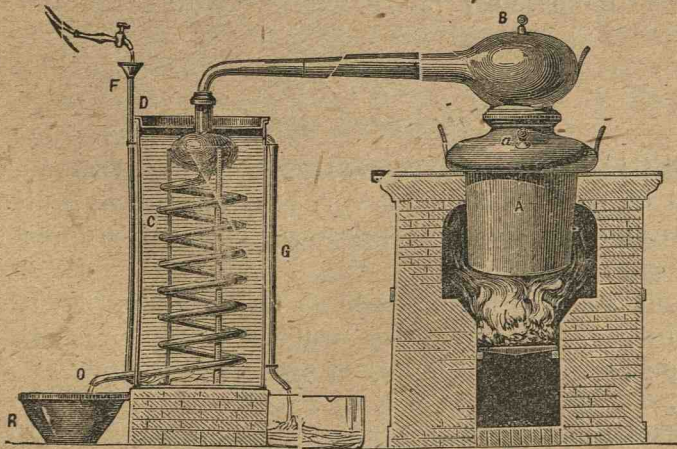


Fig. 56.

ratului. Fenomenul se va continua până când tot licidul din regiunea încălzită va distila în regiunea răcită și forța elastică maximă în tot spațiul închis al aparatului va fi cea corespunzătoare temperaturii t' a regiunii răcite.

Vom descrie aparatul întrebuițat în laboratorii pentru distilarea apei și cunoscut sub numele de *alambic*. Acest aparat

(fig. 56) se compune din o căldare A, numită *cucurbită*, în care se toarnă apă și pe care o încălzim la un izvor de căldură. Vapoarea produsă în căldare trece în capacul B de formă sferică și apoi în tubul în formă de spirală C, numit *serpentin*, care este conținut în refrigerentul D umplut cu apă rece. Vaporii de apă ajungând în serpentinul C vor ceda căldură refrigerentului D și se vor condensa; vom culege astfel apă distilată în vasul R prin orificiul O al serpentinului. Din cauză că căldura cedată de vapoare refrigerentului este considerabilă, un curent continuu de apă rece vine prin tubul F la partea inferioară a refrigerentului; apa încălzită de refrigerent, fiind mai ușoară decât apa rece, se va ridica în sus în masa licădă și va curge în afară prin vasul lateral G. Apa ce vom a distila este introdusă în cucurbită prin cavitatea *a*.

Degagiare de căldură în licefierea unei vapori.—Când o vapoare se liceface, ea degagiază căldură. Dacă *t* este temperatura la care vapoarea se liceface, căldura degagiată de unitatea de massă de vapori este egală cu *căldura de vaporizațiune* absorbită de aceeași massă de licăd pentru a se vaporiza la aceeași temperatură *t*.

Licefierea gazelor.

Mijloacele de licefiere ale gazelor. — Se rezervă numele special de *gaze* substanțelor cări la temperatura ordinară și sub presiuni apropiate de presiunea normală se prezintă în starea găzoasă.

Din cauză că toate gazele au fost licefiate, putem considera un gaz, la temperatura ordinară și sub presiuni apropiate de presiunea normală, ca vapoarea nesaturantă a unui licăd.

Pentru a licefia un licăd se întrebuintează următoarele mijloace: a) *răcirea gazului sub presiunea atmosferică*; b) *comprimarea gazului la temperatura ordinară*; c) *răcirea și comprimarea combinate*.

Licefierea unui gaz prin răcire sub presiunea atmosferică.—Unele gaze se pot licefia ușor prin răcire sub presiunea atmosferică la temperaturi puțin diferite de temperatura ordinară.

Vom indica modul cu care putem licefia acidul sulfuros, care a fost primul gaz licefiat de Monge și Clouet pe la finele secolului XVIII.

Gazul acid sulfuros produs în balonul A (fig. 57) trece

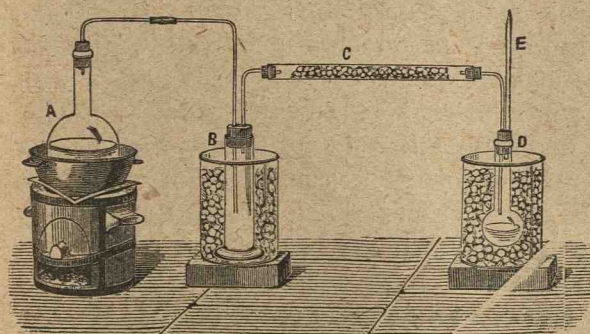


Fig. 57.

în prubeta cu picior B, care este incunjurată de gheață și unde se condensază o parte din vaporii de apă conținuți în acidul sulfuros, apoi în tubul orizontal C, umplut cu clorur de calciu

care va reține restul vapoarei de apă; în fine, gazul trece în balonul D incunjurat cu un amestec refrigerent de gheață și de sare. Balonul D comunică cu atmosfera prin tubul E terminat prin un vârf deschis, așa ca gazul să fie sub presiunea atmosferică. Acidul sulfuros ferbând la -8° , la aceasta temperatură forța elastică maximă a vapoarei sale este egală cu presiunea normală a atmosferei; temperatura balonului D fiind inferioară de -8° , grație amestecului refrigerent, forța elastică maximă a vaporilor de acid sulfuros va fi inferioară presiunii atmosferice și corpul se va licefia.

Licefierea unui gaz prin comprimarea la temperatura ordinară. — Gazele, a căror forță elastică nu trece peste 60 atmosfere la temperatura ordinară, au putut fi licefiate prin comprimare.

Vom cită aparatul clasic a lui Pouillet, care a permis acestui fizician a compară compresibilitatea gazelor cu cea a aerului atmosferic și tot odată a licefia un mare număr de gaze. Aparatul lui Pouillet (fig. 58) consistă din un rezervoriu resistant A de oțel, conținând la bază mercur, peste care se află un strat de ulei. În rezervoriu străbate pistonul P, tăiat la partea superioară în piuliță și terminat prin mânerul B. Mișcând B în un sens sau în altul, pistonul P va înainta sau se va retrage în rezervoriul A. Dela baza rezervoriului pleacă un tub orizontal metalic, la care sunt fixate două tuburi ver-

ticale de sticlă groasă C și D. În unul din aceste tuburi, de exemplu în C, se introduce gazul ce vom a licefia; în cel al doilea D aer atmosferic care va servi a indica presiunea exercitată asupra gazului.

Pentru a introduce gazul și aerul în tuburile C și D, vom mișca pistonul P în un mod convenabil, așa că mercurul să întingă vârfulurile deschise ale tuburilor C și D. Vom adapta apoi la extremitățile tuburilor C și D două tuburi de cauciuc puse în comunicațiune unul cu rezervoriul cu gazul ce vom a licefia, cel al doilea cu un rezervoriu cu aer. Grație mânerului B, vom ridica pistonul în sus, așa ca mercurul din tuburile C și D să se coboare până aproape de baza lor; gazul și aerul vor umplea atunci tuburile și vor avea o presiune inițială egală. La acest moment vom topi la suflător extremitățile tuburilor C și D. Făcând ca pistonul P să descindă în recipientul A, mercurul se va sui în tuburile C și D și va exercita asupra gazului și aerului presiuni din ce în ce mai mari. Unele gaze vor putea fi licefiate cu acest aparat la temperaturile ordinare; astfel, acidul sulfuros va fi licefiat la temperatura de 10° sub o presiune de 2,5 atmosfere; acidul carbonic la aceeași temperatură sub o presiune de 45 atmosfere etc.

Licefierea gazelor prin comprimare și răcire.—Faraday a licefiat un mare număr de gaze întrebuițând simultan comprimarea și răcirea.

Pentru a licefia gazele, Faraday face us de un tub de sticlă recurbat și foarte resistant AB (fig. 59); ramura A a tubului conține substanțele, cari supuse acțiunii căldurii, vor degagia gazele cari vor fi comprimate și răcite în ramura B introdusă în vasul cu amestec refrigerent C.



Fig. 58.

Primul gaz licefiat de Faraday a fost clorul. Faraday introduce cristali de hidrat de clor în ramura A și închide la suflător extremitatea ramurei B. Incălzind extremitatea A, clorul se va degagia și se va comprima în ramura răcită B. Gazul se va licefia când presiunea exercitată asupra gazului este superioară forței elastice maxime a gazului corespunzătoare la temperatura ramurei răcite B.

In un mod analog, dacă vom voi a licefia gazul amoniac, vom

introduce în ramura A clorur de argint amoniacal ($\text{AgCl} + 3\text{A}_z \text{H}^3$); prin încălzire, gazul amoniac se degagiază și se licefiază în ramura B a tubului lui Faraday.

Aparatul lui Cailletet pentru licefierea acidului carbonic. Thilorier a inventat un aparat cu care se poate licefia acidul carbonic. Aparatul lui Thilorier, care se poate considera ca o perfecționare a tubului lui Faraday, utilizat mai înainte foarte mult în laboratorii și industrie, nu prezintă actualmente decât un interes istoric. Vom descrie aci aparatul întrebuițat de Cailletet pentru licefierea acidului carbonic.

Aparatul lui Cailletet (fig. 60) este format din un corp de pompă A de fontă, în care se mișcă cu o mișcare rectilinie alternativă pistonul P. Un inel de pele B, apăsând de o potrivă asupra pistonului și asupra pereților interiori a corpului de pompă, precum și un strat de mercur suprapus la extremitatea pistonului P, permit a evita eșirea gazului din corpul de pompă sau pătrunderea aerului exterior în corpul de pompă. Interiorul corpului de pompă comunică cu rezervoriul ce conține acidul carbonic prin canalul lateral C, prevăzut cu robinetul R; rolul acestui robinet este a pune sau

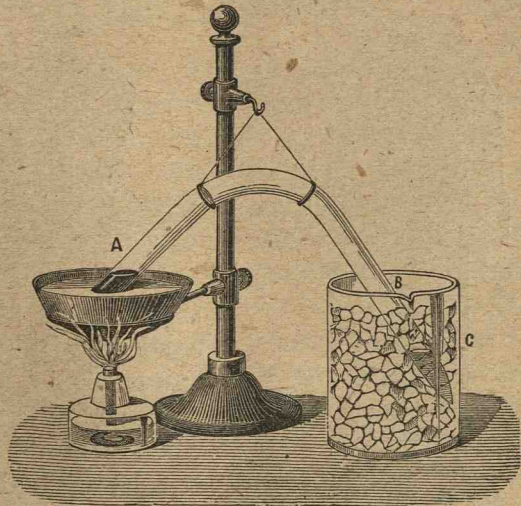


Fig. 59.

a întrerupe comunicațiunea corpului de pompă cu rezervoriul cu gaz.

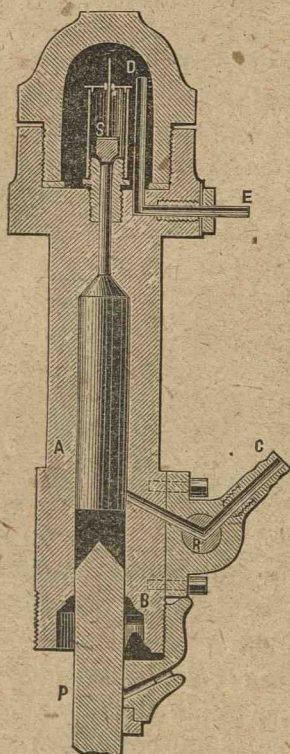
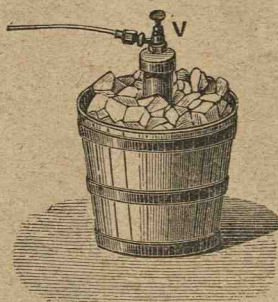


Fig. 60.

în un mod automat grație unei dispozițiuni speciale a aparatului.

Recipientul V, în care culegem acidul carbonic lichefiat, este format din mai multe tuburi metalice paralele comunicând între ele prin partea lor superioară; s'a preferat a se construi recipientul în acest mod, căci s'a dovedit prin experiență că recipientul poate suportă în acest caz o presiune interioară de mai multe sute de atmosfere.

Cu aparatul lui Cailletet se poate ușor obține pe oră 400 până la 500 grame de acid carbonic lichefiat.



Să presupunem pistonul P la baza corpului de pompă; suprafața liberă a mercurului este la un nivel inferior de deschiderea canalului C în corpul de pompă.

Robinetul R fiind deschis, gazul acid carbonic va intra în corpul de pompă; când pistonul se ridică, se va închide robinetul R și comunicațiunea gazului din rezervoriu cu corpul de pompă va fi întreruptă. Gazul comprimat va deschide un ventil de ebonit S, care se află la partea superioară a corpului de pompă, și va trece în o cameră închisă D, de unde prin tubul E este condus în un recipient de fier foarte rezistent V, pus în un vas cu gheață și în care acidul carbonic se va lichefia. Deschiderea robinetului R la deschiderea pistonului și închiderea lui la mișcarea ascendentă se fac

Temperatura critică. Licefierea gazelor cunoscute anterior ca gaze permanente.

Experiențele lui Andrews. Temperatura critică a acidului carbonic. — În 1861, fizicianul englez Andrews studiază compresibilitatea acidului carbonic sub presiuni înalte la diverse temperaturi. Pentru a exprima rezultatele obținute, Andrews se servea de o reprezentare grafică.

Să luăm două axe (fig. 61) unul orizontal op și al doilea vertical ov ; pe axul op , începând din o , să ducem lungimi proporționale cu presiunile la cari gazul este supus; pe axul ov , lungimi proporționale cu volumele la cari gazul este redus. Când exercităm asupra masei de gaz o presiune determinată, gazul va ocupa un volum bine definit; dacă presiunea exercitată asupra gazului este proporțională cu lungimea oa și

volumul gazului cu ob , starea gazului va fi reprezentată prin punctul figurativ M , obținut prin întretăierea paralelelor la axele ov și op , duse din extremitățile lungimilor oa și ob . Punctul figurativ reprezintă, prin urmare, starea gazului când la o temperatură dată corpul ocupă un volum și o presiune bine determinată. Când facem să varieze presiunea asupra aceleiași mase de gaz, menținând temperatura constantă, volumul gazului va varia, așa că pentru fiecare presiune în special vom avea un volum bine determinat; fiecare stare a gazului va fi reprezentată prin un punct figurativ deosebit. Reunirea pozițiilor ocupate de punctul figurativ formează o curbă. Astfel, dacă presupunem că considerăm un gaz, care urmează exact legea lui Boyle-Mariotte, punctul figurativ se mișcă pe curba AMB care este o ramură de hiperbolă.

Acest mod de reprezentare grafică stabilit, iată curbele cari reprezintă rezultatele experiențelor lui Andrews asupra acidului carbonic supus la presiuni considerabile între temperaturile $13^{\circ},1$ și $48^{\circ},1$.

Când se comprimă acidul carbonic la temperatura de $13^{\circ},1$ (fig. 62), punctul figurativ se mișcă pe curba cea mai

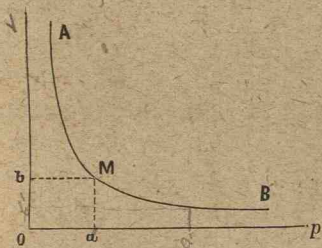


Fig. 61

apropiată de axe. Pe măsură ce presiunea crește, volumul gazului descrește. La presiunea de 48,9 atmosfere, punctul figurativ descinde vertical; volumul corpului descrește în un mod brusc și gazul se licefiază. Dacă continuăm a mări presiunea, ligidul finește prin a se comprima foarte puțin, așa că punctul figurativ se mișcă pe o dreaptă paralelă cu axa presiunilor. Dacă acidul carbonic este închis în un tub transparent, experiența arată că în timpul licefierii, sub presiunea de 48,9 atmosfere, se observă două strate distincte, una inferioară de ligid, alta superioară de gaz; cantitatea de ligid crește gradat pe măsură ce volumul de gaz descrește, până ce tot gazul s'a licefiat.

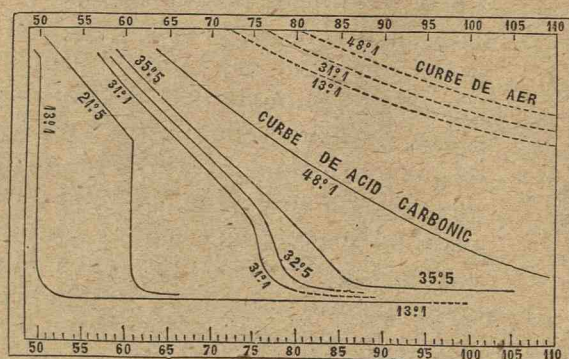


Fig. 62.

Dacă examinăm curba de compresibilitate a gazului la 21°, 5, vom observa că licefierea acidului carbonic la această temperatură se face sub presiunea de 61 atmosfere; diminuarea volumului gazului licefiat este

mai mică și ligidul este mai compresibil decât în cazul precedent. La temperatura de 21°, 5 ca și la temperatura de 13°, 1, se observă o separare bine pronunțată între acidul carbonic ligid și gazos în perioada licefierii.

Dacă încălzim gazul până la temperatura de 31°, 1, aspectul fenomenului este schimbat. Se constată sub presiunea de 75 atmosfere o micșorare a volumului acidului carbonic, dar această micșorare nu este bruscă ca în cazurile precedente. Observând acidul carbonic la această temperatură în un tub transparent, nu vom vedea corpul separându-se în două strate, unul ligid și altul găzos; acidul carbonic se va prezintă sub forma unui fluid omogen în toată întinderea sa. Dacă temperatura descinde foarte puțin sub 31°, 1, sau dacă presiunea descrește foarte puțin sub 75 de atmosfere, experiența arată producțiunea unor undulațiuni în massa fluidului.

Examinând curbele de compresibilitate ale acidului carbo-

nic la $32^{\circ},5$ și $35^{\circ},5$ constatăm că ele au un mers mai regulat, prezentând totuși o inflexiune însă mai puțin pronunțată de cât în cazul precedent. La temperatura de $48^{\circ},1$, curbă de compresibilitate a acidului carbonic are aceeași formă ca și curbele de compresibilitate ale aerului, figurate prin linii punctuate.

Din aceste experiențe, Andrews a dedus că acidul carbonic este licefiabil sub acțiunea presiunii la temperaturi inferioare de $31^{\circ},1$; deasupra acestei temperaturi, acidul carbonic nu este licefiabil oricare ar fi presiunea exercitată asupra lui.

Temperatura de $31^{\circ},1$ este *temperatura critică* sau *punctul critic* al acidului carbonic.

Temperatura critică a gazelor.—Temperatura critică a unui gaz este acea temperatură sub care gazul se poate licefia când este supus la presiuni considerabile. Orice gaz are o temperatură critică care îi este proprie. Așa, pe când temperatura critică a acidului carbonic este $+31^{\circ},1$, temperatura critică a acidului sulfuros este $+155^{\circ}$, a alcoolului etilic $+259^{\circ}$ etc.

Distincțiunea între gaze și vapori bazată pe existența temperaturii critice.—Existența temperaturii critice permite a face o distincțiune mai rațională între gaze și vapori. O substanță gazeiformă putând fi licefiată când exercităm asupra ei presiunii considerabile sub temperatura critică și conservându-și starea găzoasă oricare ar fi presiunea exercitată asupra substanței d'asupra temperaturii critice, se deduce că *substanța gazeiformă va fi un gaz de asupra temperaturii critice și o vapoare sub temperatura critică*. Astfel, acidul carbonic va fi un gaz de asupra temperaturii critice de $31^{\circ},1$ și o vapoare sub această temperatură.

Licefierea gazelor zise permanente.—Utilizând în același timp răcirea și comprimarea, Faraday a reușit a licefia cea mai mare parte din gaze. Până la finele anului 1877, șase gaze și anume: *oxigenul, hidrogenul, azotul, bioxidul de azot, oxidul de carbon și metanul* nu putuseră fi licefiate, de și aceste gaze fuseseră supuse presiunilor celor mai mari și răcite la temperaturile cele mai joase cunoscute până la acea epocă; din acest motiv, aceste gaze erau cunoscute sub numele de *gaze permanente*. Cauza eră că aceste gaze nu fuseseră răcite

suficient, așa că temperaturile gazelor erau totdeauna superioare temperaturilor lor critice. Către finele anului 1877, gazele zise permanente au fost lichefiate simultaneu de Cailletet în Franța și Pictet la Geneva prin două dispozițiuni diferite.

Aparatul lui Cailletet pentru lichefierea gazelor permanente. Vom descrie principiul metodei utilizat de Cailletet pentru a obține răcirii foarte mari precum și aparatul care a servit acestui distins fisician ca să lichefiez gazele zise permanente.

Să presupunem că comprimăm foarte mult un gaz în un spațiu limitat rău conducător de căldură ; după ce lăsăm să se degageze căldura produsă prin comprimare, să decomprimăm gazul lăsându-l să-și mărească brusc volumul sub o presiune inferioară acelei la care a fost supus. Această *destindere bruscă* va produce o răcire considerabilă în masa gazoasă, așa că temperatura gazului se va putea scobori sub temperatura critică. Teoria arată și experiența probează că dacă un gaz, menținut la temperatura ordinară și supus la o presiune de

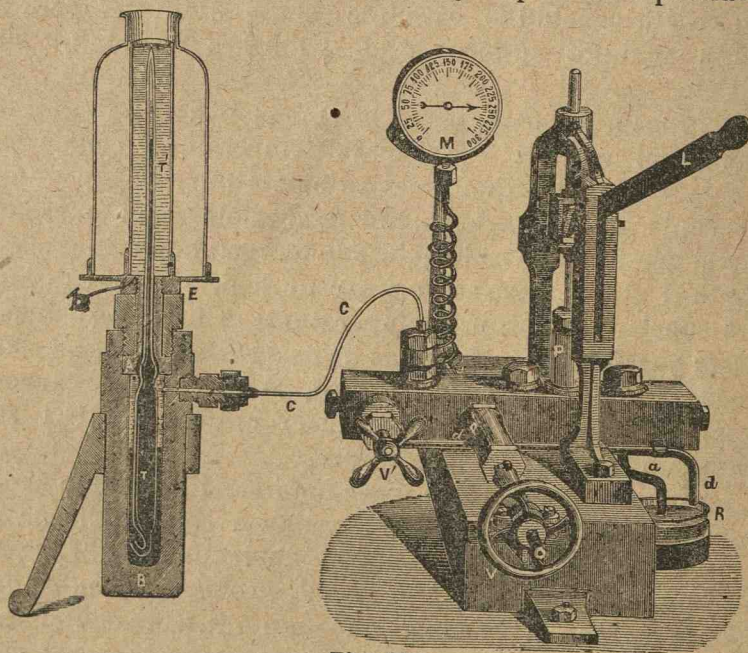


Fig. 63.

300 atmosfere, se destinde brusc așa ca presiunea gazului să fie numai de o atmosferă, temperatura gazului descinde cu mai mult de 200° sub temperatura ordinară.

Aparatul lui Cailletet (fig. 63) este format din două părți fundamentale : pompa de compresiune și un recipient resistant în care se introduce tubul cu gazul supus comprimării. Pompa de compresiune P este o pompă aspiratoare respingătoare, a cărui piston este pus în mișcare de pârghia L. Apa este aspirată în pompa din vasul R prin tubul metalic *a*. Cu această pompă putem exercita presiuni, măsurate prin manometrul metalic M, până la 1000 de atmosfere. Un volant V pune în mișcare un piston, conținut în corpul de pompă P', destinat a mări presiunea în aparat. În fine, mânerul V' determină mișcarea unui robinet cu șurub care permite curgerea ligidului prin tubul *dd*, producând în acest mod o cădere bruscă a presiunii ligidului.

Pompa de compresiune este legată cu recipientul B prin un tub flexibil de oțel *cc*. Recipientul B este format din un bloc de oțel de formă cilindrică închis la basă ; la partea superioară a recipientului B se poate înșuruba garnitura metalică E străbătută în sensul vertical de o deschidere cilindrică.

Gazul, supus licefierii, ecte conținut în rezervoriul de sticlă TT' (fig. 64) format din două tuburi deosebite T și T'

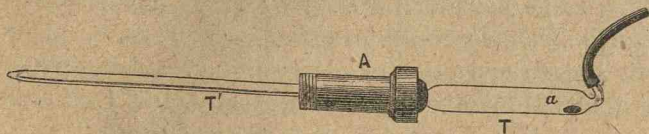


Fig. 64.

reunite prin capetele lor ; tubul T' este capilar și foarte resistant ; tubul T, construit din o sticlă mai subțire, este mai larg și se termină prin un vârf recurbat. La mijlocul rezervoriului TT' este fixată cu un mastic garnitura metalică A.

Pentru a umplea rezervoriul TT' cu gaz, se introduce o mică globulă de mercur *a* la baza tubului T și apoi trecem prin rezervoriu mai mult timp un curent de gazul uscat și pur, pe care voim a 'l licefia. Când aerul este cu totul gonit din rezervoriul TT', închidem la flacăra unei lampi extremitatea tubului capilar. Ridicând rezervoriul în pozițiune verticală, globula de mercur va închide hermetic aparatul.

Introducem apoi vertical rezervoriul TT' în blocul B (fig. 63) ; înșurubând la recipientul B garnitura metalică E, vom parveni a închide perfect recipientul. Din cele expuse, reese că

tubul T' al rezervoriului TT' ce conține gazul, este la presiunea atmosferică. Se înconjoară tubul T' , după cazuri, cu un cilindru, conținând apă sau un alt lichid transparent, de exemplu clorur de metil lichefiat, pentru ca gazul conținut în T' să fie la temperatura ambiantă sau la o temperatură inferioară.

Pentru a lichefia gazul, vom introduce apă în recipientul B prin ajutorul pompei P; mercuriul se va scobori în recipientul B, se va sui în tubul TT' și va comprima gazul, așa că volumul său va fi redus la câțiva centimetri cubi. Așteptăm apoi câțva timp, ca căldura produsă prin comprimare să dispară; mișcăm apoi robinetul cu șurub, comandat de mânerul V' , pentru a determina destinderea bruscă a gazului. Presiunea reducându-se la acea pe care o avea gazul la începutul experienței, gazul va relua în rezervoriul TT' volumul inițial și experiența ne va indica producerea unei negure dese, care durează un timp foarte scurt, provenind din o lichefiere momentană a gazului.

În acest mod, Cailletet comprimând oxigenul și oxidul de carbon la temperatura de -30° sub o presiune de 300 de atmosfere și apoi producând o destindere bruscă a gazelor, ceiace determină o scădere considerabilă de temperatură, reuși a produce o lichefiere momentană a acestor gaze. În un mod analog, Cailletet reuși a lichefia și celelalte gaze zise permanente.

Ca dispozițiuni accesorii la aparatul lui Cailletet, vom adăoga că cilindrul de sticlă, ce înconjură tubul T' , este acoperit la rândul său cu un clopot de sticlă de un diametru mai mare. Clopotul de sticlă servește a usca aerul conținut în spațiul inelar dintre el și N, și a evita ca umiditatea să se depună pe pereții cilindrului N, ceiace ar împiedică să putem vedea fenomenele produse în tubul T' .

Lichefierea persistentă a gazelor zise permanente. Experiențele lui Wroblewski și Olzewski. Cailletet a obținut o lichefiere momentană a gazelor zise permanente. Wroblewski și Olzewski introducând o mică modificare în aparatul lui Cailletet și producând destinderea bruscă a gazelor între două presiuni mari, de exemplu dela 300 atmosfere la 100 atmosfere, ceea ce permitea a scobori temperatura gazului sub temperatura critică și a-l menține totodată la această temperatură sub presiuni considerabile, au reușit a obține gazele zise permanente sub formă de lichide persistente.

Ca exemplu, vom descrie modul cum se poate obține oxigenul sub formă de lichid persistent.

Gazul oxigen este conținut în rezervoriul TT' al aparatului lui Cailletet (fig. 63); tubul T' (fig. 65) însă, este de două ori recurbat și introdus cu extremitatea sa în probeta N, umplută parțial cu etilen licefiat. În dopul, care închide probeta N, pătrunde tubul lateral a, pe care-l punem în legătură cu o mașină pneumatică pentru a face vid în probetă. În experiențele lui Wroblewski și Olzewski, etilenul fu evaporat sub o presiune de 25 milimetri producând o scădere de temperatură inferioară de -118° , care este temperatura critică a oxigenului. Gazul fiind supus apoi la o presiune suficientă se licefiază.

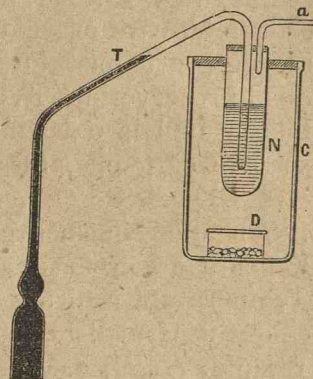


Fig. 65.

Pentru a împiedică ca umiditatea să se depună pe pereții probetei, o încunjurăm cu cilindrul protector C, în care se află un vas cu clorur de calciu.

Temperaturile critice și temperaturile normale de fierbere a câtorva substanțe.—În tabloul de mai jos vom indica temperaturile critice ale câtorva substanțe precum și temperaturile normale de fierbere ale aceluiași substanțe sub presiunea normală de 760 milimetri.

Substanțe	Temperatura critică	Temperatura normală de fierbere
Azot	— 146°	— 194°
Oxigen	— 118°	— 181°
Acid carbonic	+ $31^{\circ},1$	— 78°
Acid sulfuros	+ 155°	— 10°
Ether ordinar	+ 196°	+ 35°
Alcool etilic	+ 259°	+ 78°
Apa	+ 360°	+ 100°

S'a profitat de temperatura normală -181° de fierbere a oxigenului pentru a liceficia azotul. Comprimând azotul în

tubul T' (fig. 65) introdus cu extremitatea în prubeta N care conține oxigen ligid sub presiunea atmosferică, s'a putut produce o scădere de temperatură de -181° , inferioară temperaturii critice -118° a azotului.

Pentru a licefia hidrogenul, se introduce în prubeta N azot ligid, care ferbând sub presiunea atmosferică produce o scădere de temperatură de -194° . Gazul hidrogen este introdus în rezervoriul TT', unde este supus la o presiune considerabilă și apoi la o destindere bruscă. După experiențele recente se pare că temperatura critică a hidrogenului ar fi -234° .

Experiențe cu aerul licefiat. — În timpurile din urmă, Linde din München a realizat un aparat industrial cu care se poate face licefierea aerului atmosferic în cantitate mai mare. Temperatura critică a aerului este -140° .

Cu aerul ligid se pot face o mulțime de experiențe interesante. Astfel, dacă introducem un tub cu alcool în un vas cu aer ligid, alcoolul se solidifică imediat; o mică cantitate de aer ligid, vărsat pe mercur, produce solidificarea acestui ligid; dacă ținem câtvă timp o bucată de fer în aer ligid, acest metal devine friabil. Pe lângă acestea, aerul ligid poate servi la prepararea industrială a oxigenului pur. În adevăr, aerul ligid, fiind format din oxigen ligid, a cărui temperatură normală de ferbere este -181° , și din azot ligid, a cărui temperatură normală de ferbere este -194° , este evident că oxigenul se va vaporiză cel dintâi sub presiunea atmosferică și, în urmă, azotul.

Higrometria.

Prezența vapoarei de apă în atmosferă. Starea higrometrică. — Atmosfera, fiind în contact cu masele mari de apă de pe suprafața pământului, se încarcă cu vaporii de apă. Prezența vaporilor de apă în atmosferă o putem pune în evidență prin condensarea vaporilor sub formă de rouă pe suprafața corpurilor reci. O altă probă este mărirea de greutate a unor substanțe, ca clorul de calciu, varul, acidul sulfuric etc., când sunt lăsate în aerul liber; prin absorbirea vapoarei de apă din atmosferă, aceste substanțe își măresc greutatea.

Cantitatea de vapoare de apă din atmosferă este variabilă

dela un moment la altul. Fenomenele meteorice din atmosferă, ca roua, negura, ploaia etc., nu depind numai de cantitatea absolută de vapoare, conținută în atmosferă la un moment dat, dar și de cantitatea de vapoare ce atmosfera ar trebui s'o conțină la aceeași temperatură pentru ca aerul să fie saturat de vaporii.

Când aerul este aproape saturat de vaporii, așa că o mică scădere de temperatură produce condensarea parțială a vapoareii, se zice că aerul este *umed*. Din contra, când aerul este departe de fi saturat de vaporii, este necesar o scădere de temperatură de mai multe grade pentru a provoca condensarea vapoareii; aerul se zice atunci că este *uscat*. In un mod general, aerul este mai mult sau mai puțin umed după cum vapoarea de apă, ce el conține, este mai apropiată sau mai depărtată de temperatura ei de saturațiune.

Un exemplu va preciza mai bine aceste idei.

Să presupunem că aerul atmosferic este la temperatura de 25° și forța elastică actuală a vapoareii de apă din atmosferă este de 23 milimetri. Tabelele construite de Regnault indică că forța elastică maximă a vapoareii de apă la 25° este 23,6 milimetri și la temperatura de 24° este 22,2 milimetri. Dacă temperatura aerului scade dela 25° la 24°, forța elastică actuală a vapoareii de apă este superioară forței elastice maxime la temperatura de 24° și vapoarea se va licefia parțial; in acest caz, aerul va fi umed.

Să presupunem cazul că forța elastică actuală a vapoareii de apă din atmosferă este tot 23 de milimetri, însă temperatura aerului s'a ridicat la 30°; forța elastică maximă a vapoareii de apă din atmosferă la 30° fiind 31,6 milimetri, vapoarea este îndepărtată de temperatura la care ea este saturantă cu mai multe grade; in acest caz, aerul este uscat.

Starea higrometrică.—Din cele expuse, se vede că gradul de umiditate al aerului nu depinde de forța elastică actuală a vapoareii de apă din atmosferă, dar de raportul între forța elastică actuală și forța elastică maximă a vapoareii la aceeași temperatură. Fie f forța elastică actuală a vapoareii de apă la temperatura t° ; fie F forța elastică maximă a vapoareii la aceeași temperatură; se numește *starea higrometrică* s a aerului atmosferic raportul :

$$s = \frac{f}{F}$$

Starea higrometrică
 f = forța elastică actuală
 F = " " " " maximă

Dacă aerul nu conține vapori de apă, raportul $\frac{f}{F}$ este nul și starea higrometrică este egală cu zero.

Dacă atmosfera este saturată cu vapori de apă la temperatura t , forța elastică actuală f a vapoarei devine egală cu F și raportul $\frac{f}{F}$ este egal cu unitatea; starea higrometrică a aerului, în acest caz, este egală cu unitatea.

Raportul $\frac{f}{F}$ fiind, în general, mai mic decât unitatea, se dă acestui raport și numele de *fracțiune de saturațiune*.

Altă definițiune a stărei higrometrice. Fie f forța elastică actuală a vapoarei de apă din atmosferă la temperatura t ; greutatea p grame a vapoarei conținute în un număr v de centimetri cubi de aer este, după cele cunoscute :

$$(1) \quad p = 0,^{gr}001293 \times \frac{v}{1+\alpha t} \times \frac{f}{760} \times 0,622.$$

Forța elastică maximă a vapoarei de apă la temperatura t fiind F , greutatea P a vapoarei conținute în acelaș volum v este :

$$(2) \quad P = 0,^{gr}001293 \times \frac{v}{1+\alpha t} \times \frac{F}{760} \times 0,622.$$

Divizând rel. (1) cu (2), deducem :

$$\frac{p}{P} = \frac{f}{F}.$$

Însă $\frac{f}{F}$ reprezintă, prin definițiune, starea higrometrică a aerului. Urmează deci că :

$$s = \frac{p}{P}.$$

Starea higrometrică va putea fi încă definită prin raportul între greutatea actuală a vapoarei de apă și greutatea vapoarei ce ar satura acelaș volum de aer la aceeaș temperatură.

Obiectul higrometriei. Higrometre. — Higrometria are de obiect a determina proporțiunea vapoarei de apă conținută în atmosferă. Această problemă poate fi rezolvită :

1) Sau determinând greutatea p de vapori de apă conținută în un volum cunoscut v de centimetri cubi de aer atmosferic ;

2) Sau măsurând forța elastică actuală f a vapoarei de apă din atmosferă ;

3) Sau, în fine, determinând starea higrometrică a aerului definită prin raportul $\frac{f}{F}$ sau prin raportul $\frac{p}{P}$.

Trebue să observăm că cunoaşterea forţei elastice actuale f a vapoarei de apă din atmosferă permite a determina greutatea vapoarei de apă conţinute în un volum v de centimetri cubi de aer atmosferic. În adevăr, dacă t este temperatura aerului, greutatea p grame a v centimetri cubi de vapoare la temperatura t este exprimată prin relaţiunea :

$$p = 0^{\text{gr.}},001293 \times \frac{v}{1 + \alpha t} \times \frac{f}{760} \times 0,622.$$

Reciproc, cunoscându-se p vom putea deduce f .

Cantităţile f sau p cunoscute, este uşor a calcula starea higrometrică. Tablele construite de Regnault ne vor da forţa elastică maximă F a vapoarei la temperatura t ; F fiind cunoscut, vom putea calcula P , greutatea vapoarei de apă ce satură volumul de aer v la temperatura t . De aci vom deduce starea higrometrică exprimată prin unul din raporturile $\frac{f}{F}$ sau $\frac{p}{P}$.

Higrometre. Higrometrele sunt instrumente cu cari putem determina greutatea p a vapoarei de apă conţinută în un volum v de centimetri cubi de aer sau forţa elastică actuală f a vapoarei de apă din atmosferă, de unde se deduce prin calcul starea higrometrică.

Aceste instrumente se pot divide în patru grupe :

1) Higrometre cu cari se măsoară greutatea p a vapoarei de apă ; în această categorie intră *higrometrul chimic*.

2) Higrometre bazate pe deformaţiunea unor substanţe organice când absorb umiditatea din atmosferă ; aceste instrumente nu sunt susceptibile de precisiune şi sunt mai mult nişte higroscopae. Ca tip de acest gen de higrometre vom cită *higrometrul lui Saussure*.

3) Higrometre cu cari se determină temperatura la care descinde termometrul în atmosfera răcită artificial, aşă ca forţa elastică a vapoarei din atmosferă să fie maximă. Intre higrometrele de această categorie vom cită *higrometrele lui Daniell, Regnault şi Alluard*.

4) Instrumente bazate pe diferenţa de temperatură între un termometru uscat şi un termometru umed şi cărora li se dă numele special de *psichrometre*.

Vom descrie aci higrometrul lui Saussure precum şi câteva higrometre bazate pe condensarea vaporilor de apă.

Higrometrul lui Saussure. — Sunt unele substanțe, de origină animală sau vegetală, cari au proprietatea de a absorbi vapoarea de apă din atmosferă și a-și mări volumul; acestor substanțe li se dă numele de *substanțe higrometrice*. În această categorie intră lemnul, care absorbind vapoarea de apă își mărește volumul în o direcțiune perpendiculară direcțiunii fibrelor. Firele de păr sunt, de asemenea, substanțe higrometrice; ele absorbind vapoarea de apă își măresc volumul în sensul lungimii firelor.

Vom descrie higrometrul lui Saussure, bazat pe proprietatea ce o au firele de păr de a se lungi sau a se scurta, după cum sunt puse în o atmosferă umedă sau uscată.

Saussure a construit higrometrul, care poartă numele său, în modul următor:

Se ia o șuviță de fire de păr lungi și subțiri, pe cari le curățăm punându-le în o leșie care conține 10 grame de carbonat de sodiu în un litru de apă; după o ferbere de 30 minute, firele sunt spălate și uscate.

Se fixează unul din aceste fire (fig. 66) cu capătul de sus, în B la un suport de metal A; capătul de jos al firului este înfășurat pe un scripete C și terminat prin o greutate D, destinată a ține firul întins. Pe axa scripetului este fixat un ac indicator, mobil înaintea unui cadran pe care vor fi făcute gradațiunile higrometrului. După modul cum este construit aparatul, se vede că acul se va dirige către partea superioară a cadranului, când aerul este umed; acul se va mișcă în sens opus, când aerul este uscat.

Pentru a gradă higrometrul, vom acoperi aparatul cu un clopot de sticlă, în care se introduce în același timp un vas conținând acid sulfuric; vapoarea de apă din clopotul de sticlă fiind absorbită de acidul sulfuric, se va nota cu zero locul unde se oprește acul indicator. Se introduce apoi sub clopot un vas cu apă; atmosfera, ce înconjoară higrometrul, va fi saturată cu vapoare de apă și locul unde se va opri acul indicator va fi notat cu 100. Urmează deci că, în cazul când acul se oprește

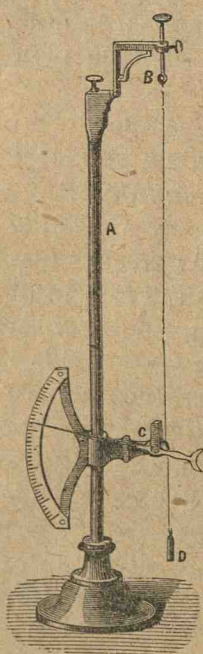


Fig. 66.

înaintea diviziunii zero, aerul este absolut uscat ; când acul se oprește înaintea diviziunii 100, aerul este saturat de vapori ; în primul caz, starea higrometrică este egală cu zero, în cel al doilea cu unitatea. Arcul coprins între 0 și 100 se divide în 100 de părți egale.

Diviziunile aparatului nu reprezintă, însă, starea higrometrică a aerului ; astfel dacă acul indicator al higrometrului se oprește înaintea diviziunii 50, aceasta nu însemnează că starea higrometrică este 0,5 ; după experiențele lui Regnault, starea higrometrică ar fi 0,28 în acest caz. Se poate deduce de aci că aparatul lui Saussure este mai mult un higroscop, servind a indica variațiunile umidității din atmosferă.

Regnault a indicat modul cum aparatul lui Saussure poate indica starea higrometrică. Regnault prepară soluțiuni titrate de acid sulfuric : $S O_4 H^2 + H^2 O$, $S O_4 H^2 + 2 H^2 O$, ... $S O_4 H^2 + n H^2 O$, cu 1, 2, 3... n molecule de apă și determină forța elastică maximă a vapoarei produsă de aceste soluțiuni pentru temperaturi coprinse între 0° și 50°. Regnault suspendă apoi higrometrul în un cilindru mare de sticlă, a cărui deschidere superioară este închisă cu un obturator de sticlă. Introducând în cilindrul de sticlă un vas conținând una din soluțiunile preparate, precum și un termometru pentru a ceta temperatura, se observă că acul indicator se oprește înaintea unei diviziuni n de exemplu. Fie t temperatura indicată de termometru ; vom căuta în tablele construite de Regnault, forțele elastice f și F ale vapoarei produsă de soluțiunea titrată, de care ne-am servit, precum și de apa pură la temperatura t ; raportul $\frac{f}{F}$ este starea higrometrică corespundență diviziunii n a higrometrului lui Saussure.

Determinând în un mod analog starea higrometrică și a altor diviziuni, se va putea calcula starea higrometrică pentru fiecare diviziune în parte.

Fiecare higrometru de acest gen va trebui a fi gradat în parte ; Regnault a arătat, în adevăr, că la aceiași diviziune a două higrometre deosebite corespund două stări higrometrice distincte.

Higrometre bazate pe condensarea vaporilor de apă pe o suprafață răcită. — Principiul acestor higrometre a fost indicat de Le Roy, din Montpellier, care a construit cel dintîi higrometru de acest gen.

Iată principiul pe care sunt bazate aceste higrometre. Să considerăm un vas plin cu apă la temperatura ambiantă t și pe care să-l răcim încetul cu încetul prin introducerea a mici bucățele de ghiață în vas; stratele de aer în contact imediat cu suprafața vasului se vor răci și ele și va veni un moment când vaporii de apă din acele strate vor ajunge la temperatura t' , la care vapoarea de apă devine saturantă; o mică scădere de temperatură sub t' va produce condensarea vaporilor de apă cari se vor depune sub formă de rouă pe suprafața răcită. Forța elastică a vaporilor din atmosferă rămânând aceiași la temperaturile t și t' , urmează că forța elastică actuală f a vapoarei de apă la t^0 este forța elastică maximă a acelorași vapori de apă la t' .

Este ușor, cunoscând forța elastică maximă f la temperatura t' , să deducem greutatea p a vapoarei de apă conținută în atmosferă. De asemenea, pentru a cunoaște starea higrometrică s a aerului, vom căuta în table forța elastică maximă F a vapoarei de apă la t^0 ; raportul $\frac{f}{F}$ este starea higrometrică.

Pentru a determina temperatura t' , la care vaporii de apă din atmosferă sunt saturanți, vom observa temperatura t_1 când începe roua a se depune pe suprafața răcită, precum și temperatura t_2 , când roua începe să dispară. Temperatura t_1 este ceva inferioară temperaturii t' și t_2 puțin superioară aceleiași temperaturi t' .

Temperatura t' va fi media aritmetică a temperaturilor t_1 și t_2 :

$$t' = \frac{t_1 + t_2}{2}.$$

Vom descrie aci higrometrele lui *Daniell*, *Regnault* și *Alluard*, basate pe principiul indicat.

Higrometrul lui Daniell. Higrometrul lui Daniell (fig. 67) se compune din două globuri de sticlă A și B reunite între ele prin un tub de sticlă C de două ori recurbat în unghi drept. Globul A, format din sticlă albastră, conține în interior un termometru foarte sensibil. Globul B este terminat prin un vârf deschis, ceace permite a introduce ether în aparat. Se ferbe etherul din higrometru pentru a goni aerul și se închide la o lampă vârful deschis al globului B. Se acoperă, în urmă, globul B cu muselină. Pe suportul D al aparatului se fixează

un termometru care va indica temperatura ambientă a atmosferei.

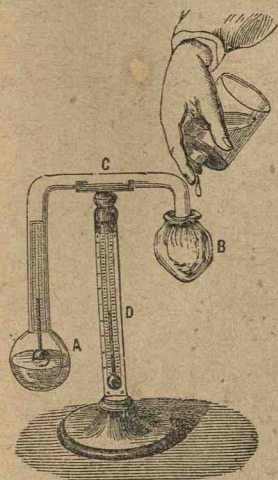


Fig. 67.

Pentru a face o experiență cu acest higrometru, vom trece mai întâiu tot etherul în globul A. Turnăm apoi ether picătură cu picătură peste muselina ce acoperă globul B. Lichidul vaporizându-se, globul B se va răci și vaporii de ether din interiorul acestui glob se vor condensă parțial. Forța elastică a vaporilor din B micșorându-se se va produce, conform principiul lui Watt, distilarea etherului din globul A în globul B. Vaporizarea etherului din A produce răcirea globului A precum și a aerului ce încunjoară acest glob. Când răcirea este suficientă, vaporii de apă

din atmosferă se condensează și se depun pe suprafața globului A sub formă de rouă. Culoarea albastră a globului A permite a observa cu înlesnire momentul când roua s'a depus.

Fie t_1 temperatura indicată de termometru introdus în ether când roua începe a se depune pe globul A; această temperatură t_1 este aproximativ aceea a suprafeței răcite a globului A. Fie t_2 temperatura arătată de același termometru când roua începe să dispară. Temperatura t' este după cele văzute :

$$t' = \frac{t_1 + t_2}{2}.$$

Fie t temperatura ambientă indicată de termometrul fixat pe suport.

Dacă forțele elastice maxime ale vapoarei de apă corespunzătoare temperaturilor t' și t sunt f' și F , starea higrometrică a aerului va fi : $\frac{f}{F}$.

Experiențele făcute cu acest aparat nu sunt tocmai precise. Etherul din globul A răcindu-se mai înainte de glob, termometrul introdus în ether nu va arăta exact temperatura la care se depune roua, dar o temperatură mai joasă. Cantitatea de vapori de apă din atmosferă este mărită prin prezența observatorului care, prin respirațiune, introduce în at-

mosferă vapori de apă. Pe lângă acestea etherul evaporat pe muselina globului B nu este nici odată anhidru, așa că contribuie și el la mărirea cantității de vapoare de apă din atmosferă.

Higrometrul lui Regnault. Pentru a evita inconveniențele semnalate la higrometrul lui Daniell, Regnault se servește de un aparat dispus în modul următor: Un cilindru de sticlă A (fig. 68) este terminat la bază cu un degetar de

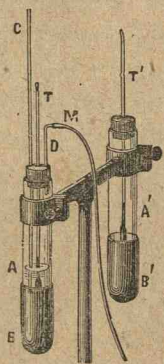


Fig 68.

argint B subțire și luciu la suprafața sa externă. Tubul AB este umplut parțial cu ether. În dopul, ce închide tubul AB, străbate un tub lung C deschis la ambele capete și care pătrunde în ether; un al doilea tub D, terminat la partea inferioară a dopului, este pus în comunicațiune prin tubul de cauciuc M cu un aspirator analog aceluia descris la higrometrul chimic; în fine, termometrul T introdus în ligidul din tubul AB va indica temperatura. Deschizând robinetul aspiratorului, aerul va circula prin etherul din tubul AB și va produce vaporizarea acestui ligid. Vaporizarea etherului va fi însoțită de răcirea acestui ligid precum și a degetarului B ce-l conține; vaporii din stratele de aer vecine cu tubul AB răcindu-se se vor condensă și se vor depune pe degetarul de argint.

Pentru a observa cu precisiune momentul depunerii rouei, se instalează în apropierea tubului AB un tub identic A'B' format din cilindrul de sticlă A' și degetarul de argint B', luciu de asemenea la suprafața sa externă; un termometru T' introdus în A'B' indică temperatura ambiantă. Experimentatorul instalat la o distanță de câțiva metri de aparat, poate observă cu o lunetă suprafețele lucii ale degetarelor B și B' precum și diviziunile mărite ale termometrelor T și T'. Făcând să funcționeze aspiratorul, când atmosfera este suficient răcită, vaporii de apă din atmosferă se vor condensă și depune sub formă de rouă pe degetarul B, ceea ce observatorul va putea ușor constată prin diferența de lucire a suprafețelor externe ale degetarelor B și B'. Regulând în mod convenabil robinetul aspiratorului, vom putea produce o circulație de aer prin tubul AB mai vie sau mai încetă, și vom putea face ca depunerea și disparițiunea rouei să se facă la două temperaturi foarte

apropiate între ele. Cetine temperaturile t_1 și t_2 , indicate de termometrul T, la care se depune și dispare roua de pe degetarul B, temperatura t' la care forța elastică actuală a vaporilor de apă din atmosferă va fi maximă, va fi :

$$t' = \frac{t_1 + t_2}{2}.$$

Temperatura ambiantă t este dată de termometrul T'. Forțele elastice maxime ale vaporilor de apă la t' și t fiind f și F, starea higrometrică va fi: $\frac{f}{F}$.

Am spus că higrometrul lui Regnault nu prezintă inconvenientele higrometrului lui Daniel. În adevăr, etherul fiind neconținut agitat și degetarul de argint B fiind subțire și bun conductor de căldură, temperatura stratelor de aer ce înconjoară degetarul B este exact temperatura etherului din tubul AB; pe lângă acestea, observatorul, fiind îndepărtat de higrometru, nu introduce prin prezența sa vapori de apă cari ar modifica starea higrometrică a aerului.

Higrometrul lui Alluard. Alluard a simplificat și perfecționat, în același timp, higrometrul lui Regnault. Higrometrul lui Alluard (fig. 69) este format din un mic rezervoriu paralelipipedic de metal A, care conține ether. Una din fețele verticale ale rezervoriului este făcută de argint sau de alamă aurită; această față este plană și foarte lucie. O lamă B plană, lucie și construită în același mod ca și fața lucie verticală a rezervoriului, înconjoară această față fără a fi însă în contact direct. În rezervoriul A străbate tubul recurbat GD, care ajunge până aproape de fundul său; un al doilea tub recurbat CF se termină la partea superioară a rezervoriului A; în fine, tubul lateral E, terminat prin o pâlnie, servește la introducerea etherului în rezervoriul A. Tuburile GD și CF sunt prevăzute fiecare cu câte un robinet.

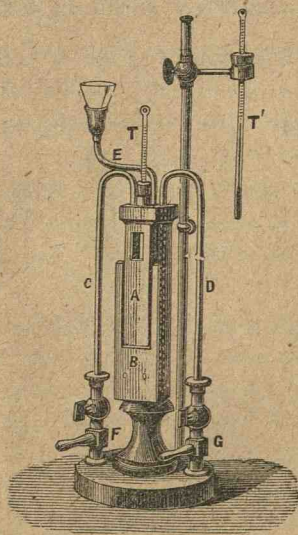


Fig. 69.

Un termometru T atinge cu baza sa etherul din rezer-

voriu : un al doilea termometru T' indică temperatura ambiantă. O mică deschidere făcută pe fața verticală aurită și închisă cu sticlă permite a observa gradul de agitare a etherului din rezervoriu.

Pentru a determina starea higrometrică a aerului cu acest aparat, deschidem robinetele cu cari sunt prevăzute tuburile GD și CF și punem în comunicațiune tubul CF cu un aspirator în cazul când aparatul este destinat a rămâne neconținut în acelaș loc, sau însuflăm aer prin tubul GD cu ajutorul unui suflător când facem observațiuni în diverse locuri. Circulațiunea aerului prin etherul din rezervoriul A va produce vaporizarea etherului și, prin urmare, răcirea acestui lichid și a feței aurite a rezervoriului. Când răcirea este suficientă, roua se va depune pe această față ; pe lama B însă, care nu este răcită, roua nu se va depune. Vom putea ușor observa aparițiunea și disparițiunea rouei de pe față aurită prin comparațiunea acestei fețe cu suprafața lamei B.

Prin ajutorul unei lunete așezate la distanță, vom observa temperaturile t_1 și t_2 , indicate de termometrul T, ale aparițiunei și disparițiunei rouei de pe fața lucie a rezervoriului ; vom observa, de asemenea, cu luneta și temperatura ambiantă t cetită la termometrul T' . Vom căuta în table forțele elastice f și F corespunzătoare temperaturilor $\frac{t_1+t_2}{2}$ și t și vom deduce starea higrometrică $\frac{f}{F}$ a aerului.

CALORIMETRIA

Generalități. *asta*

Cantitate de căldură. Obiectul calorimetriei.—Experiența arată că pentru a încălzi 1, 2, 3 etc. kilograme de o substanță oarecare de la 0° la t° , de exemplu, trebuie a cheltui o cantitate de combustibil proporțională cu greutatea corpului. Corpul va absorbi deci, pentru a și ridica temperatura de la 0° la t° *cantități de căldură* proporționale cu greutatea sa.

Obiectul calorimetriei. Calorimetria are de obiect măsura cantităților de căldură.

Studiul calorimetriei coprinde, în general, următoarele părți: a) determinarea cantității de căldură absorbite de un corp când își ridică temperatura cu un număr oarecare de grade; b) determinarea cantității de căldură absorbite sau degajate de corp pentru a trece din starea solidă în starea licădă sau din starea licădă în starea de vapori și reciproc; c) determinarea cantităților de căldură cari intervin în reacțiunile chimice ale corpurilor.

Unitatea de căldură: caloria. Definițiunea practică a caloriei.—Pentru a măsura cantitățile de căldură, ne servim de o *unitate de căldură*. Unitatea de căldură este *caloria* definită în modul următor: *caloria este cantitatea de căldură ce trebuie a da unui gram de apă licădă pentru a i ridica temperatura de la 0° la 1° .*

Caloria, definită în modul acesta, constituie *mica calorie* sau *caloria gram-grad*.

Se usită, în unele cazuri, și *marea calorie* sau *caloria*,

kilogram-grad. Marea calorie este cantitatea de căldură absorbită de un kilogram de apă ligidă pentru a-i ridică temperatura dela 0° la 1° .

Definițiunea practică a caloriei. Experiența arată că, dacă amestecăm un gram de apă ligidă la 0° cu un gram de apă la 2° , temperatura amestecului va fi de 1° ; aceasta indică că gramul de apă încălzit la 2° a cedat gramului de apă la 0° o calorie, sau invers gramul de apă la 0° a câștigat o calorie. Dacă continuăm experiența și amestecăm un gram de apă la 0° cu un gram de apă la t° , temperatura amestecului va fi foarte apropiată de $\frac{t}{2}$; prin urmare, gramul de apă la t° a cedat gramului de apă la 0° un număr de calorii egal cu $\frac{t}{2}$.

Experiențele dau rezultate analoage până la 50° aproximativ.

Aceste verificări experimentale confirmă că este necesar aproape aceiaș cantitate de căldură pentru a ridică temperatura unui gram de apă dela 0° la 1° , dela 1° la 2° , și, în general, dela t° la $t+1$ grade, cu condițiune ca temperatura să nu se ridice peste 50° .

De aci se deduce definițiunea practică a caloriei: *Caloria este cantitatea de căldură ce trebuie a dà unui gram de apă pentru a-i ridică temperatura dela t° la $t+1$ grade.* Această definițiune corespunde micei caloriei sau caloriei gram-grad.

Marea calorie sau caloria kilogram-grad va fi cantitatea de căldură absorbită de un kilogram de apă pentru a-i ridică temperatura dela t° la $t+1$ grade. Marea calorie valorează 1000 de mici calorii.

Cantitatea de căldură absorbită de P grame de apă când încălzim ligidul.—Vom examina următoarele două cazuri:

1). Să presupunem că încălzim P grame de apă dela 0° la t° . Cantitatea de căldură ce trebuie a dà unui gram de apă pentru a-i ridică temperatura dela 0° la t° fiind t calorii, cantitatea de căldură Q ce trebuie a dà la P grame de apă în aceleași condițiuni va fi Pt calorii. Vom avea deci:

$$Q = Pt.$$

2). Să presupunem că încălzim P grame de apă dela t° la t' grade. Cantitatea de căldură Q ce trebuie a dà la P grame de apă în aceste condițiuni va fi: $P(t'-t)$ calorii.

Vom avea, prin urmare:

$$Q = P (t' - t).$$

Căldura specifică. — Dacă încălzim greutateți egale de diverse substanțe între aceleași grade de temperatură, de exemplu dela t^0 la t' grade, experiența arată că fiecare din ele absoarbe cantități diferite de căldură. Astfel, dacă amestecăm la un loc un kilogram de mercur încălzit la 100^0 cu un kilogram de apă la 0^0 , vom vedea că temperatura amestecului este aproximativ de 3 grade; temperatura mercurului s'a scoborit cu 97^0 pe când temperatura apei s'a ridicat numai cu 3^0 . Urmează deci, că cantitatea de căldură cedată de un kilogram de mercur, a cărui temperatură s'a scoborit cu 97^0 , este egală cu cantitatea de căldură câștigată de apă care este de 3 mari calorii.

Se definește *căldura specifică a unui corp la t^0 cantitatea de căldură ce trebuie a da unui gram din acest corp pentru a i ridica temperatura cu un grad centigrad dela t^0 la (t^0+1) grade.*

Această definițiune a căldurei specifice indică că căldura specifică a unui corp varie cu temperatura; experiența a arătat, în adevăr, că căldura specifică crește cu temperatura.

Se definește *căldura specifică medie a unui corp, când corpul este încălzit dela t^0 la t' grade, raportul între cantitatea q de căldură absorbită de un gram de corp și diferența $t' - t$ a temperaturilor între cari a fost încălzit.*

Căldura specifică medie C va fi reprezentată deci prin relațiunea :

$$C = \frac{q}{t' - t}.$$

Expresiunea cantității de căldură absorbită de P grame de o substanță oarecare când o încălzim dela t^0 la t' grade.

Să presupunem că încălzim P grame din un corp oarecare dela t^0 la t' grade. Fie C căldura specifică medie a corpului între t^0 și t' grade. Dacă corpul cântărește un gram, cantitatea q de căldură absorbită de corp între t^0 și t' grade este exprimată, după cele văzute, prin relațiunea :

$$(1) \quad q = C (t' - t).$$

Dacă corpul cântărește P grame, este evident că cantitatea de căldură Q , absorbită de corp în acest cas, va fi de P ori mai mare :

$$(2) \quad Q = PC (t' - t).$$

Să presupunem că încălzim P grame din un corp oare-

care între 0_0 și T . Cantitatea de căldură Q absorbită de P grame de corp în acest caz va fi, repetând un raționament analog ca în cazul precedent :

$$(3) \quad Q = P C T.$$

Relațiunea (3) se poate deduce din relațiunea (2), făcând $t=0$ și $t'=T$.

Capacitatea calorică sau echivalentul în apă a unui corp. — S'a văzut că cantitatea de căldură Q absorbită de P grame de corp, încălzit dela t_0 la t' grade, și a cărui căldură specifică este C între aceste temperaturi, este exprimată prin relațiunea :

$$Q = P C (t' - t_0).$$

Să presupunem că diferența $t' - t_0$ a temperaturilor este egală cu unitatea. Relațiunea precedentă devine :

$$Q = P C.$$

Productului $P C$ i se dă numele de *capacitate calorică sau echivalentul în apă a corpului*. Productul $P C$ este greutatea exprimată în grame a apei, care ar absorbi aceiași cantitate de căldură ca și greutatea P grame a corpului dat, pentru a se încălzi cu un grad centigrad.

Principii fundamentale ale calorimetriei. — În studiul calorimetriei se face neconținut us de următoarele două principii :

1) *Principiul egalității cantităților de căldură cari intervin în fenomenele inverse.* Cantitatea de căldură absorbită de un corp pentru a produce un fenomen în condițiuni determinate, este egală cu cantitatea de căldură degajată de corp pentru a se produce un fenomen invers în aceleași condițiuni. Astfel, dacă Q este cantitatea de căldură absorbită de un corp pentru a și ridica temperatura dela t_0 la t' grade, tot aceiași cantitate Q de căldură va fi degajată de corp când se va răci dela t' la t_0 .

2) *Principiul egalității schimbului de căldură.* — Când se efectuează un schimb de căldură între două sisteme de corpuri la temperaturi diferite, există tot-d'a-una egalitate între suma cantităților de căldură cedate de un sistem de corpuri și suma cantităților de căldură primite de cel al doilea sistem.

Căldura specifică a corpurilor solide și lichide.

Metode diverse pentru determinarea căldurilor specifice a corpurilor solide și lichide.—Intre metodele usitate pentru a determina căldurile specifice a corpurilor solide și lichide vom cita :

- a) *metoda amestecurilor*, indicată de Black ;
- b) *metoda topirei gheței*, datorită de asemenea lui Black ;
- c) *metoda lui Bunsen* ;
- d) *metoda răcirii*, indicată de Dulong și Petit.

Vom descrie succesiv modul de a determina căldurile specifice prin fiecare din aceste metode.

Metoda amestecurilor.—Această metodă, indicată pentru prima oară de fizicianul scoțian Black, este una din cele mai precise. Ea se aplică atât la corpurile solide cât și la cele lichide.

Principiul metodei amestecurilor. Se încălzește o greutate P grame din corpul a cărui căldură specifică voim a determina la o temperatură cunoscută T . Se introduce apoi corpul în o greutate p grame de apă la temperatura t . Să presupunem că temperatura T a corpului este mai mare de cât temperatura t a apei ; corpul încălzit la T grade va cedă căldură apei și temperatura sa va scădea ; apa va absorbi căldură și temperatura sa se va ridica. După un timp oarecare, un echilibru de temperatură se va stabili ; fie t_1 temperatura finală a amestecului. In virtutea principiului schimbului de căldură, cantitatea de căldură cedată de corp este egală cu cantitatea de căldură câștigată de apă.

Fie x căldura specifică a corpului. Temperatura corpului scăzând dela T la t_1 grade, cantitatea de căldură cedată de corp apei este $P x (T-t_1)$ calorii ; cantitatea de căldură câștigată de apă, a cărei temperatură s'a ridicat dela t la t_1 , este $p (t_1-t)$ calorii. Aceste două cantități de căldură fiind egale, putem scrie :

$$P x (T-t_1) = p (t_1-t).$$

Din această relațiune vom deduce căldura specifică x a corpului :

$$x = \frac{p (t_1-t)}{P (T-t_1)}.$$

Aparatul care servește la determinarea căldurilor specifice prin metoda amestecurilor. Acest aparat este format din vasul A de alamă (fig. 70) cu pereții foarte subțiri, care con-

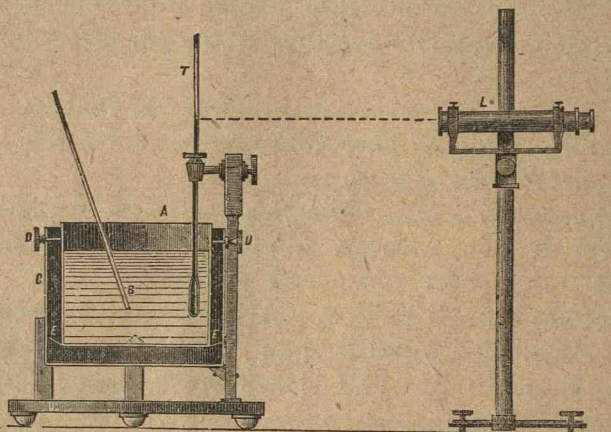


Fig. 70.

ține o greutate determinată p de apă la temperatura ambiantă t . Vasului A i se dă numele de *calorimetru*. Corpul, a cărui căldură specifică vom a determina și a cărui greutate P s'a măsurat prealabil, este încălzit la o temperatură cunoscută T . După ce corpul a fost introdus în calorimetrul A, mișcăm apa din calorimetru cu agitatorul B, pentru ca temperatura să fie uniformă în toată masa lichidului. Termometrul T introdus în lichidul din calorimetru va indica temperatura finală t_1 a amestecului. Indicațiunile termometrului T sunt citite cu luneta L, care se poate mișcă pe o coloană verticală.

Fie p grame greutatea apei, p' grame greutatea vasului de alamă care constituie calorimetrul, p'' grame greutatea sticlei agitatorului B și a termometrului T, și, în fine, p''' grame greutatea mercurului din termometrul T. Fie, de asemenea, c' , c'' , c''' căldurile specifice ale alamei, sticlei și mercurului.

Cantitatea de căldură câștigată de apa din calorimetru, de calorimetrul A, de agitatorul B și termometrul T, când temperatura se ridică de la t^0 la t_1 grade, va fi în calorii :

$$(p + p'c' + p''c'' + p'''c''')(t_1 - t).$$

Cantitatea de căldură cedată de corp este :

$$Px(T - t_1).$$

Aceste două cantități de căldură fiind egale, vom putea scrie :

$$(1) \quad Px (T-t_1) = (p + p'c' + p''c'' + p'''c''') (t_1 - t).$$

Să notăm :

$$p + p'c' + p''c'' + p'''c''' = P_1;$$

P_1 constituie *capacitatea calorică* sau *echivalentul în apă* a calorimetrului și a conținutului său.

Relațiunea (1) se poate scrie :

$$(2) \quad Px (T-t_1) = P_1 (t_1 - t).$$

Din relațiunea (2) putem deduce căldura specifică x .

Relațiunile (1) și (2) presupun cunoscute căldurile specifice c' , c'' , c''' al alamei, din care este constituit vasul calorimetric, a sticlei și a mercurului. S'ar putea determina direct constantele c' , c'' , c''' , experimentând succesiv cu alama, sticla și mercurul încălzite la temperatura T și introduse în calorimetru. Operând în acest mod vom obține un sistem de trei ecuațiuni de primul grad cu trei necunoscute c' , c'' , c''' ; se va putea deduce din aceste ecuațiuni valorile constantelor c' , c'' , c''' .

Experiența arată că calorimetrul, încălzindu-se deasupra temperaturii ambiante, cedează căldură prin conductibilitate și radiare corpurilor învecinate. Pentru a se evita pierderea căldurii prin conductibilitate, calorimetrul este introdus în interiorul unui vas de alamă C ; calorimetrul A este susținut în acest vas pe două fire de mătase EE dispuse orizontal aproape de fundul vasului C ; patru cuie de lemn DD servesc a fixa calorimetrul. Pierderea căldurii prin radiare a calorimetrului este evitată, poliindu-se fața externă a calorimetrului A precum și fața internă a vasului C .

Determinarea căldurii specifice a licidei prin metoda amestecurilor. Aparatul descris poate servi la determinarea căldurilor specifice ale corpurilor licide.

Licidul, a cărui căldură specifică se caută, este introdus în un tub cu pereți subțiri. Fie p_1 greutatea tubului și c_1 căldura sa specifică determinată prin o experiență anterioară; fie p_2 greutatea licidei și x căldura sa specifică necunoscută. Cantitatea de căldură perdută de tub și de licid, a căror temperatură se coboară de la T la t_1 , exprimată în calorii este :

$$(p_1c_1 + p_2x) (T - t_1).$$

Această cantitate de căldură este egală cu cea câștigată de calorimetru și conținutul său, când temperatura se ridică de la t la t_1 , adică cu $P_1 (t_1 - t)$.

Vom avea deci relațiunea :

$$(p_1 c_1 + p_2 x) (T - t_1) = P_1 (t_1 - t),$$

de unde se va deduce căldura specifică x a ligidului.

Pentru ca determinările să fie precise, se obicinuește a se face corecțiuni relativ la pierderea căldurei calorimetrului prin radiare.

Calorimetrul lui Berthelot.—Aparatul, cunoscut sub numele de *calorimetrul lui Berthelot*, permite a determina exact și cu rapiditate cantitățile de căldură cari intervin în reacțiunile chimice.

Calorimetrul lui Berthelot (fig. 71) este format din un

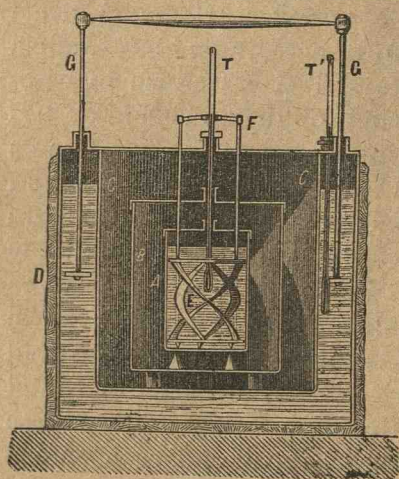


Fig. 71.

vas de platină sau de alamă aurită A, cu pereții foarte subțiri și închis cu un obturator de același metal; vasul A constituie calorimetrul propriu zis în care sunt introduse substanțele supuse experienței. Obturatorul este prevăzut cu deschideri, cari permit introducerea în calorimetru a termometrului T și a agitatorului EF.

Vasul calorimetric este așezat pe trei suporturi de lemn, rele conducătoare de căldură, în interiorul cilindrilor de cupru

B, a cărui suprafață internă este aurită. Cilindrul B este acoperit cu un obturator de metal, prevăzut cu deschideri convenabile, prin care străbate termometrul și agitatorul. Cilindrul metalic B, la rândul său, este așezat pe trei dopuri de plută, rele conducătoare de căldură, în interiorul cilindrilor metalici CC cu pereții dubli. Spațiul dintre pereți este umplut cu apă la temperatura ambiantă. Un agitator GG pune în mișcare stratele de apă din cilindrul C, a căror temperatură este cunoscută grație termometrului T'. Cilindrul B este acoperit cu un disc de carton, prin care străbat termometrul T și agitatorul EF.

În fine, cilindrul C este învelit cu un strat de pâslă D, rău conducător de căldură.

Agitatorul EF, care servește a amesteca ligidul din vasul calorimetric A, are o formă specială. El este format din patru

lame, în formă de elice, reunite la capete prin două inele orizontale; de inelul orizontal superior sunt fixate vergele cari ies afară din calorimetru și servesc a pune în mișcare agitatorul.

Cilindrul protector CC și pâsla D servesc a apăra calorimetrul de căldura ce ar câștiga-o prin prezența experimentorului; putem citi direct termometrul T fără a ne servi de o lunetă îndepărtată de calorimetru, după cum s'a văzut deja anterior. Experiența arată că ne putem dispensa de a face corecțiunea relativ la răcirea calorimetrului în cazul când determinarea durează numai câteva minute și ridicarea temperaturii calorimetrului asupra temperaturii ambiante nu este mai mare de 2 grade.

Determinarea căldurilor specifice prin metoda topirii gheței. — Pentru a determina căldurile specifice prin această metodă, se ia o bucată de gheață A (fig. 72), a cărei temperatură este 0°, și se face în interiorul ei o cavitate care se acoperă în urmă cu o lamă de gheață B. După ce s'a șters bine interiorul cavității, se introduce corpul încălzit la T° și a cărui greutate este P grame; se închide apoi cavitatea cu lama de gheață B. Temperatura corpului va descinde la 0° și căldura pierdută de corp va servi a topi gheața. Vom culege apa provenită din topirea gheței cu hârtie sugătoare; creșterea greutății hârtiei reprezintă greutatea gheței ce s'a topit. Fie p grame gheața topită.

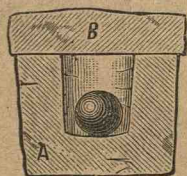


Fig. 72.

S'a stabilit, prin experiență, că un gram de gheață la 0° absoarbe 80 mici calorii pentru a trece în stare de apă lăcidă tot la temperatura de 0°; deducem de aci, că greutatea p grame de apă, provenită din topirea gheței, a absorbit 80 p calorii. De altă parte, căldura pierdută de P grame de corp a cărui temperatură descinde dela T grade la 0° este P x T, unde x este căldura specifică a corpului.

Conform principiului egalității schimbului de căldură, vom putea scrie :

$$P x T = 80 p,$$

de unde se va deduce căldura specifică x a corpului.

Această metodă este lipsită de precisiune, atât din cauza dificultății de a determina exact greutatea p de gheață topită,

cât și din motivul că temperatura interioară a blocului de gheață A poate să fie inferioară temperaturii de 0° . Experiența arată că, pentru ca blocul de gheață să fie la 0° în toate părțile sale, trebuie a'l ține un timp îndelungat în contact cu fragmente mici de gheață la 0° .

Aparatul lui Lavoisier și Laplace. Lavoisier și Laplace, servindu-se de metoda fuziunii gheței indicate de Black, au determinat căldurile specifice prin un dispozitiv diferit. Aparatul lui Lavoisier și Laplace (fig. 73) este un vas de metal,

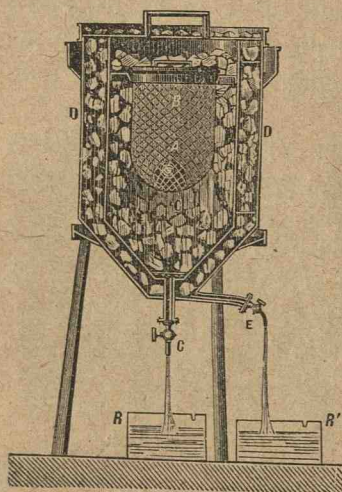


Fig. 73.

coprinzând mai multe camere concentrice. Camera centrală este formată din un rezervoriu metallic găurit B, în care se introduce corpul A a cărui căldură specifică se caută. Rezervoriul B este acoperit cu un capac. Camera B este înconjurată de o cameră concentrică, care se umple cu gheață redusă în mici fragmente; această gheață, absorbind căldura, se transformă în apă, a cărei temperatură este 0° și pe care o culegem prin robinetul C în vasul R. În fine, o a treia cameră DD, care conține de asemenea gheață, înconjură camerile centrale și servește a

opri comunicarea căldurii exterioare la camerile centrale. Apa, provenită din lichefierea gheței din camera DD, se scurge prin robinetul E în vasul R'. Această din urmă cameră este și ea acoperită cu un capac.

Să presupunem că corpul A încălzit la T grade cântărește P grame; greutatea apei culese în vasul R fie p grame. Cantitatea de căldură pierdută de corp, a cărui temperatură descinde la 0° , este: $P \times T$ calorii; cantitatea de căldură câștigată de p grame de gheață la 0° transformată în apă lichidă la aceeaș temperatură este $80 p$ calorii. Aceste două cantități de căldură fiind egale, putem scrie:

$$P \times T = 80 p,$$

de unde se va deduce căldura specifică x a corpului.

Metoda lui Bunsen pentru determinarea căldurilor specifice. — Bunsen a indicat, în 1870, o metodă de determinare

a căldurei specifice bazată pe contracțiunea volumului gheții, când acest corp trece din starea solidă la 0° în stare licădă la aceeași temperatură. Experiența a arătat, în adevăr, că volumul ocupat de 1 gram de gheață la 0° este 1,09082 centimetri cubi, pe când volumul unui gram de apă la 0° este 1,00012 centimetri cubi; urmează, deci, că contracțiunea volumului este :

$$1,09082 - 1,00012 = 0,0907 \text{ centimetri cubi.}$$

Calorimetrul lui Bunsen (fig. 74) se compune din un vas de sticlă A B recurbat în formă de U; în partea mai umflată A a aparatului este adaptat tubul C de sticlă cu pereții subțiri; la extremitatea ramurei B se introduce tubul recurbat D divizat în părți de egală capacitate. Ramura B a tubului în formă de U precum și o parte din ramura A este umplută cu mercur; restul capacității din ramura A este plină cu apă distilată. Mercurul trece și în tubul D unde se oprește înaintea unei diviziuni.

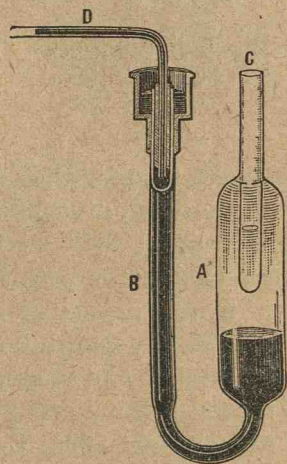


Fig. 74.

Pentru a determina o solidificare parțială a apei din ramura A, facem să treacă un timp mai îndelungat prin tubul C un curent de alcool răcit la -20° . Apa va îngheța parțial în jurul tubului C; volumul amestecului de apă și gheață se va mări și mercurul va fi împins în tubul D. Aparatul, preparat în acest mod, este pus în o cutie cu zăpadă sau gheață la temperatura de zero grade.

Înainte de a face o determinare de căldură specifică cu acest calorimetru, se gradează aparatul. Se introduce, în acest scop, în tubul C o greutate p de apă încălzită la temperatura t ; apa va cedă căldură calorimetrului și temperatura apei se va cobori la zero grade. Cantitatea de căldură cedată calorimetrului este $p t$ calorii. De altă parte, extremitatea coloanei orizontale a mercurului din tubul D, din cauza contracțiunii gheții, se va retrage cu un număr n de diviziuni. O calorie va produce, deci, o retrogradare a coloanei mercuriale exprimată prin :

$$\frac{n}{p t} = a \text{ diviziuni.}$$

Pentru a determina căldura specifică a unui corp cu calorimetrul Bunsen, se introduce în tubul C corpul, a cărui căldură specifică x se caută, încălzit la temperatura T ; fie P greutatea acestui corp. Temperatura corpului coborîndu-se la 0° , cantitatea de căldură perdută de corp este $P x T$. Vom observa o retrogradare a coloanei mercuriale de N diviziuni; $\frac{N}{a}$ reprezintă numărul de calorii câștigat de calorimetru. În virtutea principiului egalității schimbului de căldură, vom putea scrie :

$$P x T = \frac{N}{a},$$

de unde vom deduce căldura specifică x a corpului.

Determinarea căldurilor specifice prin metoda răcirii.

— Dulong și Petit au indicat această metodă pentru determinarea căldurilor specifice. Iată principiul acestei metode :

Două corpuri de aceeași suprafață și cari au aceeași putere emisivă, conținute în același mediu și la aceeași temperatură, sunt lăsate să se răciască cu același număr de grade. Fie t_1 timpul întrebuițat de primul corp, a cărui greutate este P_1 și căldură specifică C_1 pentru a se răci de la 10° la 5° de exemplu ; fie, de asemenea, t_2 timpul necesar celui al doilea corp de greutate P_2 și căldură specifică C_2 pentru a se răci cu acelaș număr de grade, dela 10° la 5° . Teoria indică și experiența confirmă că timpurile răcirii sunt invers proporționale cu capacitățile calorifice ale corpurilor :

$$(1) \quad \frac{t_2}{t_1} = \frac{P_1 C_1}{P_2 C_2},$$

Greutățile P_1 și P_2 se determină cu balanța ; dacă căldura specifică C_2 a unui corp este cunoscută, vom deduce căldura specifică căutată C_1 .

Aparatul, întrebuițat de Dulong și Petit, se compune (fig. 75) din un vas mic de argint A, format din două cilindre concentrice ; în spațiul anular a acestor două cilindre se introduce corpul solid redus în pulbere sau lăcșidul, a căror căldură specifică se caută. Vasul A este acoperit cu un capac de argint, prevăzut la mijloc cu o deschidere prin care trece termometrul T. Vasul de argint A, fiind poleit pe suprafața

externă, corpurile introduse în el vor avea aceeași suprafață și totodată aceeași putere emisivă.

Vasul A este introdus în un cilindru mai mare B, a cărui pereți sunt acoperiți cu cărbune de fum. Acest cilindru B este conținut în vasul exterior C; spațiul intermediar cuprins între cilindrele B și C este umplut cu ghiață, așa ca temperatura camerei în care se află vasul A să fie constantă. Două fire de mătase susțin vasul A în cilindrul B. În fine prin ajutorul tubului lateral D se poate face vidul în camera B.

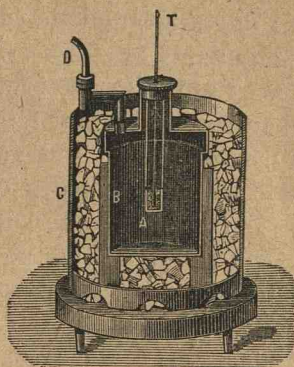


Fig. 75.

Pentru a opera cu acest aparat, se încălzește mai întâiu vasul A, conținând corpul, la o temperatură de 25° până la 40°; se introduce apoi vasul A în camera B și se face vidul prin tubul D. Se așteaptă câțva timp, pentru ca termometrul T, ce dă temperatura vasului A și a corpului conținut în vas, să descindă la temperatura de 10°, de exemplu; se măsoară, în urmă, cu un comptor de secunde, timpul ce trece ca termometrul T să scadă de la 10° până la 5°, de exemplu. Se operează în un mod analog și cu un al doilea corp.

În relațiunea (1), indicată mai sus, s'a presupus că greutatea vasului, ce conține corpul, precum și a termometrului sunt nule. Din cauză că aceste greutăți nu sunt negliabile, relațiunea (1) se scrie în cazul experienței de mai sus :

$$(2) \quad \frac{t_2}{t_1} = \frac{P_1 C_1 + m}{P_2 C_2 + m},$$

notând cu m capacitatea calorică a vasului A și a termometrului.

Pentru a determina cantitatea m , care este aceeași în toate experiențele, vom opera succesiv cu două corpuri a căror greutate P_1 și P_2 și călduri specifice C_1 și C_2 sunt cunoscute.

Cantitatea m fiind cunoscută, pentru a determina căldura specifică C_1 a unui corp de greutate cunoscută P_1 , vom măsura succesiv timpurile t_1 și t_2 , în cari vasul A se răcește de la 10° la 5° de exemplu, mai întâiu când A conține corpul dat, și apoi când conține un al doilea corp, a cărui greutate P_2 și căldură specifică C_2 sunt cunoscute.

Căldurile specifice ale solidelor, determinate prin această metodă, nu prezintă o mare precizie. După experiențele lui Regnault, metoda răcirii poate fi aplicată cu succes în cazul lichidelor.

Căldurile specifice ale corpurilor solide și lichide.— Vom examina influența temperaturii și a stării fizice asupra căldurii specifice, indicând tot odată și valorile numerice a căldurilor specifice a câtorvâ corpuri.

Influența temperaturii asupra căldurii specifice mijlocii a corpurilor. Căldura specifică mijlocie a unui corp depinde de intervalul de temperatură în care a fost determinată. Dacă considerăm unitatea de greutate a unui corp solid sau lichid, experiența arată că cantitatea de căldură Q absorbită de corp pentru ca temperatura sa să se ridice dela 0° la t° este dată prin relațiunea :

$$Q = at + bt^2 + ct^3,$$

unde a , b și c sunt trei constante.

Căldura specifică mijlocie C între 0° și t° va fi :

$$C = \frac{Q}{t} = a + bt + ct^2.$$

Ca exemple, vom da căldurile specifice mijlocii ale argintului, cuprului și zincului între 0° și 100° precum și între 0° și 200° .

Substanțe	Călduri specifice mijlocii între 0° și 100°	Călduri specifice mijlocii între 0° și 200°
Argint. .	0,0557	0,0611
Cupru. .	0,0940	0,1013
Zinc. . .	0,0927	0,1015

Căldura specifică mijlocie a apei. Cantitatea de căldură Q absorbită de unitatea de greutate a apei pentru ca temperatura acestui lichid să se ridice dela 0° la t° este exprimată, după experiențele lui Regnault, prin formula :

$$Q = t + 0,00002t^2 + 0,0000003t^3.$$

Căldura specifică mijlocie C a apei între 0° și t° va fi reprezentată prin relațiunea :

$$C = \frac{Q}{t} = 1 + 0,00002 t + 0,0000003 t^2.$$

Această relațiune arată că căldura specifică mijlocie a apei între 0° și 50° diferă foarte puțin de unitate; acestei călduri specifice a apei i s'a dat numele, după cum s'a văzut, de calorie.

Influența stărei fizice și a densității asupra căldurei specifice. Căldura specifică a aceleași substanțe este mai mare când corpul este în stare ligidă decât în cazul când se prezintă în stare solidă. Exemplele de mai jos vor pune în evidență acest fapt.

Substanțe	Căldura specifică în stare solidă	Căldura specifică în stare ligidă
Apa . . .	0,500	1,000
Fosforul	0,189	0,240
Plumbul.	0,031	0,040

Pentru aceeași substanță în starea solidă, căldura specifică depinde de constituția moleculară a corpului precum și de acțiunile mecanice la cari corpul a fost supus. In general, la o mărire de densitate a corpului corespunde o micșorare a căldurei specifice. Tabloul de mai jos indică căldurile specifice a câtorva varietăți de carbon.

Varietăți de carbon	Densitate	Căldura specifică
Diamant	3,50	0,147
Grafit.	2,50	0,202
Cărbune de lemn.	2,00	0,241

Valorile numerice a căldurei specifice a câtorva corpuri solide și licide. In tabela următoare sunt indicate, după Regnault, valorile numerice a căldurei specifice a câtorva corpuri solide și licide.

Substanțe	Călduri specifice
Apa.	1,000
Argent.	0,057
Arsenic	0,081
Aur.	0,032
Bismut	0,031
Cadmiu	0,057
Cobalt.	0,108
Cupru.	0,095
Esența de terbențină.	0,426
Fer	0,113
Fosfor.	0,189
Iod	0,054
Mercur	0,033
Nickel.	0,109
Platină	0,032
Plumb.	0,031
Staniu.	0,056
Stibiu	0,051
Sticla	0,198
Sulf.	0,203
Zinc.	0,096

Din inspecția acestei tabele se vede că, dintre toate corpurile solide și licide, *apa are cea mai mare căldură specifică.*

1818 **Legea lui Dulong și Petit.**—Dulong și Petit au enunțat următoarea lege, care poartă numele acestor doi fizicieni: *Productul căldurii specifice a unui corp simplu, considerat în stare solidă, prin greutatea sa atomică este un număr constant și egal aproximativ cu 6,4.* Dacă A este greutatea atomică și C căldura specifică a corpului simplu în stare solidă, legea lui Dulong și Petit exprimă că $A \times C = 6,4$ aproximativ.

Tabloul de mai jos conține câteva exemple relative la legea lui Dulong și Petit.

Corpuri simple	Greutatea atomică A	Căldura specifică C a corpului sim- plu în stare solidă	Productul A × C
Argent. . .	108	0,057	6,2
Aur	196	0,032	6,2
Brom . . .	80	0,080	6,4
Cupru . . .	64	0,096	6,3
Fer	56	0,114	6,2
Iod	127	0,054	6,9
Mercur . .	200	0,033	6,5
Potasiu . .	39	0,165	6,4
Sulf	32	0,203	6,5
Zinc	66	0,095	6,2

Ne putem explica pentru ce productul A C oscilează împrejurul numărului 6,4. In adevăr, A C este productul a doi factori A și C; factorul A, reprezentând greutatea atomică a corpului simplu, este un număr constant; al doilea factor C., care reprezintă căldura specifică a corpului considerat în starea solidă, variază cu temperatura.

Alt enunțiu a legii lui Dulong și Petit. Admițând că greutatea atomică a unui corp simplu reprezintă greutatea atomului acestui corp, productul A C va reprezenta capacitatea calorică a atomului corpului simplu în starea solidă. Legea lui Dulong și Petit se va putea enunța: *Capacitatea calorică a atomilor corpurilor simple, considerați în starea solidă, este aceeași pentru toți corpii și egală aproximativ cu 6,4.*

Legea lui Neumann.—Neumann a generalizat legea lui Dulong și Petit, aplicând-o și la corpii compuși. Legea lui Neumann se enunța: *Pentru toți corpii compuși, cari pot fi reprezentați prin aceeași formulă generală și cari au aceeași constituțiune chimică, productul greutății moleculare a corpului compus prin căldura sa specifică este un număr constant.* Valoarea acestui product diferă dela o clasă de corpi compuși la o altă clasă.

Tabloul de mai jos conține câteva exemple, cari probează exactitatea legii lui Neumann.

Corpi compuși	Greutatea	Căldura specifică	Productul
	moleculară		
	A	C	A×C
Clorura de potasiu	74,6	0,173	12,9
Clorura de sodiu	58,5	0,219	12,8
Sulfat de calciu	136	0,185	25,2
Sulfat de stronțiu	183,6	0,135	24,8
Sulfat de plumb	303	0,083	25,1

Din tabloul de mai sus se constată că pentru toate clorurele, analoge clorurei de potasiu, productul A C este aproximativ egal cu 12,8; de asemenea, pentru toți sulfații, analogi sulfatului de calciu, productul A C este aproximativ egal cu 25.

Legea lui Woestyn. — Prin ajutorul legei lui Woestyn, putem determina căldura specifică a unui corp compus, când se cunosc căldurile specifice ale corpurilor simpli cari îl formează.

Legea lui Woestyn este următoarea: *Capacitatea calorică a unui corp compus, în starea solidă, este egală cu suma capacităților calorifice ale elementelor, cari îl formează, considerate tot în stare solidă.*

Să considerăm un corp compus, a cărui greutate moleculară este A și căldură specifică C. Corpul compus este format din n atomi de corp simplu de greutate atomică a și căldură specifică c , din n' atomi de un al doilea corp simplu de greutate atomică a' și căldură specifică c' , etc. Conform legei lui Woestyn, vom putea scrie:

$$(1) \quad AC = n a c + n' a' c' + \dots$$

Această relațiune permite a calcula căldura specifică C a corpului, când se cunosc compozițiunea corpului și căldurile specifice ale elementelor.

Ca exemplu, vom calcula căldura specifică a sulfurei de fer. Sulfura de fer este formată din un atom de sulf de greutate atomică 32 și de căldură specifică 0,177 și din un atom de fer de greutate atomică 56 și de căldură specifică 0,113. Greutatea moleculară a sulfurei de fer fiind 88, conform legei lui Woestyn, căldura specifică C a sulfurei de fer va fi dată prin ecuațiunea:

$$88 C = 1 \times 32 \times 0,177 + 1 \times 56 \times 0,113.$$

Efectuând calculele, găsim că căldura specifică C a sul-

furei de fer este 0,136, care coincide cu numărul obținut direct prin experiență.

Altă formă a legei lui Woestin. Ținând socoteală de legea lui Dulong și Petit, produsele

$$a c = a' c' = \dots = 6, 4.$$

ca exprimând egalitatea capacităților calorifice ale atomilor corpurilor simpli. Relațiunea (1) se poate scrie :

$$(2) \quad A C = (n + n' + \dots) a c = (n + n' + \dots) 6, 4.$$

Relațiunea (2) permite a enunția legea lui Woestyn astfel : *Productul greutății moleculare A a unui corp compus prin căldura sa specifică C este egal cu productul numărului total de atomi, din care este format corpul, prin numărul 6, 4.*

Căldurile specifice ale gazelor.

Căldurile specifice a unui gaz sub presiune constantă și sub volum constant. — Să considerăm unitatea de greutate a unui gaz la temperatura de 0° și să o încălzim, așa ca temperatura gazului să se ridice dela 0° la 1° C. Putem face această operațiune : a) sau menținând constantă forța elastică a gazului în care caz volumul gazului varie ; b) sau menținând constant volumul gazului, în care caz forța elastică a gazului varie.

Distingem, deci, la gaze, două călduri specifice :

1) *Căldura specifică sub presiune constantă*, care este cantitatea de căldură ce trebuie a o da unui gram de gaz pentru ca temperatura gazului să se ridice dela 0° la 1°, când forța elastică a gazului rămâne invariabilă și volumul său varie. Această căldură specifică se notează cu C.

2) *Căldura specifică sub volum constant*, care este cantitatea de căldură absorbită de un gram de gaz pentru ca temperatura gazului să se ridice dela 0° la 1°, când volumul gazului rămâne invariabil și forța sa elastică varie. Căldura specifică sub volum constant se notează cu c.

Căldura specifică C sub presiune constantă a gazelor. — Delaroche și Berard au determinat cei dintii mai exact căldurile specifice C ale gazelor, servindu-se de metoda amestecurilor. Rezultatele cele mai precise, relative la con-

stanta C, sunt datorite lui Regnault, care a utilizat aceeași metodă.

În aparatul lui Regnault, gazul, încălzit prealabil la o temperatură t , trece în un serpentin conținut în un vas calorimetric plin cu apă rece la temperatura t_1 . Gazul cedează căldură calorimetrului, a cărui temperatură se ridică dela t_1 la t_2 . Aparatul fiind dispus astfel ca presiunea gazului să poată fi menținută constantă, se poate determina greutatea P a gazului ce a circulat în serpentinul din vasul calorimetric. Scriind relațiunea, care exprimă că cantitatea de căldură cedată de gaz este egală cu cantitatea de căldură primită de calorimetru, se va putea deduce căldura specifică C a gazului sub presiune constantă.

În tabela de mai jos sunt indicate căldurile specifice mijlocii a câtorvă gazuri între 0° și 200° sub presiunea constantă de o atmosferă.

G a z u r i	Căldura specifică mijlocie C sub presiunea constantă de o atmosferă
Aer.	0,2375
Oxigen	0,2175
Azot	0,2438
Hidrogen	3,4090
Clor	0,1210
Acid carbonic	0,2169
Oxid de carbon	0,2370

Influența temperaturii asupra căldurii specifice C a gazelor. Regnault a studiat influența temperaturii asupra căldurii specifice C a gazelor. El a constatat că căldura specifică C a aerului și a gazelor, cari urmează aproximativ legea lui Boyle-Mariotte, este aceeași, orcare ar fi intervalul de temperatură în care s'a făcut determinarea acestei constante fizice. Acest rezultat a servit la construirea termometrelor cu gaze. La aceste termometre, temperaturile sunt proporționale cu cantitățile de căldură absorbite de gaze.

Pentru gazele, cari se îndepărtează de legea lui Boyle-Mariotte, căldura specifică mijlocie C crește cu temperatura.

Căldura specifică c sub volum constant a unui gaz.—

Căldura specifică c nu a fost determinată direct, din cauza dificultăților experimentale. În adevăr, să considerăm o greutate determinată de gaz conținută în un spațiu limitat prin o învelitoare inextensibilă. Pentru a determina căldura specifică c , va trebui să încălzim gazul împreună cu învelitoarea, ce'l conține, la o temperatură superioară temperaturii ambiante. Introducând apoi vasul cu gaz în un calorimetru, din cauză că greutatea învelitoarei este cu mult mai mare decât a gazului, cantitatea de căldură cedată de gaz calorimetrului este incomparabil cu mult mai mică decât cea cedată de învelitoare ; cantitatea de căldură cedată de gaz calorimetrului este foarte greu de apreciat.

S'a putut însă deduce căldura specifică c sub volum constant, din cunoașterea valorii numerice a raportului $\frac{C}{c}$ între cele două călduri specifice ale unui gaz, precum și din cunoașterea căldurii specifice C .

Valoarea numerică a raportului $\frac{C}{c}$ a fost determinată experimental de mai mulți fizicieni, între care vom cită pe Clément și Desormes, Masson, Cazin, Kundt, Röntgen și, mai recent, Maneuvrier.

Din determinările acestor fizicieni rezultă că, pentru aer și pentru gazurile cunoscute anterior ca gaze permanente, $\frac{C}{c}$ are drept valoare 1,41. Pentru cele-lalte gaze, $\frac{C}{c}$ are valori diferite.

În tabloul de mai jos sunt indicate valorile numerice ale raportului $\frac{C}{c}$ ale vapoarei de apă și a câtor-va gaze.

G a z e	Raportul $\frac{C}{c}$
Aer	1,41
Acid carbonic . . .	1,338
Protoxid de azot . .	1,343
Vapoare de apă . . .	1,310

Căldura specifică sub volum constant al aerului. Ne propunem a deduce căldura specifică c a aerului sub volumul constant. In cazul aerului, raportul $\frac{C}{c} = 1,41$; de altă parte, căldura specifică C a acestui gaz este 0,2375. Prin urmare, căldura specifică c a aerului sub volum constant va fi:

$$1,41 = \frac{0,2375}{c}; \text{ deci:}$$

$$c = \frac{0,2375}{1,41} = 0,168.$$

Căldura de topire.

Căldura de topire. — Se definește *căldura latentă de topire a unui corp solid* sau, mai simplu, *căldura de topire* numărul de calorii absorbite de un gram de acest corp pentru a trece din starea solidă în starea ligidă la temperatura topirei corpului, fără ca temperatura corpului să varieze.

Se usită a se nota cu L numărul de calorii absorbite de un gram de corp pentru a se topi fără a și schimba temperatura.

Astfel, căldura de topire a gheței este numărul de calorii L ce trebuie a da unui gram de ghiață la 0° , pentru a trece din starea solidă în starea ligidă tot la 0° . Invers, când un gram de apă ligidă la 0° trece în stare de ghiață tot la 0° , substanța degiază L calorii.

Căldurile de topire se determină, în general, prin metoda amestecurilor.

Determinarea căldurei de topire când corpul este solid la temperatura ordinară. — Ne propunem a determina căldura de topire a unui corp care se presintă sub starea solidă la temperatura ordinară.

Se ia o greutate P grame de corp și se încălzește până la o temperatură T , superioară temperaturii t de topire a corpului. Se introduce apoi în un calorimetru, a cărui capacitate calorică este p și a cărui temperatură inițială este t_0 . Corpul se va răci, temperatura sa va scădea dela T grade la temperatura topirei t , se va solidifica și va continua a se răci în stare solidă până la temperatura t_1 , care este temperatura finală a calorimetrului. Fie C și C' căldurile specifice mijlocii ale corpului în stare solidă și ligidă.

Cantitatea de căldură cedată de corp calorimetrului se compune din: a) $PC'(T-t)$ calorii, care este cantitatea de căldură cedată de corp în stare ligidă; b) PL calorii, care este cantitatea de căldură degajată de greutatea P a corpului la temperatura solidificării t , când corpul trece din starea ligidă în starea solidă; c) $PC(t-t_1)$ calorii, care este cantitatea de căldură cedată de corp în starea solidă.

Cantitatea de căldură câștigată de calorimetru este $p(t_1-t_0)$. În virtutea principiului egalității schimbului de căldură, vom scrie:

$$PC'(T-t) + PL + PC(t-t_1) = p(t_1-t_0).$$

Din această relațiune, putem deduce căldura de topire L , dacă cunoaștem căldurile specifice C și C' . În cazul când C și C' nu sunt cunoscute, vom face trei experiențe succesive cu greutăți diferite de corp; vom avea astfel trei ecuațiuni de primul grad, cu ajutorul cărora vom putea calcula pe C , C' și L .

Determinarea căldurei de topire când corpul este ligid la temperatura ordinară. — Când corpul este ligid la temperatura ordinară, putem determina căldura de topire prin metoda amestecurilor în modul următor:

Se ia P grame din corpul ligid, a cărui temperatură de solidificare este t . Se răcește corpul la o temperatură T , inferioară temperaturii sale de solidificare t . Se introduce apoi corpul în un calorimetru, a cărui capacitate calorifică este p și a cărui temperatură inițială este t_0 . Calorimetrul se va răci. Corpul solidificat se va încălzi și temperatura sa se va ridica mai întâiu până la temperatura topirei t ; corpul, absorbind căldură, se va licesia și va continua a se încălzi până la temperatura t_1 , care este temperatura finală a calorimetrului. Fie C și C' căldurile specifice ale corpului în stare solidă și ligidă.

Cantitatea de căldură câștigată de corp este: a) $PC(T-t)$ calorii, care reprezintă cantitatea de căldură câștigată de corp în starea solidă, când temperatura sa se ridică de la T grade la temperatura topirei t ; b) PL calorii, cari reprezintă cantitatea de căldură absorbită de corp la temperatura t a topirei; c) $PC'(t_1-t)$ calorii, care este cantitatea de căldură câștigată de corp în starea ligidă, când temperatura sa se ridică de la t grade la t_1 grade.

Cantitatea de căldură perdută de calorimetru este: $p(t_0-t_1)$.

În virtutea principiului egalității schimbului de căldură, vom scrie :

$$PC (t - T) + PL + PC' (t_1 - t) = p (t_0 - t_1).$$

Din această relațiune vom deduce căldura de topire L , când se cunosc căldurile specifice C și C' a corpului în stare solidă și ligidă. Dacă C și C' nu sunt cunoscute, trei experiențe succesive, cu greutateți diferite de corp, vor permite cunoașterea constantelor fizice C , C' și L .

Determinarea căldurei de topire a gheței prin metoda amestecurilor.—Pentru a determina căldura de topire a gheței, prin metoda amestecurilor, se procedează astfel :

Se introduce în un calorimetru, a cărui capacitate calorică sau echivalent în apă este p și temperatura inițială t_0 , câteva bucăți de gheață, bine șterse, și a căror temperatură este 0° . Fie P grame greutatea gheței. Gheața se va topi și temperatura sa se va ridica la t_1 , care este temperatura finală a calorimetrului.

Căldura câștigată de gheață se compune din: a) PL calorii, care este cantitatea de căldură câștigată de substanță când trece din stare de gheață la 0° în stare de ligid tot la 0° ; b) Pt_1 calorii, care reprezintă căldura absorbită de P grame de apă când temperatura apei se ridică dela 0° la t_1 .

Căldura perdută de calorimetru este $p (t_0 - t_1)$ calorii. Exprimând că cantitatea de căldură câștigată de corp este egală cu cantitatea de căldură perdută de calorimetru, vom scrie :

$$PL + Pt_1 = p (t_0 - t_1);$$

de aci vom deduce căldura de topire L a gheței.

Greutatea P a gheței se poate determina cântărind calorimetrul înainte de a introduce gheața și după finele experienței; diferența de greutate va reprezintă greutatea P a gheței.

După experiențele cele mai precise, căldura de topire a gheței este egală cu 80 de calorii.

Căldurile de topire a câtorva corpuri.—Vom da, după Person, temperaturile de topire și căldurile de topire L a câtorva corpuri, precum și căldurile specifice C și C' a acestora corpuri în stare solidă și ligidă.

Substanțe	Temperatura de topire	Căldura de topire	Căldura specifică C a corpului în stare solidă	Căldura specifică C' a corpului în stare licădă
Apă . . .	0°	80	0,504	1,000
Fosfor . .	44°	5,034	0,178	0,205
Plumb. . .	326°	5,369	0,031	0,040
Staniu. . .	237°	14,252	0,056	0,064
Sulf. . . .	115°	9,368	0,203	0,234

Căldura de vaporizare.

Căldura de vaporizare.—Se definește *căldura latentă de vaporizare* sau, mai simplu, *căldura de vaporizare* a unui lăcid la o temperatură determinată t , numărul de calorii absorbite de un gram de lăcid la temperatura t° pentru a trece în stare de vapoare saturantă la aceeași temperatură.

Se uzită a se notă cu L numărul de calorii absorbite de un gram de lăcid pentru a se vaporiză fără a-și schimba temperatura.

Astfel, căldura de vaporizare a apei la 100° este numărul de calorii L absorbite de un gram de apă la 100° pentru a trece în stare de vapoare saturantă tot la temperatura de 100° . Invers, când un gram de vapoare saturantă la 100° trece în stare de apă lăcidă tot la 100° , substanța degagiază L calorii.

Determinarea căldurei de vaporizare prin metoda amestecurilor.—Căldura de vaporizare a lăcidelor, și mai cu seamă a apei, a fost determinată de mai mulți experimantatori, între cari vom cită pe Despretz, Regnault, Berthélot, etc.

Vom descrie succesiv dispozitivele întrebuintate de Despretz și de Berthélot pentru determinarea căldurei de vaporizare prin metoda amestecurilor.

Aparatul lui Despretz. Acest aparat (fig. 76) este format din o retortă de sticlă A , care conține lăcidul, pe care-l supunem ferberii și a cărui căldură de vaporizare voim a determina. Retorta A este pusă în comunicațiune prin tubul a cu serpentinul S , ce se termină la basa sa prin cutia B . De la partea superioară a cutiei B pleacă tubul vertical D , ce poate fi închis prin robinetul r ; grație tubului D , serpentinul poate

fi pus în comunicațiune cu atmosfera sau cu un mediu, a cărui presiune este constantă și care poate fi superioară sau inferioară presiunii atmosferice. Dela partea inferioară a cutiei B pleacă tubul E prevăzut cu robinetul r' . Serpentinul S și cutia B sunt introduse în vasul calorimetric C plin cu apă. Temperatura vaporilor, produși de ligidul A, este dată prin termometrul T; un al doilea termometru T' introdus în calorimetru indică temperatura acestui aparat. Un agitator F permite a amesteca stratele de apă din calorimetrul C.

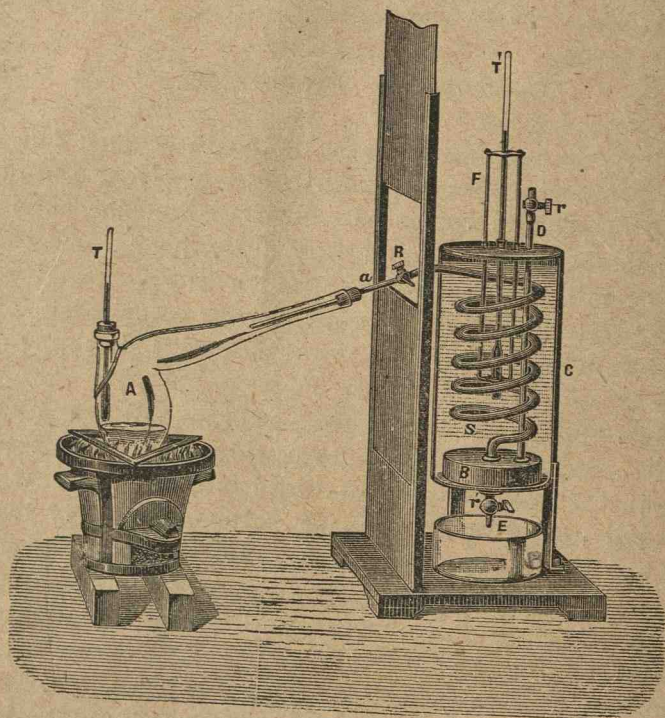


Fig. 76.

Pentru a experimenta cu acest aparat, vom ferbe ligidul din retorta A sub o presiune constantă, lăsând tubul D în contact cu atmosfera sau punând acest tub în legătură cu o pompă de compresiune sau cu o mașină pneumatică. Vom citi, la termometrul T, temperatura t a vaporilor produși de ligidul în ferbere. Vaporii vor trece prin tubul a în serpentinul S, unde se vor condensa; ligidul, obținut prin condensare, va cădea în cutia B, unde se va pune în echilibru de teme-

ratură cu calorimetrul și 'l vom culege în un vas, deschizând robinetul r' cu care este prevăzut tubul E. Termometrul T' permite a ceti temperatura inițială t_1 și temperatura finală t_2 a calorimetrului.

Fie P greutatea vapoarei condensate, p greutatea apei din vasul calorimetric C și p_1 capacitatea calorică sau echivalentul în apă a vasului calorimetric C, a serpentinelui S, a termometrului T' și a agitatorului F.

Cantitatea de căldură cedată de vapoare calorimetrului se compune : a) din cantitatea de căldură cedată de vapoare care trece din stare de vapoare în stare de ligid la temperatura t a ferberii ligidului ; această cantitate de căldură este PL, unde L reprezintă numărul de calorii degajate de un gram de vapoare ce se licefiază la t^0 ; b) din cantitatea de căldură cedată de P grame de ligid, care se răcește dela t^0 la t_2 grade, t_2 fiind temperatura finală a calorimetrului ; această cantitate de căldură este PC' ($t-t_2$), unde C' reprezintă căldura specifică mijlocie a ligidului.

Cantitatea de căldură câștigată de calorimetru este : $(p+p_1) (t_2-t_1)$.

Exprimând că cantitatea de căldură percută de vapoarea condensată este egală cu cantitatea de căldură câștigată de calorimetru, vom scrie :

$$PL + PC' (t-t_2) = (p+p_1) (t_2-t_1).$$

Din această relațiune, vom deduce căldura L de vaporizare a ligidului.

Experiența arată că, când ferbem ligidul din retorta A, vapoarea se condensează parțial în tubul a și ajunge sub formă ligidă în serpentina S ; această porțiune de vapori condensată nu va cedă calorimetrului decât căldura provenită din răcirea ligidului. Pe lângă aceasta, calorimetrul primește prin conducibilitate dela retorta A o cantitate oarecare de căldură. Din aceste motive, determinările căldurei de vaporizare prin aparatul lui Despretz nu sunt tocmai exacte.

Aparatul lui Berthelot. Berthelot a utilizat un dispozitiv cu care se poate determina cu precisiune și în un timp foarte scurt căldurile de vaporizare ale ligidelor.

Aparatul lui Berthelot (fig. 77) este format din o fiolă de sticlă FF, având o capacitate aproximativ de 100 centimetri cubi. Fiola este închisă la partea superioară în A, iar

la bază este străbătută de tubul de sticlă TT, deschis la ambele capete, care descinde cu 35 până la 40 centimetri mai jos. Capătul de jos al acestui tub intră cu frecare în gâtul O

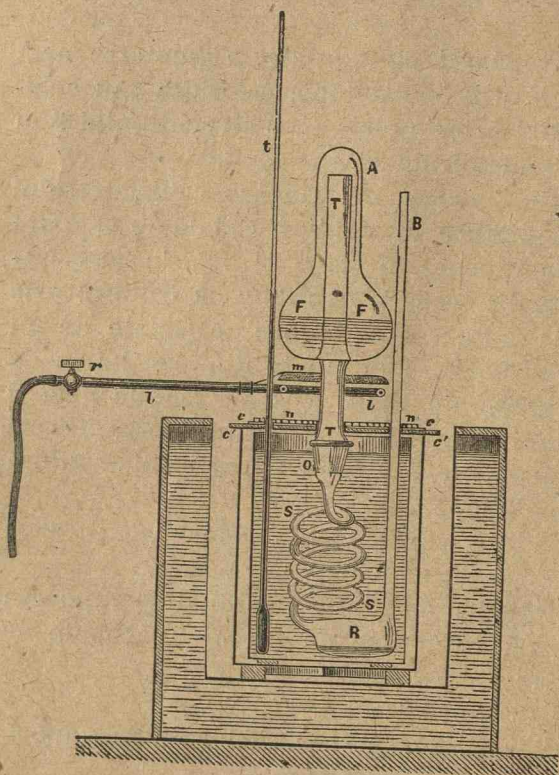


Fig. 77

al serpentinelui de sticlă OSSR, continuat prin tubul vertical B. Serpentinul OSSR este introdus în un vas calorimetric, care face parte din calorimetrul lui Berthelot deja descris.

Pentru a încălzi ligidul din fiola FF, ne servim de o lampă circulară cu gaz l, deasupra căria se pune pânza metalică m. Pentru a evita ca căldura flacării să se propage prin radiaare la calorimetru, se acoperă calorimetrul cu un disc de lemn c'c', peste

care se pune un disc de carton cc; în fine, peste acest disc se pune pânza metalică nn. Discurile sunt străbătute de găuri, cari permit trecerea tubului TT precum și a termometrului t, care indică temperatura calorimetrului.

Pentru a face o determinare cu acest aparat, cântărim mai întâiu fiola FF goală și apoi conținând o cantitate suficientă din ligidul, a cărui căldură de vaporizare voim a măsura. Ligidul ferbând, vaporii produși vor trece prin tubul TT și se vor condensă în serpentinul OSSR. După trei sau patru minute de ferbere, încetăm a mai încălzi ligidul, desfacem fiola de serpentin și, după răcire, cântărim din nou fiola cu ligidul rămas. Greutatea P a ligidului vaporizat va fi

dată prin diferența de greutate a fiolei cu lichid înainte și după ferbere.

Fie t temperatura ferberii lichidului, p greutatea apei din calorimetru, p_1 capacitatea calorică sau echivalentul în apă a vasului calorimetric, a serpentinelui și a termometrului. Dacă t_1 este temperatura inițială a calorimetrului și t_2 temperatura finală, căldura de vaporizare L va fi dată prin relațiunea deja stabilită :

$$PL + R(t - t_2) = (p + p_1)(t_2 - t_1).$$

Vapoarea, care străbate din fiolă în serpentin, fiind *vapoare uscată*, adică vapoare ce nu conține picături lichide, urmează că determinarea căldurilor de vaporizare prin aparatul lui Berthelot se poate face cu mare precisiune.

Căldura de vaporizare a apei și a altor lichide.— Regnault a determinat cu multă precisiune căldura de vaporizare a apei la diverse temperaturi. Regnault a indicat următoarea formulă empirică, care exprimă căldurile de vaporizare L a apei în raport cu temperaturile :

$$L = 606,5 - 0,695 t.$$

Această formulă stabilește că căldura de vaporizare descrește cu temperatura. Pentru $t = 100$ grade, căldura de vaporizare este egală cu 537 calorii.

Indicăm aci căldurile de vaporizare a câtorvâ lichide ferbând sub presiunea normală de 760 milimetri :

Substanțe	Temperatura ferberii sub presiunea normală	Căldura de vaporizare în calorii
Acid acetic	120°	102
Alcool . .	78° ₅	208
Apa . . .	100°	537
Ether . .	35° ₅	91

Căldura totală de vaporizare a apei — Dacă la căldura L de vaporizare a unui gram de apă la temperatura t adaugăm cantitatea de căldură q necesară pentru a ridică temperatura unui gram de apă dela 0° la t °, obținem *căldura totală de vaporizare a apei*. În cazul apei, cantitatea de căldură q este aproximativ egală cu t . Fie Q calorii căldura totală de vapo-

risare a apei ; această căldură Q va fi exprimată prin relațiunea :

$$Q = L + q = 606,5 - 0,695 t + t = 606,5 + 0,305 t.$$

Prin urmare, căldura totală de vaporizare a apei, la temperatura t , este cantitatea de căldură necesară unui gram de apă pentru a trece din starea de apă licădă la 0° în stare de vapoare saturantă la temperatura t .

În general, căldura totală de vaporizare a unui licăd, la temperatura t , este cantitatea de căldură ce trebuie a o da unui gram de licăd, pentru a trece din starea licădă la temperatura solidificărei în stare de vapoare saturantă la temperatura t .

PROPAGAREA CALDUREI

Generalități.

Diverse moduri de propagare a căldurei.— Căldura se propagă, în general, în două moduri : a) *prin conductibilitate* ; b) *prin radiare*.

Propagarea căldurei prin conductibilitate. Căldura se propagă prin conductibilitate când ea se transmite prin contact de la părțile calde ale unui corp la părțile reci, ridicând gradat temperatura părților mai reci. Astfel, când punem o bucată de fer cu un capăt în foc, după un timp vom simți că căldura s'a transmis până la extremitatea liberă ; în acest caz, căldura s'a propagat prin conductibilitate de la extremitatea pusă în contact direct cu focul la capătul liber, ridicând succesiv temperatura părților mai reci. Trebuie să observăm că în propagarea căldurei prin conductibilitate, pozițiunile relative ale particulelor, din cari corpul este format, nu sunt schimbate.

Propagarea căldurei prin radiare. Să considerăm un corp a cărui temperatură este superioară temperaturii mediului în care se află, de exemplu un glob încălzit în interiorul unei camere. Experiența arată că corpul se recește încetul cu încetul, până ce ajunge la temperatura mediului. Propagarea căldurei se face în acest caz prin *radiare* și căldurei transmise de corp i se dă numele de *căldură radiantă*.

Căldura radiantă se transmite la distanță în toate sensurile. Ea poate străbate corpurile fără a le ridica temperatura, până ce ajunge la un corp care o absoarbe.

Conductibilitatea termică.

Corpuri bune și rele conductoare de căldură.—Sunt unele corpuri, cari încălzite în un punct al masei lor, transmit căldura cu multă ușurință din moleculă în moleculă. Asemenea corpuri se numesc *bune conductoare de căldură*. Ca exemplu de corpuri bune conductoare ne pot servi metalele. În adevăr, o bucată de fer, pusă cu un capăt în foc, transmite foarte repede căldura din moleculă în moleculă așa că după un timp foarte scurt celalt capăt va fi încălzit; de asemenea, o linguriță de argint, introdusă în parte în un pahar ce conține un ligid cald, se încălzește până la extremitate.

Corpurile, cari nu intră în categoria corpurilor bune conductoare de căldură, sunt numite *corpuri rele conductoare*. Ca exemple de corpuri rele conductoare de căldură vom cită sticla, lemnul etc. Astfel, vom putea topi un tub de sticlă la un capăt ținându-l în mână de celalt capăt; un chibrit aprins la un capăt poate fi ținut în mână la o mică distanță de partea incandescentă.

Conductibilitatea termică interioară în cazul unui mur omogen. Coeficient de conductibilitate termică interioară.—Pentru a caracteriză conductibilitatea termică a diverse corpuri, vom examină mai întâiu propagarea căldurei în cazul unui mur omogen.

Să considerăm un mur omogen (fig. 78), limitat prin două fețe paralele AB și CD; fie d grosimea acestui mur. Cele două fețe AB și CD sunt menținute la două temperaturi constante și diferite; fie a temperatura feței AB și b temperatura feței CD.

Fig. 78.

Temperatura a fiind mai mare de cât b , o cantitate de căldură va trece dela fața mai caldă AB la fața mai rece CD. După un timp oarecare, variabil cu natura murului, starea temperaturilor staționare sau, cum se usită încă a se zice, *starea permanentă* se va stabili, așa că temperatura unui plan oarecare EF paralel la fețele terminale AB și CD va fi constantă. Dacă t este temperatura planului EF și dacă distanța dela acest plan la fața AB este x , se demonștră prin calcul și se verifică experimental următoarea relațiune:

$$(1) \quad t = a - \frac{a-b}{d} x.$$

Relațiunea (1) indică că, dacă distanța planului EF de A B se mărește, temperatura planului descrește în progresiune aritmetică a cărei rațiune este $\frac{a-b}{d}$.

Când *starea permanentă* este stabilită, cantitatea de căldură Q ce străbate în unitatea de timp unitatea de suprafață a unui plan oarecare, de exemplu EF, este constantă. Calculul arată și experiența confirmă că cantitatea de căldură Q este proporțională cu diferența $a-b$ a temperaturilor fețelor finale, este invers proporțională cu grosimea d a murului și, în fine, este proporțională cu un factor k care depinde de natura murului; vom avea deci :

$$(2) \quad Q = k \frac{a-b}{d}.$$

Dacă presupunem, în relațiunea (2), că diferența $a-b$ a temperaturilor fețelor finale este un grad și grosimea d a murului este un centimetru, atunci $Q = k$, și coeficientul de conductibilitate termică interioară poate fi definit în acest mod :

Se numește *coeficient de conductibilitate termică interioară a unei substanțe cantitatea de căldură care străbate, în timp de o secundă, o suprafață egală cu un centimetru pătrat a unui plan paralel cu fețele unui mur de aceeași substanță, a cărui grosime ar fi de un centimetru și a cărui fețe terminale ar avea o diferență de temperatură egală cu un grad centigrad.*

În relațiunea (2) am presupus că căldura Q este cea ce trece prin unitatea de secțiune în unitatea de timp ; dacă secțiunea ar fi s și timpul θ , este evident că, în aceste condițiuni, cantitatea de căldură Q ar fi dată prin expresiunea :

$$Q = k s \frac{a-b}{d} \theta.$$

Determinările cele mai precise, relativ la coeficienții de conductibilitate termică interioară, au fost efectuate de Berget.

Coeficientul de conductibilitate interioară a mercurului. Pentru a determina acest coeficient, Berget introduce mercur în tubul C (fig. 79), care împreună cu tubul recurbat AB și tubul lateral D constituiesc calorimetrul lui Bunsen. Tubul C este înconjurat cu cilindrul M, fixat pe placa metalică E. Cilindrul M, conținând mercur, servește a protege coloana de

mercur din C contra perderilor laterale de căldură; acest

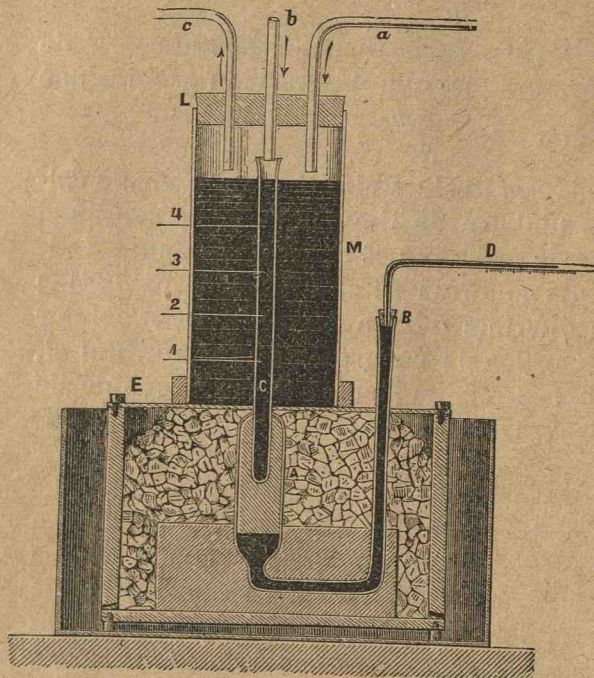


Fig. 79.

metalică E până la nivelul superior al mercurului din C. Cantitatea de căldură, ce străbate secțiunea s în timpul θ , este :

$$Q = k s \frac{100}{l} \theta.$$

În această expresiune, Q este evaluat în calorii, s în centimetri pătrați, l în centimetri și θ în secunde.

Pentru a măsura pe Q , vom căuta numărul de diviziuni m , cu care mercurul s'a retras în tubul D în timpul θ . Să presupunem că, prin experiențe prealabile, s'a gradat calorimetrul găsindu-se că coloana de mercur din D se retrage cu n diviziuni când s'a cedat calorimetrului o cantitate de căldură egală cu o calorie. Cantitatea de căldură Q , exprimată în calorii, va fi deci : $\frac{m}{n}$.

Operând în acest mod, Berget găsește că coeficientul de conductibilitate termică interioară a mercurului este 0.02015.

Cunoscând coeficientul de conductibilitate termică interioară a mercurului, Berget deduce coeficienții de conducti-

cilindru este închis la partea superioară cu dopul L, în care străbat tuburile a, b, c prin care circulă un curent de vapoare de apă, așa că temperatura suprafeței libere a mercurului din C este de 100° . Placa E fiind în contact cu gheața, care înconjoară rezervoriul A al calorimetrului, este la temperatura de 0° .

Să presupunem că starea permanentă e stabilită. Fie s secțiunea tubului C și l lungimea coloanei de mercur de la placa

bilitate termică a altor metale. Iată valorile câtorva coeficienți :

Metale	Coeficient de conductibilitate termică interioară
Bismut . .	0,0201
Cupru . .	1,0405
Fer . . .	0,1587
Mercur . .	0,02015
Plumb . .	0,0810
Staniu . .	0,0510
Zinc . . .	0,3030

Conductibilitate termică exterioară. Coeficienți de conductibilitate exterioară.—Să considerăm murul omogen limitat prin fețele paralele AB și CD (fig. 78). Să presupunem că fața AB a mercurului este în contact cu un mediu fluid, ligid sau găzos, menținut la temperatura constantă c , superioară temperaturii a a feței AB. Cantitatea de căldură Q' , care străbate prin unitatea de suprafață a feței AB în unitatea de timp, când diferența temperaturilor $c - a$ este mică, poate fi reprezentată prin :

$$(1) \quad Q' = h(c - a),$$

unde h este un factor de proporționalitate.

Cantitatea de căldură Q , care străbate în unitatea de timp prin unitatea de suprafață a unui plan paralel cu fețele terminate AB și CD a murului, este, după cele văzute :

$$(2) \quad Q = k \frac{a - b}{d}.$$

Când regimul temperaturilor staționare sau regimul permanent este stabilit, cantitatea de căldură Q' este egală cu Q .

Vom avea deci :

$$h(c - a) = k \frac{a - b}{d}.$$

În un mod analog, să presupunem că fața CD a murului este în contact cu un mediu fluid, a cărui temperatură constantă este f , inferioară temperaturii b a feței CD. Când regimul permanent este stabilit, vom avea :

$$h'(b - f) = k \frac{a - b}{d}.$$

Factorii h și h' constituiesc coeficienții de conductibilitate termică exterioară. Dacă în relațiunea (1), presupunem că diferența $c - a$ a temperaturilor este de un grad, avem :

$$Q' = h ;$$

de aci deducem definițiunea coeficienților de conductibilitate exterioară.

Coeficientul de conductibilitate termică exterioară este cantitatea de căldură care străbate, în unitatea de timp, unitatea de suprafață de separațiune a două medii în contact când, diferența temperaturilor între mediul fluid și suprafața de separațiune a celui de al doilea mediu fiind de un grad, regimul temperaturilor staționare este stabilit.

Conductibilitatea termică în cazul unei bare infinite. Aparatul lui Ingenhousz. — Studiul teoretic al conductibilității termice, atât în un mur omogen cât și în o bară omogenă de lungime infinită, este datorit lui Fourier.

Să considerăm o bară omogenă de lungime infinită, celelalte dimensiuni ale barei fiind negliabile în raport cu lungimea. Să încălzim bara la unul din capetele sale; teoria a stabilit prin calcul și experiența a confirmat că excesul y al temperaturii unui punct al barei, depărtat de extremitatea încălzită cu distanța x , asupra temperaturii ambiante poate fi reprezentat prin relațiunea :

$$y = \frac{A}{e^{ax}},$$

unde A este excesul temperaturii extremității barei încălzită direct asupra temperaturii ambiante, e este numărul 2,71828 baza logaritmilor neperieni și a o constantă care depinde de natura barei.

Relațiunea de mai sus, care exprimă *legea numită a lui Biot și Lambert*, indică că excesele de temperatură y a diverselor puncte ale barei asupra temperaturii ambiante descresc în progreseune geometrică, când distanțele x cresc în progreseune aritmetică.

În practică, barele nu au o lungime infinită; ele au lungimi suficiente pentru ca fiind încălzite la un capăt, punctele barei destul de îndepărtate de capătul încălzit să fie la temperatura ambiantă.

Aparatul lui Ingenhousz. Putem studiă conductibilitatea termică în bare prin ajutorul aparatului lui Ingenhousz. Acest aparat (fig. 80) este format de o cutie metalică, în care se introduce apă ferbinte la o temperatură determinată; pe unul din pereții cutiei sunt fixate bare metalice având aceiași secțiune și același perimetru. Când voim a face experiența,

acoperim barele pe toată suprafața lor cu ceară. Să presupunem că temperatura ambiantă este de 0° și temperatura apei din cutie 100° ; excesul temperaturilor capetelor barei asupra temperaturii ambiante va fi de 100° . Experiența arată că ceara de pe bare se va topi până la puncte depărtate de capetele încălzite cu distanțele l, l, l' etc., așa că excesul temperaturii acestor puncte asupra temperaturii ambiante va fi același t .

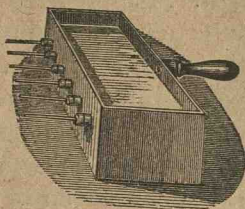


Fig. 80.

Să considerăm, în particular, două din aceste bare. Pentru prima bară, relațiunea lui Biot și Lambert permite a scrie:

$$(1) \quad t = \frac{100}{e^{\alpha l}}.$$

Pentru a doua bară, constituită din o substanță diterită, vom avea :

$$(2) \quad t = \frac{100}{e^{\alpha' l'}}.$$

Din comparațiunea expresiunilor (1) și (2), deducem :

$$\alpha^2 l^2 = \alpha'^2 l'^2,$$

de unde :

$$(3) \quad \frac{\alpha^2}{\alpha'^2} = \frac{l'^2}{l^2}.$$

Se stabilește prin calcul că :

$$(4) \quad \alpha^2 = \frac{hp}{k's},$$

unde h este coeficientul de conductibilitate termică exterioară a cerei ce acoperă bara în raport cu aerul ce o înconjoară, p este perimetrul barei, s secțiunea și k coeficientul de conductibilitate termică interioară a barei.

A doua bară, având aceeași secțiune s și același perimetru p ca și prima bară, fiind acoperită cu ceară, va avea același coeficient de conductibilitate termică exterioară h ca și prima bară. Vom avea deci :

$$(5) \quad \alpha'^2 = \frac{hp}{k's},$$

k' fiind coeficientul de conductibilitate interioară al acestei bare.

Inlocuind expresiunile (4) și (5) în relațiunea (3), obținem:

$$\frac{k'}{k} = \frac{l'^2}{l^2},$$

ceiace permite a determina coeficientul de conductibilitate interioară k' a unui corp în raport cu coeficientul cunoscut k al unui corp dat.

Fenomene și aplicațiuni bazate pe conductibilitatea termică. Proprietatea pânzelor metalice. — Să considerăm mai multe corpuri, de exemplu o placă de metal, un bloc de marmoră, o bucată de lemn, cari s'ar află în o cameră răcită; temperatura acestor diverse corpuri va fi aceeași. Dacă vom pune mâna pe metal vom avea o senzațiune de frig bine pronunțată; această senzațiune este mai mică cu marmura și aproape nulă cu lemnul. Cauza este că temperatura mânei fiind superioară temperaturii acestor corpuri, căldura cedată de mâna plăcii de metal se va transmite cu repegiune în toată masa corpului, pe când căldura cedată marmorii va fi incomparabil mai mică și în cazul lemnului aproape nulă, aceste două din urmă corpuri fiind rele conductoare de căldură.

În țările friguroase se încălzesc camerile cu sobe de cărămidă; aceste sobe odată încălzite se răcesc foarte încet din cauza relei conductibilități a cărămizii.

Proprietatea pânzelor metalice. Dacă interceptăm flacăra unei lumânări sau a unui bec Bunsen (fig. 81), cu o pânză

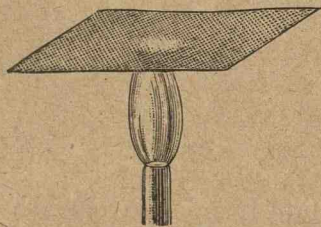


Fig. 81.

astă că gazele cari es prin

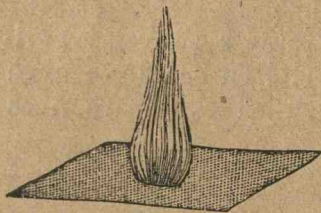


Fig. 82.

metalică, formată din o țesătură deasă de sârme, experiența arată că combustiuinea gazelor inflamabile nu se va produce de cât sub pânza metalică. Cauza este că pânza metalică, fiind bună conductoare de căldură, absoarbe dela gazele inflamabile o cantitate considerabilă de căldură, așa că gazele cari es prin pânza metalică sunt răcite la o temperatură inferioară temperaturii lor de combustiuine.

Putem demonstra experimental că gazele trec prin pânza metalică, conservându-și proprietățile lor inflamabile. Să lăsăm câtva timp ca gazele inflamabile să treacă prin o pânză metalică (fig. 82); apropiind un chibrit aprins deasupra pânzii, vom vedea flacăra producându-se numai la partea superioară a pânzei.

Pe această proprietate a pânzelor metalice este bazată construcțiunea

lampei lui Davy (1815). Se știe că în minele de hulie se degajiază spontaneu gazul metan (CH_4); acest gaz, difus în un volum de aer de opt până la zece ori mai mare, formează un amestec explosiv, care detună cu violență la apropierea unei flăcări. Pentru a evita catastrofele la cari ar putea da naștere exploziunea acestui amestec, Davy (fig. 83) înlocuiește tubul de sticlă a unei lampe cu ulei cu un cilindru de pânză metalică; dacă o exploziune are loc, ea se produce în interiorul cilindrului de pânză și flacăra nu se poate propaga în exterior, fiind interceptată de pânza metalică care o răcește.



Fig. 83.

Combes (fig. 84) a perfecționat lampa lui Davy, făcând-o mai luminoasă, înlocuind partea inferioară a cilindrului metalic prin un tub de sticlă foarte resistant.

Conductibilitatea termică a cristalelor.—Conductibilitatea termică în cristale depinde de direcțiunea propagării căldurii. Putem pune în evidență acest fapt, tăind cristalul în lame subțiri în diferite direcțiuni. Acoperind aceste lame cu ceară și fixând la mijlocul lor un ac metalic, ce'l încălzim prin un curent electric, vom observa că ceara se topește împrejurul acului. Figura formată de ceara topită va fi în unele cazuri o circumferință, dar în general va avea forma unei elipse; în primul caz conductibilitatea termică este aceeași în toate direcțiunile, în cel de al doilea ea este mai pronunțată în unele direcțiuni.

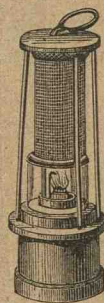


Fig. 84.

Influența stării mecanice a corpului asupra conductibilității termice.— Experiența arată că conductibilitatea corpurilor se micșorează, când ei sunt reduși în pulbere. Astfel, conductibilitatea silicei sub forma de pulbere fină este aproape de zece ori mai mică decât a quartzului; de asemenea, clorura de sodiu pulverizată și servind ca sare de bucătărie este rea conductoare de căldură, pe când sarea gemă are o conductibilitate destul de pronunțată.

Propagarea căldurii la licide prin convecțiune și conductibilitate.— La fluide există un mod particular de propagarea căldurii: prin *convecțiune*. Să încălzim un licid, conținut în un vas, la partea inferioară. Moleculele licide, în contact cu isvorul de căldură, se vor încălzi, se vor dilata și se vor sui în sus, ce-

dând căldură stratelor mai reci pe cari le străbat; în același timp cu producerea acestor curenți ascendenți, se vor observa curenți descendenți datorți moleculelor licide mai reci cari descind la baza licidului. Căldura se propagă în acest cas prin transportarea moleculelor însăși, cari cedează căldură stratelor licide cu cari vin în contact; acest mod de propagare a căldurei în licid se numește prin *convecțiune* sau prin *transport*.

Pentru a studia deci conductibilitatea termică la licide, trebuie a le încălzi la partea superioară.

Conductibilitatea termică a licidelor, exceptând mercurul, este foarte mică. Următoarea experiență arată cât de puțin conductoare sunt licidele. În vasul A (fig. 85), în peretele căruia

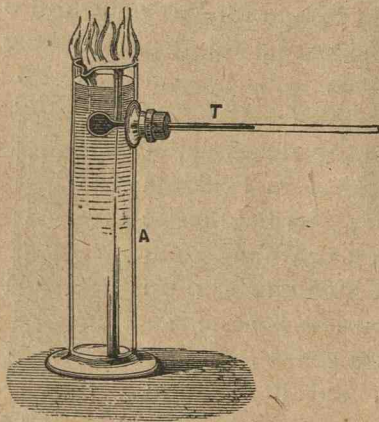


Fig. 85.

este fixat termometrul orizontal T, se toarnă apă, așa ca suprafața liberă a acestui licid să fie cu câțiva milimetri mai sus de rezervoriul termometrului; se umple apoi vasul A până la vârf cu alcool. Aprinzând alcoolul, vom constata că după o trecere de timp destul de mare, temperatura termometrului s'a ridicat foarte puțin.

Desprețz a probat experimental că conductibilitatea termică a unui licid urmează aceleiași legi ca și a unui corp solid.

În acest scop, Desprețz se servea de un butoi de lemn B (fig. 86), înalt de 1^m,50, în care fixează orizontal și la distanțe egale termometrele notate cu 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. Butoiul fiind umplut până aproape de vârf cu apă, Desprețz adaptează la

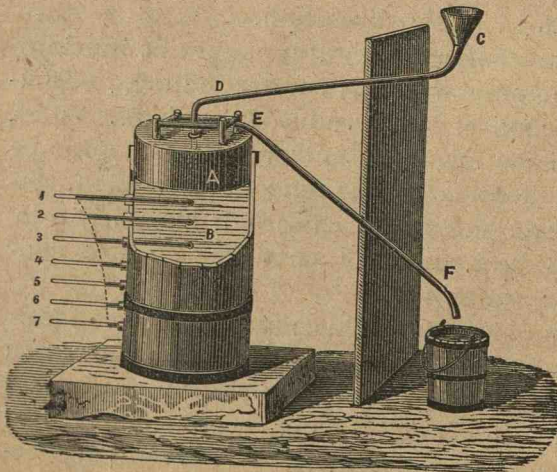


Fig. 86.

partea superioară a butoiului cilindru A, al cărui fund atinge apa din vasul B. În cilindru A circulă neconținut un curent de apă caldă, menținută la o temperatură constantă, care intră prin tubul CD și iese în exterior prin EF. Când starea temperaturilor staționare este stabilită, Despretz observă excesul temperaturii cilindruului A precum și a termometrelor 1, 2, 3 etc. asupra temperaturii ambiante; el verifică relațiunea cunoscută $y = \frac{A}{e^{\alpha x}}$, care exprimă, cum s'a văzut deja, distribuirea temperaturilor în o bară solidă omogenă infinită.

Propagarea căldurii la gaze prin convecțiune și conductibilitate. — Căldura se poate propaga la gaze, întocmai ca și la lichide, prin convecțiune și prin conductibilitate.

Propagarea căldurii prin convecțiune. Să considerăm o masă de gaz în contact cu un izvor de căldură, de exemplu masa de aer din o cameră în contact cu o sobă încălzită. Stratele de aer, în contact direct cu izvorul de căldură, se vor încălzi și densitatea lor se va micșora; aceste strate devenind astfel mai ușoare, se vor ridica în sus și alte strate reci de aer le vor lua locul. În acest caz, căldura s'a propagat prin *convecțiune* sau *transport*; moleculele de gaz direct încălzite s'au depărtat de izvorul de căldură, cu care au fost în contact, transportând cu ele căldura primită și dând naștere la curenți ascendenți; molecule de aer reci iau locul celor d'întâiu, formând curenți descendenți.

Propagarea căldurii prin conductibilitate. Corpurile gazoase sunt corpuri rele conductoare de căldură. Determinarea conductibilității termice la aceste corpuri prezintă dificultăți foarte mari, din cauza curenților ce se produc în masa gazoasă. Stefan, punându-se în condițiuni experimentale așa ca producerea curenților să poată fi evitată, a parvenit a măsura coeficientul de conductibilitate termică a câtorva gaze. El a găsit că coeficientul de conductibilitate a aerului, exprimat în unități C. G. S. este 0,0000588, adică de 17000 de ori mai mic de cât al cuprului, care este 1,04 exprimat în aceleași unități. De asemenea, coeficientul de conductibilitate al hidrogenului, unicul gaz care se credea mai înainte bun conductor de căldură, este, după Stefan, 0,00041 unități C. G. S.;

se vede de aci, că conductibilitatea hidrogenului este aproape de șase ori mai mare decât a aerului.

Faptul că gazele sunt rele conducătoare de căldură, când sunt puse în condițiuni ca să se împedice producerea curenților în massa gazoasă, găsește numeroase aplicațiuni. Astfel, blănele, lâna, vata, conținând aer interpus imobilizat, sunt rele conducătoare de căldură și ne apără contra frigului exterior. În țările friguroase se întrebuițează două rânduri de ferestre, pentru ca aerul închis între ele să împedice, prin reaua lui conductibilitate, atât transmiterea căldurei camerei în exterior cât și pătrunderea frigului în cameră.

Propagarea căldurei prin radiare.

Propagarea căldurei prin radiare. — Am văzut că căldura se propagă prin *conductibilitate* dela o moleculă la moleculele vecine ale unui corp. Căldura se mai propagă și la distanță prin *radiare*; în acest cas, căldura poate străbate spațiile cu o iușală egală cu cea a luminei, fără a încălzi corpurile prin cari trece, până ce ajunge la un corp care o va absorbi și a cărui temperatură se va ridica.

Căldura luminoasă. Căldura obscură.—Se numește *căldură luminoasă* cea care este emisă de un corp luminos; astfel sunt căldurile emise de soare, de un corp incandescent, etc.

Se numește *căldură obscură* căldura emisă de un corp obscur; astfel este căldura emisă de o sobă încălzită, de un vas ce conține apă ferbinte, etc.

Proprietatea căldurei radiante de a străbate spațiile vide. — Căldura radiantă luminoasă sau obscură poate străbate spațiile vide.

În adevăr, căldura luminoasă emisă de soare care ajunge la pământ străbate spațiile cerești unde nu există materie ponderabilă.

Următoarea experiență, datorită lui Rumford, probează că căldurile obscure pot străbate spațiile vide. La gâtul unui balon A (fig. 87), a cărui bașă este străbătută de termometrul T, se adaptează tubul BC. Se umple balonul A și tubul BC complet cu mercur; se astupă cu degetul extremitatea deschisă a tubului și se introduce extremitatea C în mercurul

din vasul D. Din cauza presiunii atmosferice, mercurul din aparat se va scobori până la nivelul *a*, așa că înălțimea coloanei mercuriale din tub va echilibra presiunea atmosferică. Topind la suflător tubul deasupra nivelului *a*, vom obține o capacitate vidă de aer. Introducând apoi (fig. 88), balonul astfel preparat în un vas cu apă ferbinte, vom constata că temperatura termometrului T s'a ridicat. Nu

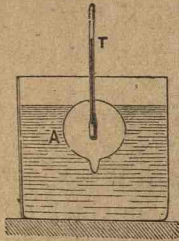


Fig. 88.

putem admite că rezervoriul termometrului s'a încălzit prin conductibilitate căci el este separat de pereții balonului prin un spațiu vid; trebuie să admitem că pereții balonului au radiat căldură care a fost absorbită de rezervoriul termometrului T, ceace a provocat ridicarea

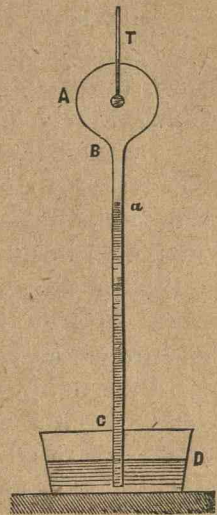


Fig. 87.

temperaturii termometrului.

Proprietatea căldurii radiante de a străbate unele corpuri fără a le încălzi.—Diverse experiențe probează că căldura radiantă poate străbate unele corpuri fără a le încălzi. Așa, când concentrăm razele solare prin o lentilă de gheață și punem în focarul lentilei o substanță inflamabilă, experiența arată că pulberea inflamabilă se va aprinde fără ca gheața să se topească. Corpurile, cari lasă să treacă prin ele razele de căldură fără a le încălzi, constituiesc *corpurile transparente pentru căldură*.

Propagarea rectilinie a căldurii în un mediu omogen. Raze de căldură. Ințeala de propagare a căldurii radiante în vid.—Căldura radiantă se propagă în linie dreaptă în un mediu omogen. Putem proba aceasta prin o experiență foarte simplă: Să apropiem de un izvor de căldură, de exemplu de flacăra unei lumânări, un mic termometru și să interpunem un carton normal la direcțiunea drepte ce unește flacăra cu rezervoriul termometrului; experiența arată că temperatura termometrului nu va varia. Această experiență arată că căldura se propagă în direcțiunea liniei drepte ce unește izvorul de căldură cu corpul care primește căldura.

Din cauză că un corp cald emite căldura în toate direcțiunile, orice linie dreaptă care pleacă dela un punct al unui corp cald reprezintă *direcțiunea unei raze de căldură*.

Iuțea de propagare a razelor de căldură în vid este egală cu cea de propagare a razelor luminoase; razele de căldură percurg în vid aproximativ 300000 kilometri pe secundă.

Intensitatea unui izvor de căldură.—Să presupunem că considerăm o suprafață egală cu unitatea, așezată la unitatea de distanță dela un izvor calorific, așa ca razele de căldură emise de izvorul calorific să cadă normal pe suprafața dată; cantitatea de căldură primită de unitatea de suprafață dela izvorul calorific în unitatea de timp constituie *intensitatea izvorului de căldură*.

Experiența arată că cantitățile de căldură primite normal de unitatea de suprafață dela un izvor calorific descresc în raport invers cu patratul distanței. Dacă I este intensitatea izvorului calorific, cantitatea de căldură primită normal de unitatea de suprafață așezată la distanța D de izvorul calorific

$$\text{este : } \frac{I}{D^2}$$

Impărțirea unui fascicol de căldură de intensitate I în căldură reflectată regulat, căldură difusă, căldură transmisă și căldură absorbită.—Să presupunem că un fascicol de căldură, a cărui intensitate este I, cade asupra unui corp. Experiența arată că această căldură radiantă se împarte în următoarele părți :

a) O parte din căldura radiantă, căzând pe corp, se *reflectă regulat* întorcându-se îndărăt; fie R căldura reflectată.

b) O altă parte din căldura radiantă se *reflectă neregulat* sau se *difusă* pe suprafața corpului; fie D cantitatea de căldură difusă.

c) În cazul corpurilor *transparente* pentru căldură, o porțiune din căldura radiantă străbate corpurile fără a le încălzi; fie T această porțiune de căldură.

d) În fine, o parte din căldura radiantă este absorbită de corp; fie A căldura absorbită.

Reunind aceste părți de căldură, vom putea scrie :

$$I = R + D + T + A.$$

Vom examina succesiv reflecțiunea regulată, reflecțiunea neregulată sau difuziunea, transmisiunea și absorbițiunea căldurei radiante.

Reflecțiunea căldurei. Puterea reflectoare. — Razele de căldură se reflectă după aceleași legi ca și razele de lumină.

Vom studia reflecțiunea căldurei mai întâiu pe o suprafață plană lucie și apoi pe o suprafață sferică concavă.

Să considerăm (fig. 89) o suprafață lucie plană M, pe care cade o rază de căldură S I; raza S I se numește *raza incidentă* și I *punctul de incidență*. Experiența arată că raza S I se reflectă, adică se întoarce îndărăt în o direcțiune unică de aceeași parte a oglinzii M în care se află și raza S I. Fie I R *raza reflectată*. Să ducem prin I normala I N la oglinda M; unghiului SIN = i se dă numele de *unghi de incidență* și unghiului NIR = r *unghi de reflecțiune*.

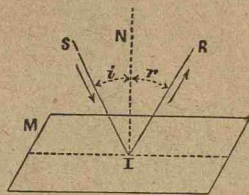


Fig. 89.

Se verifică experimental următoarele două legi la cari este supusă reflecțiunea unei raze de căldură :

- 1) *Raza incidentă, normala și raza reflectată sunt în același plan normal la suprafața de reflecțiune :*
- 2) *Unghiul de inidență este egal cu unghiul de reflecțiune.*

De asemenea, în cazul unei oglinde sferice concave, razele de căldură se reflectă în același mod ca și razele de lumină. Așa, să considerăm (fig. 90) oglinda sferică concavă GN, a cărui ax principal CA trece prin mijlocul C al oglinzii și prin centrul O al sferei din care face parte oglinda. Experiența arată că razele de căldură ce cad pe oglindă paralel cu axul principal se vor concentra în punctul F, care constituie *focarul principal al oglinzii*.

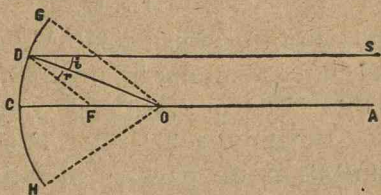


Fig. 90.

Pu-tem pune în evidență proprietatea oglinzilor sferice concave de a concentra razele de căldură paralele cu axul principal în focarul principal cu oglinzile arzătoare și cu oglinzile conjugate.

Oglinda arzătoare este o oglindă sferică concavă A (fig. 91)

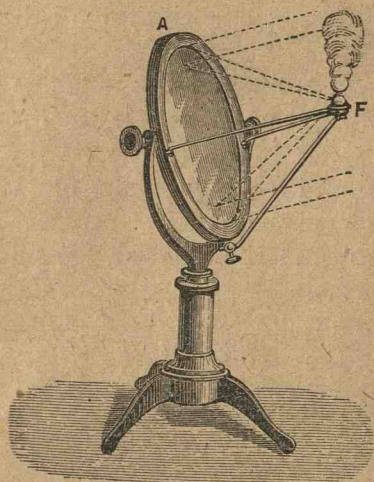


Fig. 91.

pe care o putem dispune astfel ca axul principal al oglindei să treacă prin centrul soarelui. Dacă punem în focarul principal F al oglindei substanțe inflamabile, ca o bucată de iască sau fulmicoton, experiența arată că razele solare vor fi concentrate în focarul F și vor aprinde substanțele combustibile așezate în focar.

Oglinzele conjugate permit a pune în evidență concentrarea razelor de căldură în focarul oglinzilor. Două oglinzi sferice concave A și B (fig. 92) sunt așezate una în fața alteia, la o distanță de

câțiva metri, așa că axele lor principale coincid. Fie F și F' focarele principale ale oglinzilor A și B. Razele de căldură plecate din F, căzând pe oglinda A, se vor reflecta pe această oglindă luând o direcțiune paralelă cu axul comun al oglinzilor; mai departe, aceste raze căzând pe oglinda B se



Fig. 92.

vor reflecta și se vor concentra în focarul F' al oglinzei B. Pentru a determina experimental pozițiunea focarelor, vom

pune în focarul principal F al oglindei A, pe care presupunem că'l cunoaștem, flacăra unei lumânări și vom căuta pe un carton imaginea flăcării, care va coincide cu pozițiunea focarului F'.

Pozițiunile focarelor F și F' fiind astfel cunoscute, vom pune în F un paneraș metalic conținând cărbuni aprinși iar în F' o bucată de iască sau fulmicoton. Operând în acest mod, vom constata că substanța inflamabilă se aprinde; cauza este concentrarea în focarul F' a razelor de căldură plecate din F și reflectate pe oglinzele A și B. Aprinderea substanțelor din F' nu este datorită razelor de căldură ce ar pleca din F și s'ar propaga direct în F': în adevăr, interpunând un carton

vertical între focarul F și oglinda A, vom constata că substanțele inflamabile nu se vor aprinde.

Puterea reflectorie. Ori cât de lucie ar fi suprafața unui corp, ea nu reflectă nici odată toată căldura incidentă. Acest fapt a condus la definițiunea puterii reflectorie: *Se definește puterea reflectorie a unei substanțe raportul între cantitatea de căldură reflectată și cantitatea de căldură incidentă.*

Experiența a arătat că puterea reflectorie este mai mare pentru radiațiunile obscure de cât pentru radiațiunile luminoase. De asemenea, în cazul unei radiațiuni determinate, puterea reflectorie variază foarte puțin cu unghiul de incidență pentru substanțele opace și perfect lucii; pentru substanțele transparente, ca sticlă, quartzul etc., puterea reflectorie crește cu unghiul de incidență pentru o radiațiune determinată.

Reflecțiunea neregulată sau difuziunea.—Când un fascicol de raze de căldură cade pe o suprafață mată, ca hârtia, cerusa, metalele a căror suprafață nu este lucie, razele de căldură sunt trimise îndărăt, însă, în loc de a fi reflectate în o direcțiune unică, sunt reflectate în toate direcțiunile. Acest fenomen constituie *reflecțiunea neregulată sau difuziunea*, datorită faptului că suprafața exterioară a acestor corpuri este formată din o mulțime de suprafețe mici, diferit orientate, cari reflectă căldura în toate direcțiunile.

Difuziunea este nulă la cărbunele de fum, care absoarbe toată căldura incidentă; ea este neglijabilă la metale și la sticlă, când suprafețele pe cari cad razele de căldură sunt lucii.

Transmisiunea căldurii. Corpuri diatermane și atermene.

Puterea diatermană.—Sunt corpuri cari lasă să treacă prin ele razele de căldură, după cum corpurile transparente permit trecerea prin ele a razelor de lumină; asemenea corpuri, transparente pentru razele de căldură, sunt cunoscute sub numele de *corpuri diatermane*. Alte corpuri nu lasă să treacă căldura prin ele; aceste corpuri, opace pentru razele de căldură, constituiesc *corpurile atermene*. Radiațiunile calorifice trec prin un corp diaterman fără a-l încălzi; aceleași radiațiuni calorifice sunt absorbite de corpurile atermene și produc încălzirea acestor corpuri.

Se definește *puterea diatermană a unei substanțe, sub o grosime dată și pentru un izvor calorific determinat, raportul între cantitatea de căldură transmisă și cantitatea de căldură incidentă.*

Se studiază puterea diatermană tăind substanța în lame de diferite grosimi. Puterea diatermană depinde de: a) grosimea lamei; b) natura substanței și c) natura izvorului calorific, după cum căldura radiantă este luminoasă sau obscură.

În ceea ce privește grosimea lamei, experiența arată că puterea diatermană se micșorează pe măsură ce grosimea lamei crește; de la o grosime determinată a lamei, puterea diatermană rămâne constantă.

Dacă experimentăm cu plăci de sticlă sau de quartz, se constată ușor că puterea diatermană a acestor substanțe este aproape nulă pentru radiațiunile calorifice obscure și aproape egală cu unitatea pentru radiațiunile calorifice luminoase. Cu alți termeni, sticla sau quartzul absorb aproape în întregime căldura obscură și lasă să fie străbătute aproape în totalitate de căldura luminoasă, cum ar fi de exemplu căldura solară.

Există o substanță: *sarea gemă*, care este diatermană pentru radiațiunile calorifice luminoase și obscure; puterea diatermană a sarei geme este, deci, egală cu unitatea pentru toate radiațiunile calorifice atât luminoase cât și obscure.

Aplicațiuni și fenomene explicabile prin transmisiunea căldurei. Se știe că, pentru a activa vegetațiunea plantelor în timpurile reci, se obișnuiește a se acoperi plantele cu clopote de sticlă sau cu geamuri. Căldura luminoasă a razelor solare trece prin sticlă și încălzește pământul și corpurile conținute în spațiul închis. Aceste corpuri, la rândul lor, vor emite raze de căldură obscură, cari nu vor trece prin sticlă, așa că căldura acumulându-se în interiorul spațiului închis îi va ridica temperatura.

Tyndall a probat că vapoarea de apă lasă să treacă prin ea razele de căldură luminoasă și oprește razele de căldură obscură. Acest fapt ne explică rolul care îl joacă vapoarea de apă din atmosferă pentru a face ca răcirea pământului să nu fie prea mare în timpul nopții. În adevăr, în timpul zilei căldura luminoasă a razelor solare va străbate prin vapoarea de apă din atmosferă și va încălzi pământul; în timpul nopții, căldura obscură emisă de pământ va fi oprită de vapoarea de apă din stratele de jos ale atmosferei și va împedica o răcire prea mare a pământului.

Absorbirea căldurei. Puterea absorbitoare.— Când razele calorifice cad asupra unui corp, în general o parte din căldură este reflectată regulat, o altă parte este difuzată, o altă

parte transmisă prin corp și, în fine, restul căldurei absorbită de corp. Căldura absorbită de corp produce o ridicare de temperatură a corpului.

Se definește *puterea absorbitoare a unui corp raportul dintre cantitatea de căldură absorbită de corp și cantitatea de căldură incidentă.*

Dintre toate corpurile, cărbunele de fum are proprietatea de a absorbi toate radiațiunile obscure sau luminoase cari cad asupra acestei substanțe; puterea absorbitoare a cărbunelui de fum este deci egală cu unitatea.

Când radiațiunile calorifice cad pe suprafața lucie a unui metal, o parte din căldură este reflectată regulat, iar o altă parte este absorbită; la aceste corpuri, suma cantităților de căldură absorbite și reflectate regulat este deci egală cu cantitatea de căldură incidentă.

Emisiunea căldurei. Puterea emisivă.—Corpurile au proprietatea de a emite raze de căldură. Cantitatea de căldură emisă de un corp se mărește cu ridicarea de temperatură a corpului; așa, dacă am stă la o distanță oarecare dela o sobă încălzită, vom constata că căldura ce o primim este cu atât mai mare cu cât temperatura sobei este mai înaltă.

Cantitatea de căldură emisă de un corp depinde și de *natura suprafeței* corpului. Experiența arată că un corp emite cea mai mare cantitate de căldură, la o temperatură dată, când suprafața sa este acoperită cu un strat de cărbune de fum; aceasta ne explică pentru ce se acoper sobele de fer cu un strat de grafit.

Se definește *puterea emisivă a unui corp raportul între cantitatea de căldură emisă de corp și cantitatea de căldură emisă de cărbunele de fum la aceeași temperatură.*

Puterea emisivă a cărbunelui de fum este, deci, egală cu unitatea.

Puterea emisivă a metalelor cu suprafața lucie este foarte mică; aceasta dă explicațiunea faptului pentru ce paharele de sticlă, în care voim a menține un lăcid cald, ca ceaiul, cafeaua etc., sunt puse în vase metalice cu suprafața externă lucie.

Egalitatea puterii emise și absorbitoare la același corp. Experiențe precise au arătat că la un corp dat, la o temperatură determinată și pentru aceleași radiațiuni calorifice, puterea emisivă este egală cu puterea absorbitoare.

NOȚIUNI DE TERMODINAMICA

Generalități.

Obiectul Termodinamicii.—Termodinamica are de obiect stabilirea a două principii bazate pe experiență : a) *principiul echivalenței* ; b) *principiul lui Carnot* și aplicarea acestor principii la diverse fenomene fizice.

Deosebirea între Termodinamică și Teoria mecanică a căldurei. — Trebuie a face o deosebire între Termodinamică și Teoria mecanică a căldurei. *Termodinamica* este o știință bazată pe experiență ; *Teoria mecanică a căldurei* pleacă însă dela ipoteza că căldura rezultă din mișcarea moleculelor corpurilor, de unde se deduc legile studiate în Termodinamică.

Principiul echivalenței.

Transformarea lucrului mecanic în căldură. — Frecarea, ciocnirile, comprimarea etc., pun în evidență transformarea lucrului mecanic în căldură. Vom cită câteva exemple :

Frecarea. Când doi corpi sunt apăsați unul contra altuia, pentru a'i deplasa va trebui a învinge rezistența care este exercitată de frecarea unui corp de celălalt; pentru a învinge această rezistență va trebui să cheltuim un lucru mecanic. Experiența arată că lucrul mecanic cheltuit produce încălzirea corpurilor, cu alte cuvinte lucrul mecanic se transformă în căldură.

Astfel, când frecăm un nasture de metal pe o masă, nasturele se poate încălzi așa de mult că de abia putem să'l ținem în mână ; două bucăți de lemn frecate între ele pot produce carbonizarea și chiar aprinderea lemnelor ; două

bucăți de gheață, frecate între ele în o cameră a cărei temperatură este mai mică de zero grade, se pot topi etc.

Experiența următoare, datorită lui Tyndall, demonstrează transformarea lucrului mecanic în căldură. Se umple parțial (fig. 93) tubul A cu ether și se astupă cu un dop de plută.

Tubul A este fixat la un ax vertical care poate fi pus în mișcare de rotațiune prin ajutorul unei curele înfășurate pe axul vertical și pe roata B. Stringând cu forță tubul A în cleștele de lemn C în timpul rotațiunii, lucrul me-

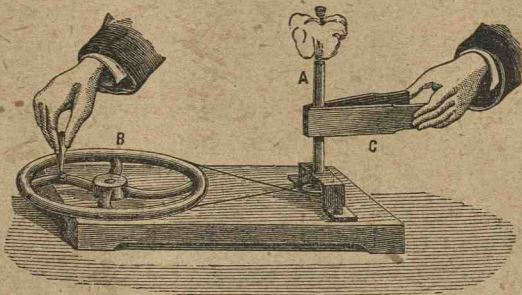


Fig. 93.

canic întrebuițat pentru a învinge rezistența datorită frecării cleștelui pe tub va produce încălzirea din ce în ce mai pronunțată a etherului, care vaporizându-se va arunca cu violență dopul.

Ciocnirea.—Când lăsăm să cadă o sferă de plumb de la înălțime pe un plan rigid orizontal, se constată că sfera s'a încălzit. Lucrul mecanic cheltuit prin căderea plumbului s'a transformat în căldură.

De asemenea, când un glonte de plumb, aruncat de o armă de foc, isbește un obstacol rezistent, experiența arată că glonte se încălzește adese-ori până la punctul de topire.

Metalele se încălzesc considerabil, când, fiind puse pe o nicovală de fer, sunt lovite cu ciocanul.

Comprimarea. Comprimarea bruscă a gazelor produce încălzirea acestor substanțe. Experiența poate fi realizată cu un tub de sticlă

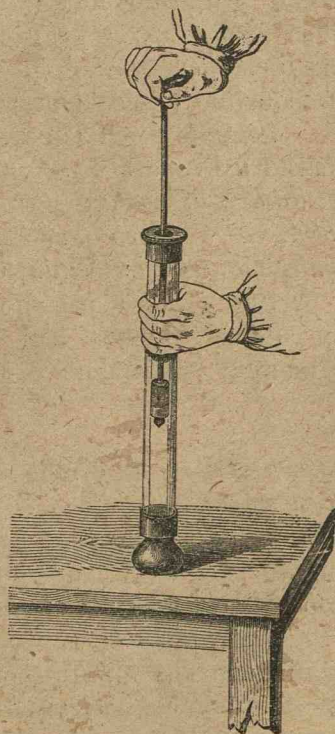


Fig. 94.

cu pereții groși (fig. 94), în care străbate un piston; tubul fiind plin cu aer și apăsând brusc asupra coadei pistonului, ceea ce va produce o comprimare bruscă a aerului, gazul se va încălzi suficient pentru a aprinde o bucată de iască așezată prealabil la fundul tubului.

Transformarea căldurei în lucru mecanic. — Vom cită câteva exemple de transformarea căldurei în lucru mecanic.

Să considerăm o mașină cu vapori. Vaporii introduși în corpul de pompă vor pune în mișcare pistonul și se vor răci; în acest cas, căldura cheltuită de vapori s'a transformat în lucru mecanic.

Să comprimăm mai întâiu un gaz în un corp de pompă și apoi să'l lăsăm să se distindă liber în atmosferă. Experiența arată că gazul se va răci; căldura perdută de gaz este transformată în lucru mecanic și utilizată a învinge presiunea aerului exterior.

Enunțul principiului echivalenței.—Experiența arată că există proporționalitate între lucrul mecanic cheltuit și căldura produsă sau între căldura cheltuită și lucrul mecanic produs, dacă starea finală a corpurilor, cari au servit la aceste transformări, este identică cu starea inițială.

Principiul echivalenței se poate enuncia în modul următor:
Există un raport constant între cantitatea de lucru mecanic cheltuită sau produsă și cantitatea de căldură produsă sau cheltuită, când starea finală a corpurilor care servesc la aceste transformări este identică cu starea lor inițială.

Fie T lucru mecanic cheltuit sau produs și Q cantitatea de căldură produsă sau cheltuită în condițiunile indicate; principiul echivalenței arată că raportul :

$$\frac{T}{Q} = E$$

este constant. Se evaluează, în general, T în kilograme și Q în mari calorii. Coeficientul de proporționalitate E constituie echivalentul mecanic al caloriei. Coeficientul E este cunoscut în general, de și expresiunea este improprie, sub numele de echivalentul mecanic al căldurei.

Determinarea echivalentului mecanic al caloriei prin transformarea lucrului mecanic în căldură. Experiențele lui Joule.—Joule a determinat, în 1847, echivalentul mecanic al caloriei evaluând prin măsuri directe cantitatea de lucru me-

canic cheltuit precum și cantitatea de căldură produsă și făcând raportul între aceste cantități.

Aparatul clasic, de care s'a servit Joule în experiențele sale, este format (fig. 95) din un calorimetru C, umplut cu

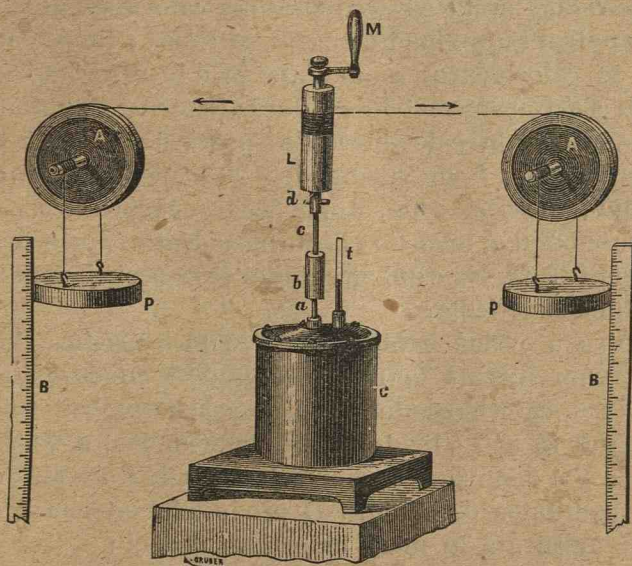


Fig. 95.

apă sau cu mercur și în care se poate mișca un ax vertical *a* prevăzut cu aripi orizontale fixate la ax ; alte lopeți orizontale, fixate la pereții vasului calorimetric, alternează cu aripele fixate pe ax. Axul *a* este continuat în exterior prin cilindrul de lemn *b*, prin vergeaua metalică *c* și, în fine, prin cilindrul de lemn de diametru mai mare *L* prevăzut cu manivela *M*. Cilindrul de lemn *b* servește a împiedica ca căldura produsă în calorimetru să se propage prin conductibilitate la părțile care sunt în continuarea axului. Cuiul *d* permite a face ca cilindrul *L* să se miște singur sau deodată cu axul.

Pe cilindrul *L* sunt înfășurate două sfori în sens contrar ; extremitățile sforilor trec pe două scripete *A, A*, care pot fi puse în mișcare prin căderea a două greutăți egale *P, P*, legate la axele celor două scripete. Distanța verticală parcursă de greutatețile *P, P* este măsurată pe riglele verticale gradate *B, B*.

Determinarea echivalentului mecanic al caloriei cu acest aparat se face în modul următor :

Să lasă se cadă greutatea P dela înălțimea I . Căderea greutatea va produce rotațiunea axului a , prin urmare, frecarea ligidului de aripele axului și de lopățelele fixate pe pereții calorimetrului precum și frecarea moleculelor licide între ele.

Experiența arată că temperatura calorimetrului, citită la termometrul t introdus în aparat, se ridică; lucrul mecanic cheltuit în calorimetru, reprezentat prin frecarea moleculelor ligidului, s'a transformat în căldură. Pentru ca cantitatea de căldură produsă în calorimetru să poată fi apreciată cu mai multă precisiune, Joule repeta dela 20 până la 30 ori această experiență; în acest scop, după fiecare cădere a greutatea P , el scoate cuiul d , învârtia cilindrul de lemn L prin manivela M în sens invers, ridicând greutatea P la aceeași înălțime ca și în prima experiență.

Pentru a evalua cantitatea de căldură produsă în calorimetru, vom măsura numărul de grade θ cu care se ridică temperatura calorimetrului. Fie p capacitatea calorifică sau echivalentul în apă a ligidului din calorimetru, a vasului calorimetric și a diversilor organe ce'l compun evaluată în mari calorii; cantitatea de căldură Q produsă în interiorul calorimetrului măsurată în mari calorii va fi deci:

$$Q = p \theta.$$

Daca lucrul mecanic cheltuit în calorimetru și evaluat în kilograme este T , echivalentul mecanic E al caloriei va fi raportul:

$$\frac{T}{Q}.$$

Să vedem în ce mod putem determina pe T . Lucrul motor total produs de cele două greutatea egale P , cari cad dela înălțimea I , este:

$$2PI.$$

Greutatea P , în căderea lor, tind a lua o mișcare accelerată; din cauza însă a frecării aripelor de pe axul a cu ligidul din calorimetru, mișcarea greutatea P devine după un timp uniformă; fie v viteza greutatea când atinge pământul.

Să reamintim că între greutatea P a unui corp, masa sa M și accelerațiunea g imprimată de gravitate unui corp în cădere există relațiunea:

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

De asemenea forța vie a sistemului format de cele două greutăți P este :

$$2 \frac{P}{g} v^2,$$

și lucru mecanic corespunzător acestei forțe vii este :

$$\frac{1}{2} 2 \frac{P}{g} v^2 = \frac{P}{g} v^2.$$

În experiența descrisă, când cele două greutăți P căzând dela înălțimea I ating pământul, forța vie a sistemului este anulată. Diferența

$$2PI - \frac{P}{g} v^2$$

între lucrul motor total și lucrul mecanic corespunzător forței vii, căpătate de sistemul celor două greutăți P în căderea lor, este egal cu lucrul resistant reprezentat prin :

1) Lucrul de frecare T din interiorul calorimetrului; acest lucru este transformat integral în căldură;

2) Lucrul de frecare t a sferei pe cilindrul de lemn L , pe scripeții A, A etc.

Putem deci scrie :

$$2PI - \frac{P}{g} v^2 = T + t.$$

De aci deducem :

$$(1) \quad 2PI = T + \frac{P}{g} v^2 + t.$$

Pentru a determina pe T din relațiunea (1), Joule face o a doua experiență în scopul de a elimina termenii conținând pe v și t . Pentru aceasta, Joule golește calorimetrul de lici și dispune sforile pe cilindrul L , așa ca axul a învârtindu-se, una din greutățile P să se scoboare pe măsură ce cealaltă greutate P se ridică; adaugă apoi pe una din greutățile P o greutate adițională convenabilă P' , care va imprimă sistemului format din greutățile $2P + P'$ o mișcare, așa ca sistemul atingând pământul să aibă aceiași iuteală v ca și în experiența precedentă. Lucrul motor este în acest cas $P'I$. Acest lucru motor este egal cu lucrul resistant reprezentat prin :

1) Lucrul mecanic $\frac{2P+P'}{2g} v^2$, corespunzător forței vii $\frac{2P+P'}{g} v^2$ a sistemului ;

2) Lucrul de frecare t .

Vom putea deci scrie:

$$P' I = \frac{2P + P'}{2g} v^2 + t.$$

Experiența arată că greutatea adițională P' este negliabilă în raport cu $2P$; relațiunea precedentă devine:

$$(2) \quad P' I = \frac{P}{g} v^2 + t.$$

Scăzând expresiunea (2) din (1), obținem:

$$(2P - P') I = T.$$

Cantitățile P, P', I putând fi determinate prin măsuri directe ușor de efectuat, lucrul de frecare T din interiorul calorimetrului poate fi cunoscut cu destulă exactitate.

Joule, operând în acest mod, găsește că echivalentul mecanic al marelui calorii este dat aproximativ prin numărul 425, adică pentru a produce o mare calorie trebuie a cheltui un lucru mecanic egal cu 425 kilogrametre.

Joule, în experiențele sale mai recente din 1878, Hirn, Rowland, Puluș, Miculescu etc. au confirmat invariabilitatea echivalentului mecanic al caloriei. Luând deci ca echivalent mecanic al caloriei numărul 425, relațiunea care exprimă echivalența între lucru mecanic și căldură se poate scrie:

$$T = 425 Q.$$

Determinarea echivalentului mecanic al caloriei prin transformarea căldurii în lucru mecanic. Experiențele lui Hirn.—Se știe că în o mașină cu vaporii, vaporii din căldare trecând în corpul de pompă perd o parte din căldura lor imprimând în același timp pistonului o mișcare în corpul de pompă; vaporii trec în urmă din corpul de pompă în condensor. Căldura cedată de vaporii în corpul de pompă fiind transformată în lucru mecanic, Hirn a demonstrat experimental că există proporționalitate între lucrul mecanic produs și căldura cedată de vaporii.

Să considerăm o mașină cu vaporii în perioada ei de activitate normală; în acest caz, atât temperatura căldărei, în care se produc vaporii, cât și temperatura condensorului sunt constante; fie T temperatura căldărei și t temperatura condensorului.

Să considerăm mașina cu vaporii funcționând în un timp determinat; în acest interval de timp, fie P greutatea vaporilor

de apă introduși în corpul de pompă ; cantitatea de căldură Q calorii câștigată de greutatea P de apă transformată în vapori și a cărei temperatură s'a ridicat dela temperatura t a condensoului la temperatura T a căldărei este :

$$(1) \quad Q = P(T - t + L),$$

unde L este căldura latentă de vaporizare a unității de greutate de apă la temperatura T .

De altă parte, în același interval de timp, o greutate P de vapori vor fi goniți din corpul de pompă în condensor. Temperatura condensoului se va ridica și pentru a menține constantă temperatura t a condensoului, vom injecta în el o greutate p de apă la temperatura $\theta < t$. Cantitatea de căldură Q' calorii cedată condensoului de vaporii goniți din corpul de pompă va fi egală cu $p(t - \theta)$. Vom avea deci :

$$Q' = p(t - \theta).$$

Experiența arată că Q' este mai mic decât Q ; diferența de căldură $Q - Q'$ a fost întrebuințată în interiorul corpului de pompă pentru a produce mișcarea pistonului ; această cantitate de căldură $Q - Q'$ a fost deci transformată în lucru mecanic.

Hirn, determinând cantitatea de căldură $Q - Q'$ cedată în corpul de pompă în modul indicat, măsură tot odată și lucrul mecanic T produs în același timp prin mișcarea pistonului și găsește că raportul

$$\frac{T}{Q - Q'}$$

are o valoare numerică care se apropie de 425.

Aceste experiențe a lui Hirn confirmă invariabilitatea echivalentului mecanic al caloriei.

Evaluarea lucrului mecanic produs de o mică calorie în ergi și jouli. — Ne propunem a evalua lucrul mecanic produs de o mică calorie în *ergi* și *jouli*.

Am văzut că lucrul mecanic produs de o mare calorie sau o calorie kilogram-grad este 425 kilogrametre. Un kilogrametru, fiind lucrul mecanic corespunzător la un kilogram ridicat la înălțime de un metru, valorează 1000×981 dyne ridicate la o înălțime de 100 centimetre ; prin urmare, un kilogrametru va valora în ergi :

$$1 \text{ kilogrametru} = 1000 \times 981 \times 100 \text{ ergi} = 9,81 \times 10^7 \text{ ergi.}$$

Deci, 425 kilogrametre vor valora în ergi :

425 kilograme = $425 \times 9,81 \times 10^7 \text{ ergi} = 4,17 \times 10^{10} \text{ ergi}$.

Lucrul mecanic produs de o mică calorie sau o calorie gram-grad va fi de o mie de ori mai mic decât cel precedent; lucrul mecanic produs de o mică calorie în unități C. G. S. este; $4,17 \times 10^7 \text{ ergi}$.

Se știe că un *joule* valorează 10^7 ergi ; prin urmare, lucrul mecanic corespunzător unei mici calorii este 4,17 jouli.

Principiul lui Carnot. Temperaturi absolute.

Mașine termice. Condițiune de funcționare a unei mașine termice.— S'a văzut că principiul echivalenței stabilește relațiunea între lucrul mecanic cheltuit sau produs și căldura produsă sau cheltuită. Principiul lui Carnot exprimă relațiunea între lucrul mecanic produs și temperaturile corpurilor cari prin transformările lor dau naștere lucrului mecanic.

Se definește, în general, o *mașină* sau un *motor termic* orice aparat susceptibil de a transforma căldura în lucru mecanic. Carnot indică cel d'întăiu, în 1824, că o *mașină termică nu poate produce lucru mecanic dacă nu există o diferență de temperatură între două organe ale aparatului, constituind cel d'întăiu isvorul cald (generatorul) și cel al doilea isvorul rece (condensorul)*. Astfel, o mașină cu vaporii nu ar putea produce lucru mecanic dacă nu ar exista o diferență de temperatură între căldarea sau generatorul și condensorul mașinei.

Condițiunea, indicată de Carnot pentru funcționarea unei mașine termice, poate fi considerată ca exprimând calitativ principiul lui Carnot.

Carnot a ajuns a stabili această condițiune necesară pentru funcționarea unui motor termic, asimilând motorii termici cu motorii hidraulici. Să presupunem două vase comunicante conținând apă; după cum în acest aparat nu s'ar putea produce lucru mecanic dacă nu ar exista o diferență de nivel, tot de asemenea în un motor termic nu s'ar putea produce lucru mecanic dacă nu ar exista două izvoare de căldură, unul cald și altul rece, căldura trecând dela isvorul cald la isvorul rece. Intocmai după cum la motorii hidraulici mărirea lucrului mecanic produs depinde de diferența de nivel, de

asemenea lucrul produs în o mașină termică depinde de diferența de temperatură a celor două izvoare de căldură.

Coeficient economic al unei mașine termice. Enunțul cantitativ al principiului lui Carnot. — Să presupunem un motor termic funcționând între două temperaturi determinate. Fie Q_1 cantitatea de căldură luată de la izvorul cald și $Q_2 < Q_1$ cantitatea de căldură cedată izvorului rece. Căldura transformată în lucru mecanic în mașina termică este: $Q_1 - Q_2$; lucrul mecanic corespunzător este deci: $T = E(Q_1 - Q_2)$.

Se definește *coeficientul economic* al unei mașine raportul:

$$\frac{T}{E Q_1} = \frac{E(Q_1 - Q_2)}{E Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

Coeficientul economic al unei mașine termice este, deci, raportul între lucrul mecanic produs în o mașină și lucrul mecanic ce s'ar obține, când toată căldura absorbită de la izvorul cald ar fi transformată în lucru mecanic.

Carnot stabilește că pentru toate *mașinile termice reversibile*, adică acelea cari satisfac condițiilor mecanice și termice de a putea funcționa în sens invers, *funcționând între două temperaturi diferite, coeficientul economic este același și tot odată este maximum.*

Astfel, conform acestui enunț al principiului lui Carnot, oricare ar fi agentul care pune în mișcare pistonul în corpul de pompă, de exemplu vapoarea de apă, vapoarea de ether sau un gaz oarecare, coeficientul economic nu depinde decât de diferența de temperaturi între izvorul cald sau generatorul și izvorul rece sau condensorul.

Coeficientul de pierdere a unei mașine termice. — Se definește *coeficientul de pierdere* a unei mașine termice, raportul $\frac{Q_2}{Q_1}$ între cantitatea de căldură cedată izvorului rece și cantitatea de căldură absorbită de la izvorul cald.

Coeficientul economic se poate scrie :

$$\frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

Relațiunea de mai sus indică că, conform principiului lui Carnot, coeficientul economic al unei mașine termice fiind constant, coeficientul de pierdere al mașinei este de asemenea constant.

Temperaturi absolute. — Se pot defini temperaturele abso-

lute cu ajutorul principiului lui Carnot. Iată raționamentul urmat de D-l Lippmann. Să considerăm o primă mașină termică absorbind Q_1 calorii dela isvorul cald și cedând Q_2 calorii isvorului rece. Conform principiului lui Carnot, coeficientul economic al mașinei $\frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$ precum și coeficientul de pierdere $\frac{Q_2}{Q_1}$ sunt constanți.

Să presupunem că aceeași mașină termică funcționează între același isvor cald și un isvor rece diferit; ea va absorbi Q_1 calorii dela isvorul cald și va ceda Q_3 calorii isvorului rece; ca și în cazul precedent $\frac{Q_1 - Q_3}{Q_1}$ și $\frac{Q_3}{Q_1}$ sunt constanți.

Continuând mai departe, mașina va putea absorbi Q_1 calorii de la isvorul cald și va ceda isvoarelor reci Q_4, Q_5, \dots, Q_n calorii.

Cantitățile de căldură $Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_n$ calorii constituiesc *temperaturele absolute* ale acestor isvoare de căldură,

Raporturile $\frac{Q_2}{Q_1}, \frac{Q_3}{Q_1}, \dots, \frac{Q_n}{Q_1}$ fiind constante, căci aceste rapoarte constituiesc coeficienții de pierdere a mașinei termice, este suficient, pentru a fixa scara temperaturilor absolute, a da o valoare determinată unui termen din seria Q_1, Q_2, \dots, Q_n , de exemplu lui Q_1 , și atunci toți ceilalți termeni ai seriei vor fi cunoscuți.

Se dă numele de *temperaturi absolute* temperaturilor definite prin coeficientul de pierdere sau coeficientul economic, din motivul că aceste temperaturi nu depind de natura substanței termometrice.

Notațiunea temperaturilor absolute. Când definim temperaturile prin cantitățile de căldură Q_1, Q_2, \dots, Q_n , în modul indicat, se notează aceste temperaturi cu literile $T_1, T_2, T_3, \dots, T_n$.

Coeficientul economic al mașinei termice va putea fi deci reprezentat :

$$\frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

În un mod analog, coeficientul de pierdere al mașinei se va putea scrie :

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{T_2}{T_1}$$

Relațiunea între temperaturile absolute și temperaturile

ordinare. Intre temperaturile absolute T , definite prin principiul lui Carnot, și temperaturile ordinare t , cetite la termometrul normal, există relațiunea apaoximativă :

$$(1) \quad T = \frac{1}{\alpha} + t,$$

unde α este coeficientul de dilatațiune a gazelor sub volum constant și presiune variabilă.

Luând pentru α valoarea $\frac{1}{273}$, relațiunea (1) se poate scrie :

$$T = 273 + t. \quad (2)$$

Conform relațiunei (2), temperatura absolută de zero grade ar corespunde cu -273 grade centigrade ale temperaturilor ordinare definite cu termometrul normal.

Principiul conservării energiei. Analiza efectelor produse de energia actuală și de căldură asupra corpurilor.

Principiul conservării energiei.—Am văzut că energia mecanică a unui corp este de două feluri : a) *energia de mișcare*, numită și *energie actuală* sau încă *energie cinetică* ; b) *energie de pozițiune*, numită și *energie potențială*.

Energia potențială se poate transformă în energie actuală și reciproc ; dacă considerăm un sistem izolat, suma acestor două energii, cunoscută sub numele de *energie totală*, este constantă.

Principiul conservării energiei se poate enuncia astfel : *Energia totală a unui sistem izolat este constantă.*

Se admite actualmente că sunetul, lumina, căldura, electricitatea sunt moduri de mișcare a materiei și, prin urmare, forme particulare ale energiei. Energia potențială a unui corp se poate transformă în energie cinetică ; energia cinetică la rândul ei se poate transformă în căldură, electricitate, lumină, sunet. Oricare ar fi natura transformărilor, principiul conservării energiei exprimă că în un sistem izolat suma energiilor este constantă.

In un sistem izolat, conform principiului conservării energiei, nu vom observă deci decât schimbări de distribuiri de energie precum și transformări de energii, așa că suma lor va fi la orice moment constantă.

Analiza efectelor produse de energia actuală comunicată unui corp. — Să presupunem că comunicăm unui corp energia actuală W . Efectele produse de cantitatea de energie W asupra corpului vor fi :

a) *Efecte exterioare*, datorite învingerii rezistențelor exterioare ce corpul întâmpină în mișcarea sa ; dacă corpul este în contact cu atmosfera, rezistența opusă corpului este presiunea atmosferică. Corpul va efectua un *lucru mecanic exterior*. Fie e acest lucru exterior.

b) *Efecte interioare*, datorite deformării corpului și, prin urmare, variațiunii distanțelor între moleculele corpului ; lucrului molecular corespunzător i s'a dat numele de *lucru interior*. Fie i lucru interior.

c) *Efecte calorifice* ; corpul se încălzește și temperatura sa se ridică. Fie T energia calorică corespunzătoare cantității q de căldură câștigate de corp.

În virtutea principiului conservării energiei, cantitatea de energie actuală comunicată corpului dă naștere lucrului exterior e , lucrului interior i și energiei calorifice T , așa că suma lor va fi egală cu W .

Vom putea deci scrie :

$$(1) \quad W = e + i + T.$$

Pentru a fixa ideile, vom da următorul exemplu. Să presupunem că lovim cu un ciocan peste un cuiu de fer pentru a-l bate în o bucată de lemn. Dacă ciocanul, a cărui greutate este P , cade dela înălțimea I și se ridică după ciocnire la înălțimea I' , lucrul mecanic efectuat este $P(I-I')$. S'a comunicat cuiului prin lovirea cu ciocanul o cantitate de energie actuală $P(I-I')$, care produce următoarele efecte :

a) *efecte exterioare* prin pătrunderea cuiului în lemn ;

b) *efecte interioare* prin deformarea cuiului și, prin urmare, varierea distanței între moleculele corpului ;

c) *efecte calorifice* prin încălzirea cuiului.

Cazul când lucrul exterior și interior este nul. Dacă ne punem în condițiuni experimentale așa ca lucrul exterior e și lucrul interior i să fie nuli, relațiunea (1) devine $W = T$. Însă T este lucrul mecanic corespunzător cantității q de căldură câștigate de corp ; vom putea deci scrie :

$$(2) \quad W = T = E q.$$

Relațiunea (2) exprimă principiul echivalenței. Am văzut,

la determinarea echivalentului mecanic al caloriciei, că experiențele au fost realizate când lucrul interior și exterior erau nuli și lucrul mecanic cheltuit sau produs era transformat integral în căldură produsă sau cheltuită.

Analiza efectelor produse de căldură asupra unui corp.—

Să presupunem că comunicăm unui corp o cantitate de căldură Q și, prin urmare, o cantitate de energie actuală EQ . Căldura Q va produce, ca și în cazul precedent, următoarele efecte :

a) *Efecte exterioare*, datorite dilatărei corpului și învingerei presiunii exterioare exercitate asupra sa. Fie e lucrul mecanic exterior. Lucrul exterior datorit dilatărei este mic în cazul solidelor și lichidelor și foarte mare la gaze și vapori.

b) *Efecte interioare*, datorite măririi intervalului între moleculele corpului și învingerei forței de coesiune exercitate între molecule. Fie i lucru interior. Lucrul interior este considerabil la corpurile solide și lichide; la gazele, cari se apropie prin proprietățile lor de gazele perfecte, după experiențele lui Joule și Thomson, lucrul interior este nul.

c) *Efecte calorifice* exprimate prin încălzirea corpului și ridicarea, prin urmare, a temperaturii sale. Fie T energia calorică corespunzătoare cantității q de căldură câștigată de corp.

Conform principiului conservării energiei, vom putea scrie :

$$EQ = e + i + T.$$

$\frac{T}{Q} = 4.25$

MAȘINE TERMICE

Generalități.

Definițiunea mașinilor termice.—O *mașină termică* sau un *motor termic* este un aparat care transformă căldura în lucru mecanic prin intermediul unei vapoare sau a unui gaz.

Mașina termică cea mai importantă este mașina cu vapori de apă, cunoscută sub numele de *mașina cu vapori*. S'au construit, de asemenea, mașine sau motori termici cu aer cald și cu gaze formate din un amestec de gaze combustibile și aer.

Mașina cu vapori a lui Papin.—Denis Papin a fost cel d'întâiu care a avut ideea de a întrebuința forța elastică a vaporilor de apă pentru a produce lucrul mecanic. Mașina cu vapori, propusă de Papin în 1690, eră formată din un corp de pompă, deschis la partea superioară, în care se putea mișca un piston. După ce s'ă turnat prealabil o mică cantitate de apă în corpul de pompă, se coboară pistonul în jos. Se încălzește apa din corpul de pompă până la vaporizare; forța elastică a vaporilor formați va împinge în sus pistonul. Încețând apoi a mai încălzi apa din corpul de pompă, vaporii se condensează, forța lor elastică se micșorează și presiunea atmosferică, fiind superioară forței elastice a vaporilor răciți, va împinge pistonul în jos. Repetând încălzirea și răcirea apei, se va obține alternativ ridicarea și coborârea pistonului în corpul de pompă.

Mașina cu vapori cu simplu efect.—In mașina lui Papin, producțiunea, utilizarea și condensațiunea vapoarei se produ-

ceau în corpul de pompă. Pentru a se evita pierderea căldurei prin încălzirea și răcirea alternativă a corpului de pompă, englezul Newkomen a construit o mașină cu vapori în care *generatorul* de vapori, adică căldarea în care se produc vaporii, este deosebită de *condensorul*, care constituie partea mașinei termice în care se condensează vaporii gonțiți din corpul de pompă.

Mașina lui Newkomen este formată din un corp de pompă A în care se mișcă pistonul P (fig. 96). Corpul de pompă comunică cu căldarea sau *generatorul* de vapori prin un canal ce poate fi închis prin robinetul R; acelaș corp de pompă este pus în comunicațiune, prin un canal prevăzut cu robinetul R', cu *condensorul* din care aerul a fost extras și care este menținut la o temperatură inferioară grație introducerii în condensor de apă rece.

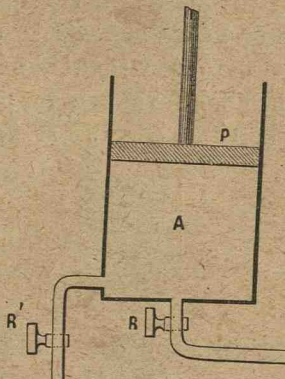


Fig. 96.

Să vedem modul cum funcționează această mașină. Să presupunem mai întâiu robinetul R' închis, robinetul R deschis și pistonul P la baza corpului de pompă; vapoarea de apă din generator va trece în corpul de pompă și va ridica pistonul în sus. Se închide apoi robinetul R și se deschide R'; vapoarea din corpul de pompă va trece parțial în condensor și, conform principiului lui Watt, va lua forța elastică maximă corespunzătoare temperaturii inferioare a condensurului; această forță elastică a vaporilor, fiind inferioară presiunii atmosferice, atmosfera va apăsa pe fața superioară a pistonului și-l va mișca în jos. Continuând a operă în modul indicat, vom produce alternativ ridicarea și coborîrea pistonului.

Mașina cu vapori descrisă este o mașină cu *simplu efect*, din cauză că vapoarea nu lucrează decât asupra unei fețe a pistonului.

Mașinele cu vapori actuale.

Mașinele cu vapori cu dublu efect.—In locul mașinelor cu efect simplu, în care vapoarea lucrează asupra unei fețe a

pistonului iar atmosfera asupra celeilalte fețe, se uzită actual-
 minte mașina cu vapori cu *dublu efect*. La mașinile cu dublu
 efect, în interiorul corpului de pompă, închis la ambele ca-
 pete, se mișcă un piston pe fețele căruia lucrează succesiv
 vapoarea de apă.

Aceste mașine constituiesc motorii cei mai întrebuințați.
 S'au construit diverse tipuri de mașine cu dublu efect, cari
 pot fi clasate în trei categorii: a) *mașine fixe*; b) *mașine ma-
 rine*; c) *locomotive*.

Relativ la aceste mașine, vom descrie succesiv: a) *gene-
 ratorul de vapori*; b) *condensorul*; c) *mecanismul motor*.

Generatorul de vapori.—Generatorul de vapori sau căl-
 darea cu vapori, în *mașinile fixe*, este format din un cilindru
 de fer A (fig. 97 și fig. 98), închis la capete prin două he-

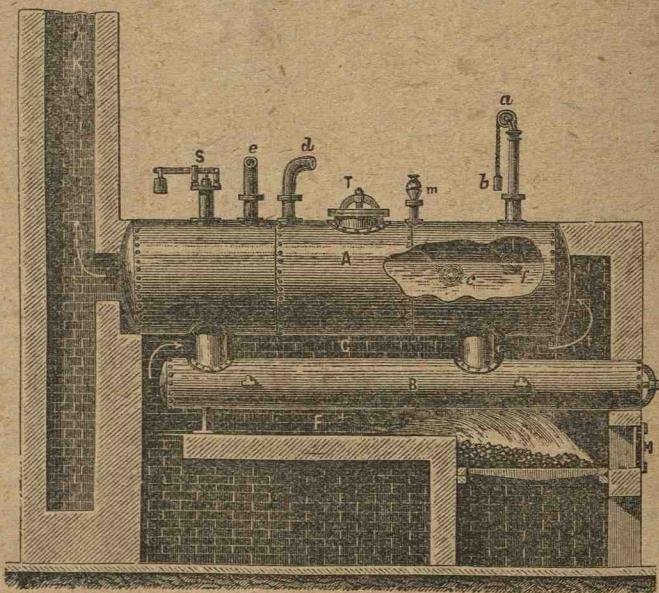


Fig. 97.

misfere de acelaș metal; cilindru A comunică cu alte două
 cilindre de fer de diametru mai mic, așezate sub A, prin câte
 două tuburi. Cilindrele B, B sunt pline cu apă, iar cilindru
 A numai în parte. Aceste cilindre sunt zidite în un cuptor de
 cărămidă, construit astfel ca flacăra precum și produsele com-
 bustiunii plecând dela focarul F să încălzească mai întâiu

cilindrele B, B la baza lor, apoi să treacă în C prin spațiul dintre căldarea A și cilindrele B, B și, în fine, să revină prin canalele D, D, încălzind părțile laterale ale cilindrului A, de unde apoi trecând prin coșul K, se răspândesc în atmosferă. Apa din generator fiind încălzită se va transforma parțial în vapori, cari se vor condensa mai întâiu în apa din cilindru A; continuând cu încălzirea, se vor produce vapori cari vor fi conținuți în spațiul liber de licid din cilindrul A.

Pentru a mări suprafața de încălzire a generatorilor, se construiesc căldări *semi-tubulare*, în cari căldarea A este străbătută în interior în sensul lungimei de un mare număr de tuburi metalice; flacăra și produsele combustiei atingând mai întâiu cilindrele B, B, trec apoi prin țevile introduse în cilindrul A, de unde se răspândesc în atmosferă.

Se construiesc de asemenea *căldări tubulare*, în cari cilindrii B, B sunt suprimați și flacăra precum și produsele combustiei trec direct dela focar în coș prin tuburile longitudinale introduse în căldarea A.

Pentru *locomotive* și *locomobile*, la cari se cere ca generatorul de vapori să ocupe un spațiu mic și vaporizațiunea licidului să fie puternică, focarul F (fig. 99) este așezat în mijlocul unei cutii A de tablă de fer cu pereții dubli conținând apă în interiorul lor; flacăra și produsele combustiei trec prin tuburile interioare longi-

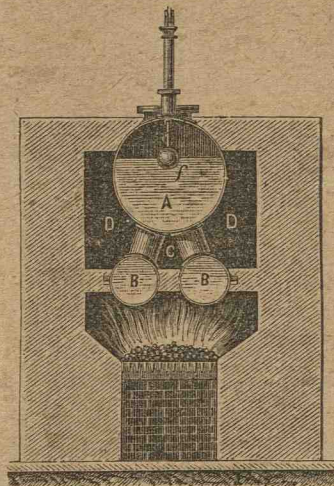


Fig. 98.

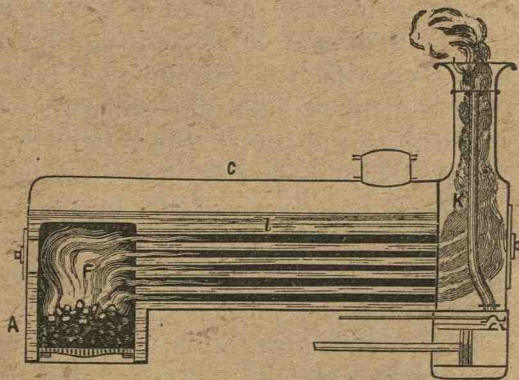


Fig. 99.

și produsele combustiei trec prin tuburile interioare longi-

tudinale l , cu care este prevăzută căldarea C , de unde prin coșul K se respândesc în atmosferă.

Organe accesorii la generatorii cu vapori. — Experiența arată că, dacă nivelul apei în căldare ar scădea, pereții căldărei ar veni în contact direct cu flacăra și s'ar roși; când apoi s'ar introduce o mică cantitate de apă în căldare, s'ar produce instantaneu o mare cantitate de vapori, ceea ce ar ocaziona exploziunea generatorului. De aceea fiind necesar a cunoaște atât nivelul apei în căldarea A (fig. 97 și fig. 98) precum și presiunea vaporilor, s'a adaptat la căldare aparate accesorii, unele servind a indica nivelul apei din căldare, altele indicând presiunea vaporilor.

Indicatori de nivel. Pentru a indica nivelul apei din căldare, generatorul este prevăzut cu un *indicator de nivel*, un *plutitor f* (fig. 97 și fig. 98) și un *semnal de alarmă m* .

a) Indicatorul de nivel (neindicat în figură) este format din un tub de cristal masticat la cele două extremități în două tuburi de metal, comunicând unul cu partea superioară, celalt cu partea inferioară a căldărei; în virtutea principiului vaselor comunicante, nivelul lichidului va fi același în căldare și în tubul indicator.

b) Plutitorul f (fig. 97 și fig. 98) este atârnat la extremitatea unui lanț înfășurat pe scripetele a și prevăzut la cealaltă extremitate cu o contragreutate b . În axul scripetelui este fixat un ac indicator, care se poate mișcă la dreapta sau la stânga arătând dacă nivelul apei din căldare este superior sau inferior acelui necesar pentru funcționarea mașinei.

c) Semnalul de alarmă (fig. 97) este format din un plutitor c care închide extremitatea inferioară a semnalului m . Dacă nivelul lichidului din căldare scade sub nivelul normal, atunci plutitorul c deschide semnalul m , vapoarea ese în exterior atingând marginile unei lame subțiri metalice care va intra în vibrațiune și va produce un sunet ascuțit.

Indicatori de presiune. Pentru a constata presiunea vaporilor din generator, căldarea este prevăzută cu un *manometru* și un *ventil de siguranță S* (fig. 97):

a) Manometrul întrebuintat la mașinele cu vapori este manometrul metalic; acest manometru este gradat astfel ca să indice sau presiunea vapoarei în *atmosfera* sau în *kilograme pe centimetru patrat*.

b) Ventilul de siguranță, analog aceluia adaptat la oala lui Papin, are de scop a permite ca o parte din vaporii din căldare să iasă în exterior când presiunea lor trece de o limită determinată. Acest ventil S (fig. 97 și fig. 100) este format din un dop de bronz L, în formă de trunchi de con, ce închide tubul A adaptat la căldarea cu vaporii. Dopul L, terminat la partea superioară prin un vârf *p*, este menținut închis grație unei pârgșii mobile împrejurul axului fix O și prevăzută la extremitatea liberă cu greutatea P.

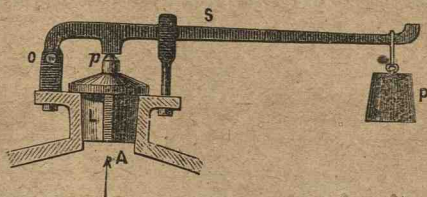


Fig. 100.

Mărimea greutății P variază după suprafața ventilului în contact cu vapoarea din căldare precum și cu presiunea limită a vapoarei. Când presiunea vapoarei trece peste această limită, ventilul este deschis și excesul de vapoare este în atmosferă. Forma descrisă a ventilului de siguranță este aceea adoptată la mașinile fixe; la locomotive greutatea P este înlocuită cu un resort.

Alte accesorii la căldările cu vaporii. Căldarea A (fig. 97) mai este prevăzută cu o deschidere T, închisă ermetic prin un capac; prin deschiderea T poate intra un om pentru a curăți și repară căldarea în interior. De asemenea pe partea superioară a căldării sunt adaptate tuburile *d* și *e*, cel d'întăiu servind a conduce vapoarea la corpul de pompă, cel al doilea servind la aducerea apei în căldare.

Aparatele de alimentație. Pentru a alimenta cu apă generatorii de vaporii, se face us la mașinile fixe de o pompă, pusă în mișcare de însuși mașina, care estrăgând apa din un rezervoriu o gonește în căldare prin tubul *e* (fig. 97), care pătrunde până aproape de fundul căldării; în acest mod, se evită ca vaporii de apă din căldare să vină în contact direct cu apa rece, ceea ce ar provoca condensarea parțială a vaporilor și o funcționare neregulată a mașinei.

La mașinile cu vaporii *mobile*, ca la locomotive, pompa de alimentație este înlocuită prin *injectorul automotor Giffard*. Partea principală a injectorului Giffard (fig. 101), este reprezentată prin două conuri, unul convergent *aa*, altul divergent *bb*, formând ca o trompă cu vapoare de apă analoagă trompei

cu apă sau mercur, Vapoarea de apă este adusă dela căldare prin tubul d' , de unde prin orificiul d intră în tubul cu extremitatea conică F . Prin extremitatea tubului F vapoarea ese cu o iuțeală considerabilă, așa că determină în tubul H , care comunică cu un rezervoriu cu apă, un vid parțial; apa din

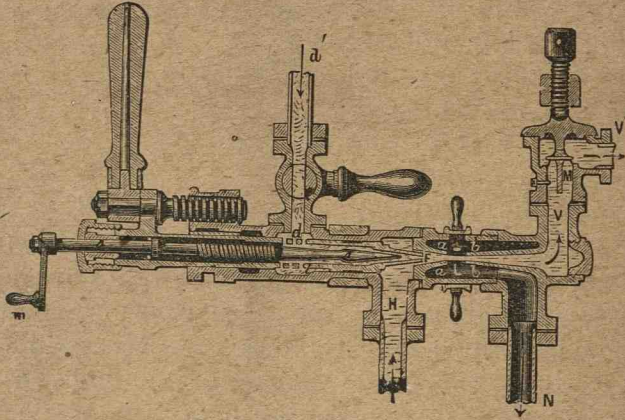


Fig. 101.

rezervoriu se precipită în tubul H și este împinsă de vapoare în conul divergent bb , de unde prin tuburile de alimentație V, V' este gonită direct în căldare. Apa din rezervoriu, care nu trece în tubul de alimentație, trece din spațiul L în tubul de scurgere N .

Pentru a împedica ca apa ce ese din aparat să se reîntoarcă îndărăt, se prevede canalul V cu ventilul M ce nu se deschide decât de jos în sus. Putem regula iuțeala vaporilor mișcând vergeaua metalică e , terminată prin un vârf ascuțit, cu ajutorul manivelei m ; de asemenea, prin un dispozitiv convenabil, putem mișca tubul F și regula debitul apei din tubul H .

Mecanismul motor.—Primele mașine cu vapori, cari au adus industriei servicii mari, sunt datorite lui *Watt*. *Watt* a inventat *sertarul de distribuțiune*, care permite a introduce alternativ vapoarea pe fețele pistonului și a goni în atmosferă sau în condensor vapoarea ce a încetat a mai servi.

Relativ la mecanismul motor a mașinei cu vapori, vom descrie succesiv corpul de pompă sau cilindrul în care se mișcă pistonul, modul în care se face distribuțiunea vaporilor în corpul de pompă, organele mașinei care servesc la tran-

sformarea mișcării alternative a pistonului în mișcarea circulară continuă și, în fine, organele accesorii cari servesc a regulă mișcarea mașinei.

Corpul de pompă și distribuirea vaporilor în corpul de pompă. Corpul de pompă este un cilindru metalic A (fig. 102 și fig. 103) închis la ambele capete și în care se mișcă pistonul P, prevăzut cu o vergea ce străbate basa superioară a corpului de pompă. Vapoarea din generator este condusă prin tubul *d* în camera de distribuție sau cutia de vapori B, aplicată lateral pe corpul de pompă, de unde prin canalele *a* și *b* poate fi introdusă în corpul de pompă A. Distribuția alternativă a vapoarei pe fețele pistonului se face prin ajutorul unui aparat *s*, având forma unui sertar de masă, și a cărui mișcare este regulată de vergeaua *t* aplicată la sertar. Un al treilea canal *o* permite comunicarea interiorului sertarului cu atmosfera sau cu un condensor. Mișcarea sertarului se face astfel, ca în orice moment sertarul să închidă deodată două din canalele *a* și *o* sau *b* și *o*.

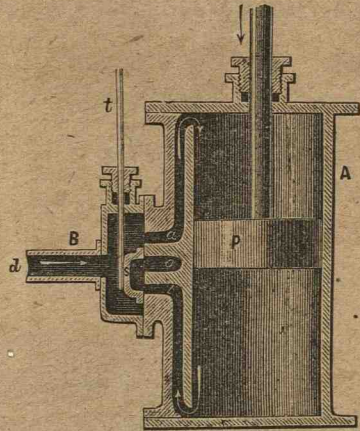


Fig. 102.

Să examinăm modul cum se face distribuția vaporilor în corpul de pompă. Când vapoarea din generator trece prin canalul *d* în cutia de distribuție B și apoi prin canalul de admisiune *a* deasupra pistonului P (fig. 102), sertarul *s* închide canalele *b* și *o*; vapoarea de sub pistonul P va intra prin canalul de admisiune *b* în sertarul *s* și apoi prin canalul *o* va trece în atmosferă sau în condensor; pistonul P, în acest caz, se mișcă de sus în jos.

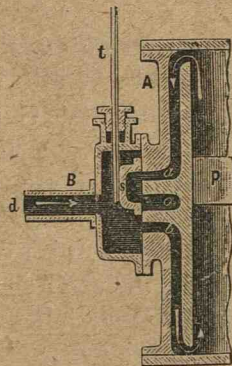


Fig. 103.

Când vapoarea trece din camera de distribuție prin canalul *b* sub piston (fig. 103), sertarul *s* închide canalele *a* și *o*; vapoarea deasupra pistonului trece în sertarul *s* prin canalul *a*, de unde prin ca-

nalul *o* este gonită în atmosferă sau în condensor ; pistonul, în acest caz, se mișcă de jos în sus.

Organele mașinei de vapori cari transformă mișcarea rectilinie a pistonului în mișcarea circulară. Vom descrie mecanismul care transformă mișcarea rectilinie alternativă a pistonului în mișcare circulară continuă la una din formele cele mai simple a mașinei cu vapori (fig. 104).

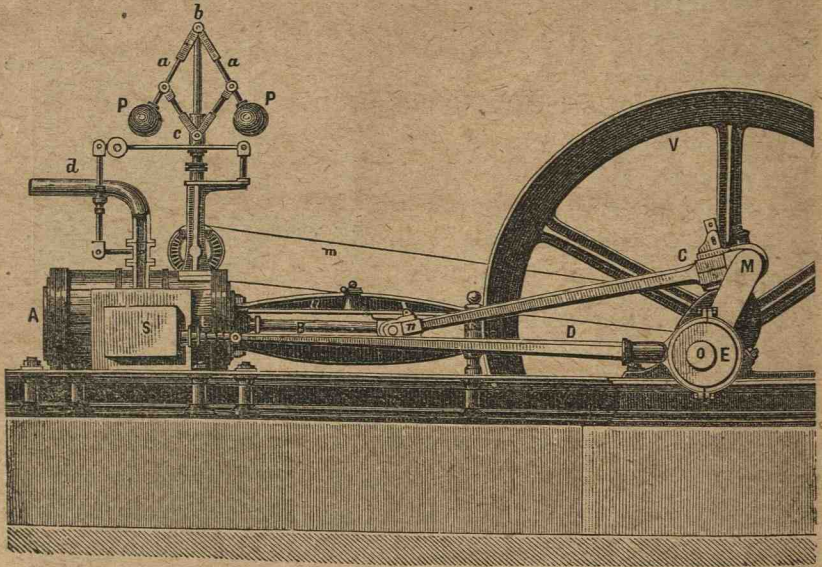


Fig. 104.

Extremitatea vergelei B a pistonului, care se mișcă în cilindrul A, este articulată în *n* prin un bloc rezistent la o bară metalică C numită *bielă*; cealaltă extremitate a bielei este ea însăși articulată la *manivela* M fixată perpendicular la un arbore orizontal O mobil împrejurul axului său. Blocul *n* se mișcă între două șine orizontale *u*, ceea ce face ca coada B a pistonului să nu poată avea decât o mișcare rectilinie. Grație bielei C și a manivelei M, mișcarea rectilinie alternativă a coadei B a pistonului determină o mișcare circulară a arborelui motor împrejurul axului său. O excursiune alternativă completă a pistonului produce deci o mișcare circulară de 360 grade a arborelui motor al mașinei.

Pe arborele motor este fixată perpendicular o roată grea V, numită *volant*, care servește a regula mersul mașinei, pre-

cum și un scripete pe conturul cărui se poate aplica o curea care servește a transmite mișcarea arborelui motor la alte mașine.

Mecanismul care produce mișcarea sertarului. Excentric circular. Mișcarea alternativă a sertarului s (fig. 104) se produce cu ajutorul unui *excentric circular*.

Extremitatea vergelei t (fig. 104 și fig. 105), solidară cu

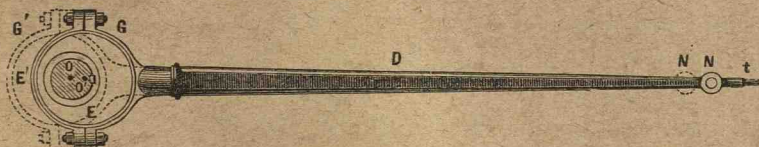


Fig. 105.

sertarul, este articulată la biela D ; cealaltă extremitate a bielei este terminată prin un inel G , care înconjură un excentric E fixat pe arborele motor O al mașinei. Excentricul este un disc circular a cărui centru O' nu coincide cu centrul O al arborelui motor și este situat la o mică distanță. Când arborele motor se mișcă, excentricul E solidar cu arborele se va mișca și el, va aluneca în interiorul inelului G și va produce o mișcare rectilinie alternativă a inelului. Când centrele O și O' sunt în direcțiunea bielei D și O' la dreapta lui O , extremitatea bielei D este în N ; când excentricul E efectuează o semi-revoluțiune așa ca O' să fie la stânga lui O și OO' în direcțiunea bielei D , extremitatea bielei D vine în N ; la semi-revoluțiunea următoare a excentricului, extremitatea bielei D se mișcă rectiliniu din N' în N . La mișcarea bielei din N în N' , sertarul s se va mișca în un sens; la excursiunea bielei din N' în N , sertarul se va mișca în sens invers.

Organele cari servesc a regulă mișcarea mașinei cu vapori. Mașinele cu vapori în funcționarea lor întâmpină rezistențe variabile; aceste rezistențe variază adeseori în un mod brusc. Pentru a micșora variațiunea iuțelei mașinei, s'a adaptat la mașinele cu vapori organe care servesc a regulă mișcarea lor. Aceste organe sunt: *volantul și regulatorul cu forță centrifugă.*

Volantul consistă din o roată mare de fontă V (fig. 104), a cărei circumferință este foarte grea și a cărui centru se află pe axul arborelui motor. Să presupunem că mașina în mersul ei întâmpină o rezistență bruscă, așa ca lucrul resistant să

fie mai mare decât lucrul motor; mișcarea mașinei nu se va micșora decât progresiv, din cauză că masa considerabilă a volantului în virtutea inerției își va continua mișcarea sa. Invers, să presupunem că rezistențele întâmpinate de mașină sunt mici, așa ca lucrul motor al mașinei să fie cu mult mai mare decât lucrul resistant; iuțeala mașinei nu se va mări decât progresiv din cauza masei considerabile a volantului.

Să mai observăm că, când pistonul ajunge la punctele extreme ale mișcării sale în corpul de pompă, biela D și manivela M (fig. 104) sunt în linie dreaptă, așa că biela nu mai poate imprimă manivelei nici o mișcare; în acest caz, volantul prin iuțeala căpătată face ca aceste organe ale mașinei să-și continue mai departe mișcarea lor.

Regulatorul cu forță centrifugă (fig. 104 și fig. 106) este

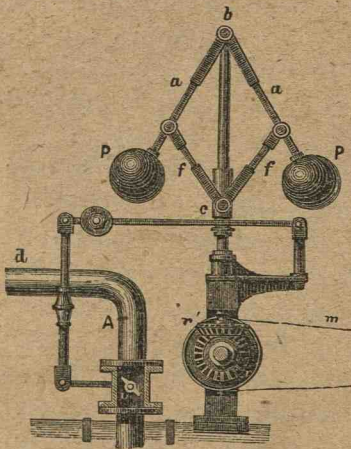


Fig. 106.

util în cazul când rezistența fiind mică, mișcarea mașinei ar deveni prea mare. Acest regulator este format din două greutateți P, P, fixate la două vergele metalice a, a, articulate în b la extremitatea unui ax vertical. Alte două vergele f, f, sunt articulate de o parte la vergelele a, a, de altă parte la inelul c.

Inelul c, la rândul său, comunică prin un sistem de pârghii articulate cu cheia v, așezată în tubul de admisiune al vapoarei d; după cum v închide

mai mult sau mai puțin tubul d, vapoarea va străbate în corpul de pompă în cantitate mai mică sau mai mare. Mișcarea arborelui motor este transmisă prin cureaua m și prin roțile în unghi drept r și r' la axul bc și la greutatețile P, P. Dacă iuțeala mașinei crește, iuțeala axului bc se va mări; pe măsură ce iuțeala mașinei crește, greutatețile P, P se vor depărta de ax, ceace va provoca ridicarea inelului c și sistemului de pârghii articulat la c, închiderea parțială a tubului de admisiune d prin cheia v și introducerea deci a unei cantități mai mici de vaporii în camera de distribuțiune a vaporilor; în aceste condițiuni, iuțeala mașinei se va micșora.

Condensorul. — Condensorul este acea parte a mașinei cu vapori în care se condensează vapoarea de apă gonită din corpul de pompă. Există mașine cu vapori la cari condensorul este suprimat.

Pentru a ne face o idee clară de utilitatea condensorului, să considerăm mașinele cu vapori cu mare presiune și mică presiune.

La mașina cu vapori *cu mare presiune*, forța elastică a vaporilor introduși din căldare în corpul de pompă și care lucrează asupra unei fețe a pistonului este cel puțin de cinci atmosfere. Să presupunem că cealaltă față a pistonului este în contact cu atmosfera; presiunea exercitată asupra acestei fețe va fi de o atmosferă. Resultă, deci, că forța motrice, care va împinge pistonul în corpul de pompă, fiind diferența între presiunile exercitate pe cele două fețe a pistonului, va fi de 4 atmosfere; perderea forței motrice este deci $\frac{1}{5}$. În mașinele *cu presiune mare*, condensorul este suprimat și vapoarea gonită din corpul de pompă trece direct în atmosferă.

Să considerăm o mașină cu vapori *cu presiune mică*, la care forța elastică a vaporilor introduși în corpul de pompă are o presiune cel mult de două atmosfere. Dacă vapoarea de apă din corpul de pompă ar fi gonită direct în atmosferă, presiunea exercitată asupra celei a doua fețe a pistonului ar fi de o atmosferă și forța motrice, care împinge pistonul, fiind diferența presiunilor exercitate pe cele două fețe a pistonului, ar fi numai de o atmosferă; perderea forței motrice este deci $\frac{1}{2}$.

Pentru a diminua o pierdere considerabilă a forței motrice, s'a adoptat *condensorul*, care permite a micșora foarte mult presiunea exercitată pe a doua față a pistonului.

Condensorul (fig. 107) este format din un recipient metalic rezistent R; acest recipient este străbătut la baza sa de tubul BC, terminat prin sfera D prevăzută cu mici deschideri. Curentul de apă, care trece prin BCD, cade sub formă de ploaie fină în interiorul condensorului. De altă parte, un tub lateral A permite intrarea în condensor a vapoarei de apă gonită din corpul de pompă. Să presupunem că temperatura în condensor este de 45°; vaporii de apă goniți din cilindru în condensor, în virtutea *principiului lui Watt*, se vor răci și

vor lua forța elastică corespunzătoare temperaturii de 45°; această forța elastică, după experiențele lui Regnault, este egală cu presiunea unei coloane de mercur de 71 milimetri sau

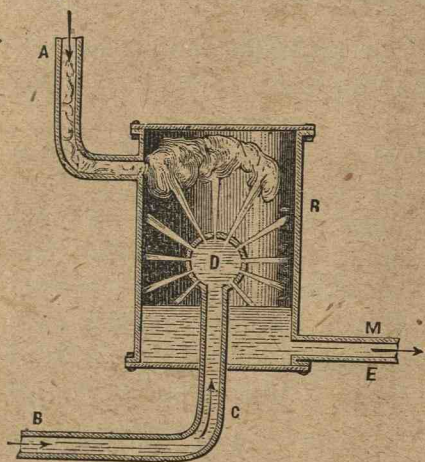


Fig. 107.

aproximativ $\frac{1}{10}$ din o atmosferă; rezultă de aci că, dacă vaporii din căldare intră în corpul de pompă cu o presiune de 2 atmosfere și asupra feței a doua a pistonului se exercită o presiune de $\frac{1}{10}$ din o atmosferă, forța motrice, care va mișca pistonul în corpul de pompă, va fi: $2 - \frac{1}{10}$ sau $\frac{19}{10}$ atmosfere. Pentru a completa descrierea condensatorului, vom adăoga că la mașinele cu condensor sunt adaptate pompe,

puse în mișcare de însăși mașina, destinate a injecta prin tubul BCD apă în condensor și totodată a estrage prin tubul E apa din condensor încălzită prin contactul cu vapoarea. O parte din apa încălzită din condensor este gonită în căldare și servește la alimentarea mașinei.

Intrebuintarea destinderei (detentei) vapoarei de apă în mașinele cu vaporii.—Dacă vapoarea de apă din generator ar fi neconținut introdusă în corpul de pompă până ce pistonul ajunge la finele excursiunii sale, vapoarea admisă în cilindru ar avea neconținut aceeași forță elastică corespunzătoare temperaturii t a generatorului; când, în urmă, această vapoare este gonită din cilindru în condensor, a cărui temperatură ar fi $t_1 < t$, vapoarea s'ar condensa parțial și forța sa elastică ar cădea brusc de la aceea ce o are la temperatura t la valoarea mai mică corespunzătoare temperaturii t_1 .

Watt a avut cel d'întăiu ideia de a opri introducerea vapoarei de apă în corpul de pompă mai înainte ca pistonul să fi ajuns la finele excursiunii sale; în acest cas, vapoarea de apă din corpul de pompă se va *destinde*, volumul său se va mări și forța sa elastică se va micșora; însă, această forță elastică, care merge micșorându-se, fiind mai mare decât

forța resistentă exercitată pe a doua față a pistonului, va face ca pistonul să-și continue mișcarea sa mai departe.

Pentru a ne fixa ideile, să considerăm o mașină cu vapori cu condensor, în care forța elastică a vaporilor produși în generator este de 2 atmosfere; în același timp, temperatura condensorului fiind de 45° , forța resistentă exercitată pe a doua față a pistonului este $\frac{1}{10}$ din o atmosferă. Să presupunem că vapoarea sub presiunea de 2 atmosfere a fost admisă în corpul de pompă până ce pistonul a efectuat jumătate din excursiunea sa; în urmă vapoarea a fost oprită. Să presupunem că această masă de vapori *se destinde* și ocupă un volum de două ori mai mare; conform legei lui Mariotte, volumul vapoarei fiind de două ori mai mare, forța sa elastică devine de două ori mai mică și, în cazul studiat, este egală cu o atmosferă; forța elastică a vapoarei în timpul destinderii fiind neconținut mai mare decât forța resistentă exercitată pe a doua față a pistonului, care este $\frac{1}{10}$ din o atmosferă, va produce mișcarea mai departe a pistonului până la finele excursiunii sale. Rezultă deci că, *pentru aceeași cantitate de vapori de apă, și prin urmare de combustibil, câștigăm tot lucrul mecanic datorit destinderii vapoarei.*

Pentru a opri intrarea vapoarei de apă în corpul de pompă, când pistonul a efectuat o fracțiune din mișcarea sa, sertarul (fig. 108) este prevăzut la basă cu prelungirile ab și $a'b'$; lungimile lui ab și $a'b'$ sunt calculate astfel ca canalul de admisiune a vaporilor să fie închis când pistonul a parcurs o fracțiune dată din excursiunea sa. Aceste anexe, adaptate la sertar, sunt datorite lui Clapeyron.

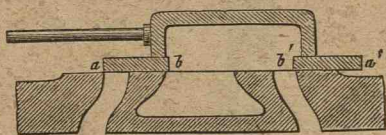


Fig. 108.

Tipurile principale de mașini cu vapori după presiunea vaporilor. — Se disting trei tipuri de mașini cu vapori după presiunea vaporilor de apă din generator introduși în corpul de pompă:

a) *Mașini cu presiune mică*, la cari forța elastică a vaporilor nu trece de 2 atmosfere; aceste mașini sunt prevăzute cu condensor.

b) *Mașini cu presiune medie*, la cari forța elastică a vaporilor este coprinsă între 2 și 5 atmosfere.

c) *Mașini cu presiune mare*, la cari forța elastică a vaporilor trece de 5 atmosfere. La aceste mașine, condensorul este suprimat și vapoarea din cilindru este gonită direct în atmosferă. Locomotivele și locomobilele sunt mașine cu vaporii cu presiune mare.

Fie s secțiunea pistonului, p presiunea exercitată de vapoare pe unitatea de suprafață pe una din fețele pistonului și p' presiunea pe unitatea de suprafață pe a doua față a pistonului. Forța motrice, care va pune pistonul în mișcare, va fi:

$$s(p-p').$$

Dacă p este mai mic de 2 atmosfere, mașina este cu mică presiune; se adaptează la această mașină un condensor pentru a micșora valoarea lui p' . Dacă p este cuprins între 2 și 5 atmosfere, mașina este cu presiune medie. În fine, dacă p este mai mare de 5 atmosfere, mașina va funcționa fără condensor și p' va fi egal cu o atmosferă; mașina este cu presiune mare.

Locomotiva. — Locomotivele sunt mașine cu vaporii cu presiune mare și fără condensor destinate a transporta vagoanele

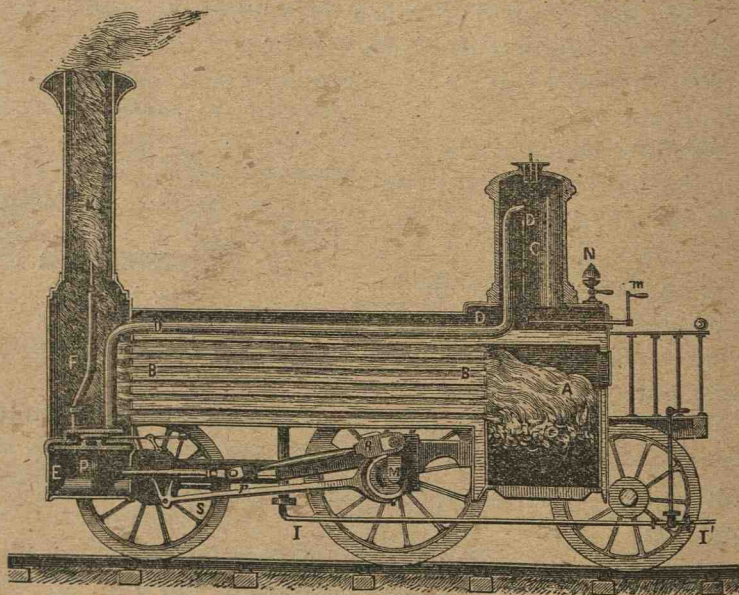


Fig. 109.

pe drumurile de fer. Vom descrie aci locomotiva lui Stephenson. Locomotiva lui Stephenson (fig. 109), după cum se vede

în secțiune, este formată din o căldare, a cărei lungime este aproape aceea a mașinei. Căldarea este străbătută în sensul lungimii de o mulțime de tuburi B, înconjurată cu apă. Produsele gazoase combustibile plecând dela focarul A trec prin toate aceste tuburi și ies prin coșul K. Rolul acestor tuburi este, după cum s'a văzut, a mări suprafața de încălzire a apei din căldare și a activa vaporizarea ei. Vapoarea din generator se strânge în camera C, situată la partea superioară a căldării, de unde prin canalul DD' este condusă în două corpuri de pompă E, așezate la partea anterioară a locomotivei. Canalul DD' poate fi închis sau deschis, oprind sau făcând să treacă vapoarea din generator în corpul de pompă, grație unei chei manevrate în exterior prin mânerul *m*.

Să examinăm acțiunea vapoarei introdusă în un corp de pompă. Această vapoare introdusă în corpul de pompă E, pune în mișcare pistonul P, a cărui coadă este articulată la biela R, articulată la rândul ei la manivela M fixată la axul celor două roți mai mari dela mijlocul mașinii; mișcarea pistoanelor P în corpurile de pompă vor produce mișcarea acestor roți, numite roți *motrice*. Vapoarea gonită din corpul E va ieși în exterior prin tubul F și va activa expulzarea produselor combustibile cari au trecut prin tuburile B. Excentricul S va pune în mișcare sertarul, care servește a distribui vapoarea în cilindru. Locomotiva mai este prevăzută cu semnalul de alarmă N și cu tubul II' prin care se aspiră apa dela vagonul cu apă și combustibil, numit *tender*, legat la locomotivă.

Mașine marine.— Mașinele marine sunt cele mai puternice mașine cu vapori; s'au construit mașine marine cari au o putere de mai multe mii de cai vapori. Pentru necesitățile navigației, vaporul trebuind a se mișca cu ușurință în un sens sau în altul, s'a adaptat la mașinele marine o dispozițiune specială numită *culisa lui Stephenson*, care permite a schimba chiar în timpul mersului mașinei sensul mișcării sertarelor, determinând astfel schimbarea sensului mișcării vaporului.

Culisa lui Stephenson este de asemenea adaptată și la locomotive.

Locomobila. — Locomobila, a cărei aparență exterioară este aceea a unei locomotive, este totuși o mașină cu vapori fixă; roțile locomobilei servesc numai a o transporta din un loc în altul.

În modelul alăturat de locomobilă (fig. 110), focarul este în A, iar BB reprezintă căldărea tubulară. Produsele combustibile trecând prin tuburile căldărei es în atmosferă prin coșul CC'. Cilindrul sau corpul de pompă E este fixat orizontal la

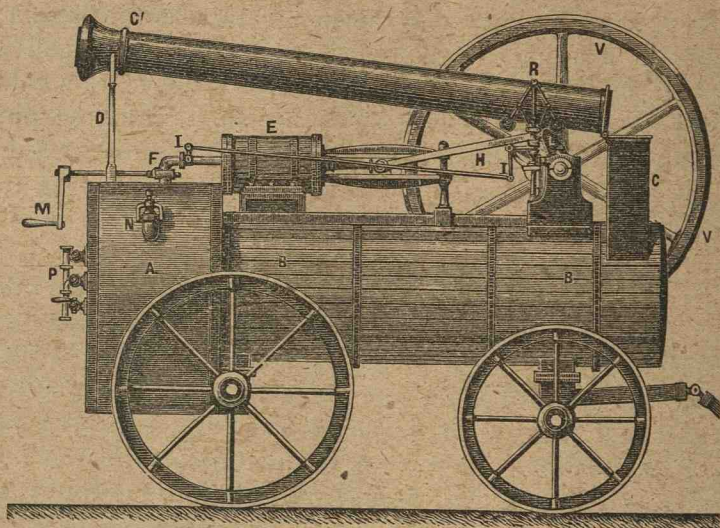


Fig. 110.

partea superioară a căldărei ; coada pistonului, ce se mișcă în corpul de pompă, este articulată la biela H, articulată la rândul ei la manivela L fixată la axul arborelui motor. Tot pe axul arborelui motor este fixat și volantul VV, pe conturul căruia se înfășură cureaua ce transmite mișcarea la alte mașine, de exemplu la o treerătoare. În R este un regulator cu forță centrifugă ; M este manivela care permite intrarea vaporilor în corpul de pompă ; în fine, P este indicatorul de nivel.

Mașinele cu gaz. — În mașinele cu gaz lucrul mecanic este datorit forței elastice produse prin combustiuinea unui amestec de gaz de luminat cu aer sau a unui amestec de vapori de petrol, de exemplu, cu aer. Combustiunea amestecului gazos, în care aerul intră în cantitate mai mare, se face în interiorul corpului de pompă.

Îată principiul acestor mașine. Să presupunem mai întâiu pistonul la extremitatea închisă a corpului de pompă, care este deschis la cealaltă extremitate. Prin mișcarea pistonului

rămânând un spațiu vid între baza închisă a cilindrului și piston, sertarul distribuitor permite intrarea amestecului gazez în acest spațiu vid. Când pistonul a ajuns la un punct determinat al excursiunii sale, sertarul distribuitor oprește intrarea gazelor în corpul de pompă; în acest moment se aprinde amestecul gazez, care va produce prin combustionea sa în interiorul corpului de pompă o presiune de mai multe atmosfere și pistonul va fi împins înainte. Când pistonul efectuează, în urmă, o mișcare în sens invers, sertarul distribuitor permite gonirea din corpul de pompă a produselor combustiei. Admișiunea amestecului gazez și combustionea sa în corpul de pompă, precum și gonirea din corpul de pompă a produselor combustiei, vor provoca o mișcare rectilinie alternativă a pistonului; această mișcare a pistonului va fi transformată la rândul ei, ca și la mașinile cu vapor, în mișcare circulară.

Puterea mecanică a unei mașine termice. Cal-vapor. Watt. — Se definește *puterea mecanică a unei mașine lucrul mecanic ce poate produce o mașină în unitatea de timp*. Unitatea de putere mecanică depinde deci de unitatea aleasă de lucru mecanic precum și de unitatea de timp.

În industrie se usită ca unitate de putere mecanică *calul-vapor*; un cal-vapor este lucrul mecanic de 75 kilogrametre efectuat în timp de o secundă.

În sistemul C. G. S. unitatea de putere mecanică este lucrul mecanic de un *erg* efectuat în timp de o secundă. Fiind-că această unitate este mică, s'a admis ca unitate practică de putere mecanică lucrul mecanic de un *joule* (10^7 ergi) efectuat în timp de o secundă; acestei unități practice de putere mecanică i s'a dat numele de *watt*.

Un cal-vapor valorează aproximativ 736 wați.

APLICAȚIUNI ALE LEGILOR CĂLDUREI LA FENOMENELE NATURALE ȘI LA INDUSTRIE

Meteore apoase.

Roua.—Se observă adesea-ori dimineața, după o noapte senină și liniștită, că corpurile descoperite de pe suprafața pământului, și mai cu seamă părțile verzi ale plantelor, sunt acoperite cu picături de apă foarte fine ; se dă numele de *rouă* acestui fenomen.

Explicațiunea acestui meteor apos este următoarea : In timpul nopților senine, corpii de pe suprafața pământului radiând căldură se răcesc cu atât mai mult cu cât puterea lor-emisivă este mai mare ; în aceste condițiuni, temperatura acestor corpuri se va scobori cu 5 până la 6 grade sub temperatura aerului ambiant ; dacă vapoarea de apă din stratul de aer în contact cu pământul este aproape de punctul de saturațiune, ea se va condensa și se va depune pe suprafața corpurilor sub formă de rouă.

Studiând condițiunile producțiunei rouei, s'a ajuns la următoarele rezultate :

Corpurile mate și părțile verzi ale plantelor au o putere emisivă mare ; pe aceste corpuri roua se depune în abundență. Din contra, roua se depune foarte puțin sau aproape de loc pe metale cu suprafața lucie, din cauză că aceste corpuri au o putere emisivă foarte mică.

O condițiune esențială pentru depunerea rouei pe corpuri, este ca ei să fie expuși la aerul liber. Astfel, roua nu se de-

pune pe plantele sau corpii cari se află sub un arbor sau un adăpost, din cauză că căldura percută de corp prin radiare este compensată de căldura primită de la adăpost. Roua nu se formează când cerul este acoperit de nori, căci norii formează ca un adăpost care împiedică scăderea temperaturii corpurilor de pe pământ.

Un vânt violent face imposibilă producerea rouei, din cauză că stratele de aer ce ating pământul nu au timpul suficient de a se răci pentru ca vapoarea ce ele conțin să se condenseze; din contra, un vânt ușor favorizează producerea rouei, aducând neincetat stratele noi de aer cari vor cedă corpurilor umiditatea lor.

Bruma. — În timpul nopților senine și liniștite de primăvară sau toamnă și după o zi rece, se poate întâmpla ca corpurile de pe suprafața pământului să se răcească așa de mult în cât temperatura lor să scadă sub zero grade; în acest caz, vapoarea de apă din stratul de aer în contact cu pământul se condensează și trece direct din starea gazoasă în starea solidă, depunându-se pe suprafața corpurilor sub formă de particule foarte mici de gheață. Acest hidrometeor este cunoscut sub numele de *brumă*, care se produce în aceleași condițiuni ca și roua.

Negure. Norii. — Aerul atmosferic conține o cantitate mai mult sau mai puțin mare de vapoare de apă, care, fiind invizibilă, face ca atmosfera să fie transparentă. Vapoarea de apă din atmosferă se poate condensa din diferite cauze sub formă de mici picături, formând *negurele* și *norii*. *Negurele* sunt rezultatul condensățiunei vapoarei de apă din stratele de aer din apropierea pământului; pe când *norii* rezultă din condensățiunea vapoarei de apă din stratele de aer depărtate de pământ.

Se crede mai înainte că picăturile de apă, cari formează negurele și norii, sunt constituite din bășicuțe formate din o peliță subțire lucidă umplută în interior cu aer sau cu vapoare de apă; după cercetările d-lui Assmann, negurile și norii sunt formați din picături licide pline.

Picăturile de apă, rezultând din condensarea vaporilor, sunt mai grele decât aerul; ele cad însă foarte încet din cauza rezistenței ce o întâmpină în căderea lor din partea aerului. Un nor nu rămâne imobil la aceeași distanță verticală de pământ, dar cade foarte încet; picăturile de apă de la partea inferioară a norului cad în jos, trec în regiuni mai calde și se transformă

în vapoare de apă invisibilă, pe când vapoarea de apă de la partea superioară a norului se condensează. Aceste transformări continue ne explică pentru ce un nor, deși conservă întru câtva o formă generală, varie neconținut în detaliile sale.

Cauzele cari produc condensarea vaporilor de apă din atmosferă. Aceste cauze pot fi reduse la următoarele trei:

a) *Condensarea prin răcirea directă*, când o masă de aer trece din o regiune mai caldă în o regiune mai rece sau când masa de aer se răcește direct prin *radiare*.

Răcirea directă prin radiare se produce în strate de aer, a căror grosime nu trece de câțiva metri, aflate în contact cu riurile, lacurile și în general cu locurile umede, în timpul nopților senine; condensarea vaporilor de apă din aceste strate de aer produce negurele.

b) *Condensarea prin destinderea aerului și prin răcire*. Când un curent de aer cald și umed se ridică în regiunile înalte ale atmosferei, unde temperatura este mică, vaporii de apă se condensează. Condensarea vaporilor este datorită atât temperaturii joase din acele regiuni, cât și destinderii (detentei) masei de aer; în adevăr, în regiunile înalte ale atmosferei presiunea atmosferică fiind mică, masa de aer ridicată la acea înălțime se *destinde brusc*; această mărire de volum produce în același timp răcirea masei de aer și condensarea vaporilor ce ea conține.

c) *Condensarea vaporilor de apă a două mase de aer umede la temperaturi diferite*. Când două mase de aer la temperaturi diferite sunt ambele saturate cu vapori de apă, amestecul lor va produce totdeauna condensarea vaporilor, dând naștere prin urmare la negure și nori. Ne putem explica astfel acest fenomen: Fie f și f' forțele elastice maxime ale celor două mase de aer saturate cu vapori de apă la temperaturile t și t' ; forța elastică medie a amestecului este $\frac{f+f'}{2}$; de altă parte, experiența arată că forța elastică maximă F a vapoarei de apă la temperatura $\frac{t+t'}{2}$ este mai mică decât $\frac{f+f'}{2}$; urmează deci că, în aceste condițiuni, vapoarea de apă din atmosferă se va condensa în totdeauna.

Condensațiunea vaporilor din două mase de aer nesaturate depinde de proporțiunile în cari aceste mase intră în amestec precum și de temperaturile lor.

Clasificarea norilor. Norii se prezintă sub forme diferite și la înălțimi variabile. Pentru a-i putea distinge, s'a clasificat norii în următoarele patru clase principale :

a) *Cirrus*, cari au o culoare albă uniformă și fără umbre ; acești nori se prezintă sub forme de filamente subțiri și sunt constituiți din ace de gheață suspendate în atmosferă ; înălțimea acestor nori poate ajunge dela 9 până la 10 kilometre.

b) *Stratus*, sub forme de bande orizontale ; acești nori se observă adese-ori la orizont la apusul soarelui.

c) *Cumulus*, nori mari albi cu conturul rotunzit și situați la o înălțime care nu trece de două până la trei kilometre ; acești nori se observă mai cu seamă în timpul verii.

d) *Nimbus*, nori întunecoși, fără formă determinată, cari ocupă adesea-ori pe cer o întindere mare. Acești nori sunt cei mai apropiați de pământ și sunt formați din picături de apă mai mari decât acele ce constituiesc norii cumulus. Norii nimbus sunt norii de ploae ; de aci derivă și numirea lor.

Combinarea convenabilă a acestor patru specii de nori permite a clasifica norii, în orice condițiuni s'ar prezintă.

Nebulositate. Se definește *nebulositatea* fracțiunea întinderii cerului acoperită de nori, oricare ar fi natura lor. Nebulositatea se notează cu numerele începând dela 0 și până la 10, fiecare unitate corespunzând cu $\frac{1}{10}$ din întinderea vizibilă a cerului. Dacă cerul este acoperit în totalitate cu nori, nebulositatea va fi exprimată prin numărul 10 ; dacă cerul este acoperit pe jumătate, nebulositatea va fi egală cu 5. Nebulositatea se măsoară din vedere ; ea va fi deci cunoscută aproximativ.

Ploaia. Pluviometru.—Când mai multe picături de apă, din cari sunt formați norii, se reunesc între ele pentru a forma picături mai mari, aceste din urmă nu vor mai putea fi menținute în atmosferă și vor cădea pe pământ ; acest fenomen constituie *ploaia*.

Este interesant, mai cu seamă pentru agricultură, a cunoaște cantitatea apei de ploaie ce cade în o localitate. Determinarea acestei cantități se face prin ajutorul unor aparate numite *pluviometre*. Vom descrie aci pluviometrul lui Hervé Mangon.

Pluviometrul totalizator a lui Hervé Mangon se compune (fig. 111) din o pâlnie circulară P, așezată orizontal, în legătură prin baza sa cu un tub vertical metalic ; tubul vertical comunică cu un tub lateral de sticlă, care servește a indica nivelul din aceste două tuburi comunicante. Aparatul este con-

struit astfel că suma secțiunilor acestor două tuburi comunicante să fie $\frac{1}{10}$ parte din secțiunea superioară a pâlniei. Apa de ploaie, care cade în pâlnie, va trece în cele două tuburi comunicante, cari joacă rolul de rezervoriu; înălțimea cetită la tubul vertical de sticlă fiind de 10 ori mai mare decât înălțimea ce o ocupă



Fig. 111.

apa în realitate, pentru a cunoaște înălțimea exactă a apei căzute va trebui să dividem înălțimea cetită la tubul de sticlă prin 10.

Tubul metallic vertical comunică cu recipientul R prin ajutorul unui robinet. După fiecare cetire a înălțimei lichidului în tubul de sticlă, se deschide robinetul ce intercepțează comunicațiunea între tubul metallic vertical și recipientul R și se lasă să curgă lichidul în recipientul R; în acest mod, vom strânge apa în recipient și o vom împedica să se evaporeze. Când s'a strâns o cantitate mai mare de lichid în R, deschidem robinetul dela baza recipientului și culegem apa în un cilindru C (fig. 112), prevăzut cu un tub lateral de sticlă gradat, care servește a indica înălțimea lichidului din cilindru. Cunoscând secțiunea cilindrului C și înălțimea lichidului din cilindru, vom cunoaște și volumul lichidului; acest volum divizat prin secțiunea pâlniei ne va da înălțimea apei de ploaie culese în pluviometru în un timp determinat. Se va putea controla astfel, dacă suma înălțimilor cetite la tubul de sticlă al pluviometrului este egală cu înălțimea lichidului cules în recipientul R.

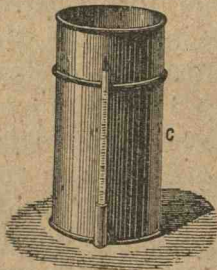


Fig. 112.

Zăpada.— Când vapoarea de apă se condensează în regiunile atmosferei, a căror temperatură este inferioară temperaturii de zero grade, ea trece direct din starea gazoasă în starea solidă. Dacă această trecere din starea gazoasă în starea solidă se face încetul cu încetul, gheața formată presintă forme cristaline regulate, aparținând sistemului hexagonal. Aceste forme cristaline (fig. 113) au aspectul unor stele cu șase raze, cari pot fi sau simple sau prevăzute cu ramificațiuni mai mult sau mai puțin complicate. Formele cristaline se observă mai în tot-d'a-una în țările septentrionale;

în țările din partea centrală a Europei, ele se produc mai cu seamă când timpul este rece și liniștit. Când temperatura este foarte joasă, zăpada se prezintă de cele mai multe ori sub forma unor ace de gheață lungi și subțiri.

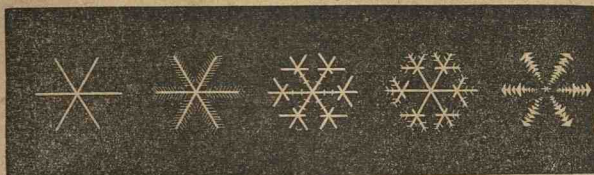


Fig. 113.

Poleiu.—Adeseaori se întâmplă că picăturile de apă din neguri sau nori să aibă o temperatură mai mică de zero grade și să fie menținute în starea ligidă grație fenomenului supra-fusiunii; aceste picături, trecând prin o atmosferă a cărei temperatură este mai mică de zero grade și ajungând la pământ, a cărui temperatură este de asemenea inferioară temperaturii de zero grade, se vor solidifica brusc prin ciocnirea lor cu pământul; se va forma atunci pe pământ un strat de gheață transparent, a cărui grosime va fi cu atât mai mare cu cât căderea ploaii în suprafusiune durează mai mult; gheața formată în aceste condițiuni se numește *poleiu*.

Din cele expuse rezultă că pentru producerea poleiului se cer trei condițiuni: a) ploaia în suprafusiune; b) atmosfera, prin care străbate ploaia, la o temperatură mai mică de zero grade; c) corpurile și pământul, pe cari cade ploaia, la o temperatură inferioară temperaturii de zero grade.

Grindina.—Se dă numele de *grindină* globulelor de gheață cari cad pe pământ primăvara și vara în timpul cel mai călduros al zilei. Grindina se formează în regiunile cele mai înalte ale atmosferei, unde temperatura este foarte scăzută; în adevăr, norii de grindină sunt la înălțimi a căror temperatură este mai mică de -10° . Dacă examinăm un bob de grindină, vedem că este compus din o parte centrală opacă acoperită cu strate concentrice de gheață alternativ transparente și opace. Diametrul globulelor de grindină variază de la 5 milimetri la 2 centimetri și trece de multe ori de 5 centimetri.

Grindina se observă pe timpuri furtunoase și căderea ei este adeseaori însoțită de descărcări electrice.

Distribuțiunea temperaturilor pe pământ.

Observațiuni termometrice.—Termometrele, cari servesc la determinarea temperaturii aerului, vor fi așezate la o distanță de 1^m, 80 până la 2 metri deasupra pământului, la umbră, în un loc depărtat de construcțiuni și sub un adăpost convenabil, care să le apere contra radierii căldurii.

Dacă nu ne servim de termometre înregistrătoare și observăm direct termometrele, se obicinuește a se face șase cetiri pe zi începând cu orele șase sau șapte de dimineață; în primul caz, facem observațiunile la 6 ore, 9 ore a. m., 12 ore din zi, 3 ore, 6 ore, 9 ore p. m.; în al doilea caz, dacă începem seria observațiunilor la 7 ore a. m., vom face lecturile la 7 ore, 10 ore a. m., apoi la 1 oră, 4 ore, 7 ore, 10 ore p. m.; media aritmetică a acestor șase observațiuni este temperatura medie a zilei.

Dacă nu este posibil a face decât trei observațiuni pe zi, se obicinuește în general a se observa termometrul la 6 ore a. m., la 12 ore din zi și la 9 ore p. m.; experiența arată că media aritmetică a acestor trei observațiuni este foarte apropiată de media temperaturii zilei obținute prin cele 6 observațiuni precedente sau prin 24 observațiuni făcute din oră în oră. Dacă observațiunile diurne sunt reduse la două, se preferă a se face observațiunile la 9 ore a. m. și la 9 ore p. m.; în fine, dacă nu facem decât o singură observațiune, este preferabil a face cetirea termometrului la 9 ore a. m.

Temperatura medie a unei zile, a unei luni, a unui an și a unei localități. — *Temperatura medie a zilei*, în un loc determinat de pe pământ, este media temperaturilor observate în timpul unei zile din oră în oră sau la ore convenabile, cum s'a văzut dejă.

Temperatura medie a unei luni este media temperaturilor tuturor zilelor lunii; se va obține deci această temperatură medie făcând suma a 30 sau a 31 temperaturi diurne și divizând această sumă prin 30 sau 31.

Temperatura medie a unui an este media temperaturilor lunilor anului; se va obține această temperatură medie făcând suma a 12 temperaturi medii lunare și divizând această sumă prin 12.

Temperatura medie a unei localități este media temperaturilor anuale în un interval mai mare de ani.

Variațiunea temperaturii diurne în un loc determinat de pe glob.— Temperatura unui loc determinat de pe glob variază în timp de 24 de ore. Astfel, temperatura cea mai mică se observă aproape de momentul când răsare soarele; ea crește necontenit până ce ajunge maximă către 2 ore p. m. în timpul veri și 1 oră p. m. în timpul iernii; din acest moment, temperatura descrește necontenit.

Explicațiunea este următoarea: Din momentul ce soarele apare până la miezul zilei, acest astru se ridică neîncetat pe orizont și trimite raze de căldură a căror înclinațiune descrește, așa că căldura primită de pământ crește din ce în ce mai mult; de altă parte, razele solare dela aparițiunea sa până la miezul zilei, străbătând prin atmosferă spații din ce în ce mai mici, vor fi mai puțin absorbite de atmosferă și vor cedă pământului o cantitate de căldură mai mare; aceste două cauze contribuiesc a produce creșterea temperaturii de la răsărirea soarelui până la miezul zilei. Dela miezul zilei, razele solare cad din ce în ce mai înclinate, însă puterea emisivă a pământului fiind mai mică decât puterea sa absorbantă, temperatura va continuă a crește până la un maximum, pe care observațiunea arată că corespunde la 2 ore p. m. în timpul veri și la 1 oră p. m. în timpul iernii. Mai departe înclinațiunea razelor solare continuând a crește și distanța ce o străbat prin atmosferă mărimdu-se, puterea emisivă a pământului este mai mare decât puterea sa absorbantă; temperatura va descrește până ce ajunge la o temperatură minimă, pe care observațiunea ne-o arată că se produce cu câteva momente înainte de răsărirea soarelui.

Variațiunile temperaturii unui loc în timpul unui an.— Dacă facem comparațiune între temperaturile medii ale zilelor din diversele epoce ale anului, se observă că în regiunile noastre și ale Europei centrale temperatura variază în cursul unui an cu anotimpurile. Cauza acestei variațiuni este neegalitatea zilelor și a nopților precum și oblicitatea razelor solare. În adevăr, în regiunile noastre ziua se mărește neîncetat de la 9 Decembre, când este solstițiul de iarnă și ziua este cea mai scurtă, până la 9 Iunie, epoca solstițiului de vară și când se observă ziua cea mai lungă; zilele devenind din ce în ce

mai lungi în intervalul dintre solstițiul de iarnă și de vară, cantitatea de căldură primită de pământ va crește neconținut și temperatura medie diurnă se va ridica; în același timp, înălțimea soarelui la mezul zilei crescând neconținut, razele solare vor cădea din ce în ce mai puțin înclinate pe pământ. Temperatura medie diurnă va continua chiar a se ridica câțva timp și după solstițiul de vară, din cauză că puterea absorbantă pentru căldură a pământului este superioară puterii sale emise, așa că maximul de căldură se observă câteva zile după solstițiul de vară. După această epocă, temperatura medie diurnă se micșorează din ce în ce mai mult, din cauză că zilele se scurtează și cantitatea de căldură primită de pământ în timpul zilei este mai mică decât cea cedată în timpul nopții; temperatura medie diurnă scăzând neconținut ajunge la o temperatură minimă care se observă câteva zile după solstițiul de iarnă.

Linii cari exprimă distribuirea temperaturilor pe suprafața globului terestru. — Pentru a putea face o comparațiune între temperaturile diferitelor localități de pe pământ, Humboldt a construit pe globul terestru trei serii de linii cunoscute sub numele de *linii isoterme*, *isotere* și *isochimene*.

Liniiile isoterme rezultă din reunirea punctelor de pe globul terestru cari au aceeași temperatură medie anuală.

Liniiile isotere provin din reunirea punctelor de pe glob cari au aceeași temperatură medie în timpul lunilor de vară: Iunie, Iulie și August.

Liniiile isochimene rezultă din reunirea punctelor de pe glob cari au aceeași temperatură medie în timpul lunilor de iarnă: Decembrie, Ianuarie și Februarie.

Climat. **Climat constante, temperate, escesive.** — Se dă numele de *climat* totalității condițiunilor meteorologice cari caracterisă o localitate în interval de un an. Intre aceste condițiuni vom nota: temperatura medie anuală, temperaturele medii de vară și de iarnă, umiditatea aerului, presiunea atmosferică, vânturile etc.

Se usită a se clasifica climatele ținând socoteală de temperaturile medii de vară și de iarnă, cu alte cuvinte de liniile isotere și isochimene cari trec prin o localitate dată. În adevăr, dacă s'ar ținea socoteală numai de liniile isoterme, s'ar putea întâmpla ca două localități având aceeași temperatură medie

anuală să difere foarte mult prin temperaturile medii de vară și de iarnă. Luând de normă diferența între temperaturile medii de vară și de iarnă, s'au clasificat climatele în modul următor :

a) *climate constante* când diferența între temperaturile medii de vară și de iarnă nu trece dela 6° până la 7° ;

b) *climate temperate* când diferența între aceste temperaturi este cam de 15° ;

c) *climate excesive* când diferența temperaturilor medii de vară și de iarnă trece de 15° .

Variațiunea temperaturilor cu latitudinea.—Dacă considerăm localități pe suprafața globului la diferite latitudini, se constată că temperatura descrește cu cât ne depărtăm de la ecuator spre poli. Cauza principală a acestei variațiuni este înclinațiunea razelor solare, cari cad cu atât mai înclinate cu cât latitudinea locului este mai mare. Știind că căldura cedată de razele solare este cu atât mai mică cu cât razele cad mai înclinat, urmează că căldura primită de diferite puncte ale pământului descrește cu latitudinea.

Ținând socoteală de înclinațiunea razelor solare ce cad pe pământ precum și de lungimile relative ale zilelor și nopților la diferite latitudini, s'a împărțit suprafața globului în cinci mari zone :

1) *Zona toridă*, cuprinsă între cele două tropice, adică între cele două cercuri paralele depărtate de o parte și de alta a ecuatorului cu $23^{\circ} 28'$. Temperatura medie anuală în zona toridă este cea mai ridicată ; în această zonă se observă un climat constant.

2) *Două zone temperate*, limitate de o parte de cele două cercuri tropice, de altă parte de cele două cercuri polare, depărtate de polii pământului cu $23^{\circ} 28'$. În aceste zone, cu cât ne depărtăm de tropice spre cercurile polare cu atât temperatura medie anuală devine mai mică ; climatul, care este temperat pe lângă tropice, devine excesiv pe măsură, ce ne apropiem de cercurile polare.

3) *Două zone glaciale* cuprinse între polii pământului și cele două cercuri polare ; în aceste zone, în care pământul este acoperit vecinic de gheață, temperatura medie anuală este foarte mică.

Influența altitudinii asupra temperaturii.—Dacă con-

siderăm un punct de pe globul terestru la o latitudine determinată, observațiunea arată că temperatura se micșorează pe măsură ce altitudinea, adică înălțimea locului deasupra nivelului mării, se mărește. După observațiunile făcute se pare că temperatura descresțe cu 1° dacă altitudinea se mărește cu 180 metri.

Acest fapt ne explică pentru ce limita zăpezei perpetue este la o înălțime cu atât mai mare cu cât latitudinea locului este mai mică. Astfel la Quito, în apropiere de ecuator, limita zăpezei este la 4800 metri deasupra nivelului mării; în munții Alpi, situați la o latitudine mai mare, limita zăpezei este la 2700 metri; în fine, în munții Islandei, la o latitudine și mai mare, limita zăpezei nu trece de 950 metri.

Influența vecinătății mării asupra temperaturii unui loc. Climate maritime și continentale.—Localitățile apropiate de mare au un climat temperat și adesea ori constant. Cauza este datorită vecinătății mării. În adevăr, apa are o putere absorbantă și emisivă mai mică decât pământul; pe lângă acestea, apa are cea mai mare căldură specifică, așa că apa se încălzește și cedează căldura mai încet; de aci rezultă că la apele mării vom observa o variațiune de temperatură mai mică decât pe pământ. Locurile din vecinătatea mării, acoperite mai des cu nori decât locurile depărtate de mare, vor avea o temperatură mai mică în timpul zilei și o temperatură mai ridicată în timpul nopții, decât locurile de pe glob depărtate de mare și situate la aceeași latitudine, din cauză că norii temperează în cursul zilei căldura solară și micșorează în timpul nopții puterea emisivă a pământului.

Se face o distincțiune între climatele localităților din vecinătatea mărilor și numite *climate maritime* și climatele localităților depărtate de mare, cărora li se rezervă numele de *climate continentale*. Climatele maritime sunt climate temperate și câte odată chiar constante, pe când climatele continentale sunt adesea ori excesive.

Două localități, având, aceeași latitudine, pot avea un climat maritim sau continental, după cum sunt apropiate sau nu de mări. Astfel, Parisul și Viena au aproape aceeași latitudine geografică; diferența între temperaturele medie de vară și de iarnă la Paris este de 15°, pe când aceeași diferență este la Viena de 20°: cel dintâiu oraș are un climat temperat și maritim, cel de al doilea un climat excesiv și continental.

Presiunea atmosferică.

Instrumente cari servesc la măsura presiunii atmosferice.—Pentru măsura presiunii atmosferice se întrebuițează, în general, barometrul cu mercur a lui Fortin, la care cuveta ce conține mercurul este mobilă și ligidul poate fi adus la acelaș nivel fix. Barometrul lui Fortin a fost dejă descris.

Operațiunea aducerii mercurului la un nivel fix cu barometrul Fortin cerând oarecare timp, se întrebuițează adeseori barometrul cu nivel variabil construit de Tonnelot după indicațiunile lui Renou. În acest barometru, raza secțiunii circulare a cuvetei este de zece ori mai mare decât raza tubului barometric, așa că suprafața mercurului din cuvetă este de 100 ori mai mare decât a mercurului din tubul barometric; rezultă de aci că variațiunea nivelului în cuvetă este de 100 ori mai mică decât cea din tubul barometric. Pentru a ne servi de barometrul Tonnelot, vom notă presiunea atmosferică la care acest barometru coincide cu barometrul normal; această presiune fiind cunoscută, când vom face observațiuni ulterioare cu barometrul Tonnelot, vom efectua și corecțiunea necesară, ținând socoteală de variațiunea nivelului mercurului din cuvetă și din tubul barometric.

În voiagiu, ne putem servi de barometrul aneroid, aparat ce a fost descris anterior.

Corecțiunile barometrice relative la temperatură și capilaritate. Reducerea presiunii atmosferice la nivelul mării. Pentru a face comparabile observațiunile barometrice, determinate prin ajutorul barometrului cu mercur, trebuie să efectuăm două corecțiuni: a) prima relativă la temperatură; b) cea de a doua relativă la capilaritate.

De asemenea, din cauză că greutatea absolută a mercurului variază în diverse locuri cu latitudinea și altitudinea, se reduc observațiunile barometrice la nivelul mării și la latitudinea de 45°. S'a indicat anterior modul cum se face această corecțiune.

Variațiuni diurne ale presiunii atmosferice.—Dacă observăm barometrul din oră în oră în regiunile tropicale, se constată o dublă oscilațiune foarte regulată a presiunii atmosferice. Astfel, presiunea atmosferică crește dela 4 ore a. m., până la 10 ore a. m., scade apoi dela 10 ore a. m. la 4 ore

p. m., crește din nou dela 4 ore p. m., până la 10 ore seara; în fine, scade dela 10 ore p. m., la 4 ore a. m. După cum se vede, presiunea atmosferică atinge valorile maxime la 10 ore dimineața și 10 ore seara, și valorile minime la 4 ore dimineața și 4 ore seara.

În latitudinile noastre nu se observă cu aceeași regularitate variațiunile diurne din cauza variațiunilor accidentale ale presiunii atmosferice; totuși găsim dubla oscilațiune diurnă a barometrului în mediile orare mensuale ale presiunii atmosferice.

Variațiuni anuale ale presiunii atmosferice.—În ceiaș privește variațiunile anuale ale presiunii atmosferice, s'a putut stabili următoarea lege: În latitudinile medii presiunea atmosferică este mai ridicată în timpul ernel și mai joasă în timpul verei în interiorul continentelor celor mari: pe oceane însă regimul presiunilor este invers.

Linii isobare.—Să presupunem că facem observațiuni barometrice în acelaș moment în diverse puncte ale globului și că aceste observațiuni le reducem la nivelul mării. Dacă reunim pe o cartă geografică toate punctele, cari au aceeași presiune, vom obține curbe, în general, închise; unor asemenea curbe li se dă numele de *linii isobare*.

Dacă reunim pe o cartă geografică toate punctele cari au aceeași presiune atmosferică medie în timpul unei luni, obținem liniile isobare mensuale.

Făcând comparațiunea liniilor isobare mensuale din regiunile reci și calde, se constată că presiunea atmosferică este mai mare în regiunile reci decât în cele calde. În adevăr, în regiunile calde, temperatura este mai ridicată, densitatea aerului mai mică și deci și presiunea atmosferică mai mică.

Reunind punctele de pe glob cari au aceeași presiune atmosferică medie anuală obținem liniile isobare anuale.

Vânturi.

Vânturi. Cauzele vânturilor.—Vânturile sunt curenții de aer din atmosferă datorți inegalității de presiune a maselor de aer din regiuni învecinate.

Vom examina cauzele principale cari produc această neegalitate de presiune a maselor de aer.

Să presupunem că pământul în o regiune oarecare a fost încălzit mai puternic. Stratele de aer în contact cu pământul se vor încălzi, vor deveni mai ușoare și se vor ridica în sus producând un curent ascendent; pe măsură însă ce aerul se ridică în atmosferă, unde presiunea se micșorează, el se dilatează, se răcește, presiunea sa se micșorează și ajunge un moment când ea este egală cu presiunea aerului exterior cu care este în contact; din acest moment aerul încetează a se mai ridica și se produce un curent orizontal de aer din regiunea caldă în regiunea rece. De altă parte, pentru ridicarea aerului din regiunea caldă, presiunea aerului atmosferic în contact cu solul se micșorează, aerul din regiunile reci vecine se precipită în regiunea caldă și se produce pe suprafața pământului un curent dela regiunile reci către regiunea caldă.

Următoarea experiență datorită lui Franklin probează producerea celor două curenți de aer menționate. Să presupunem că deschidem ușa dela o cameră încălzită ce comunică cu o cameră mai rece decât cea d'întăiu. Dacă punem la pragul de jos al ușii o lumânare aprinsă, se constată că flacăra se înclină dela camera rece spre cea caldă; punând lumânarea la pragul de sus, flacăra se înclină dela camera caldă spre cea rece. Această experiență probează existența unui curent inferior de aer dela camera rece spre cea caldă și a unui curent superior dela camera caldă spre cea rece.

O altă cauză a producerii vânturilor este următoarea: Când două masse de aer vecine au stări higrometrice diferite, amestecul lor va da naștere unei mase gazease a cărei presiune este mai mică decât a aerului uscat din regiunile vecine, cari s'ar afla la aceeași temperatură; de aci rezultă precipitarea aerului din regiunile cu presiune mai mare spre regiunea cu presiune mai mică.

Direcțiunea vânturilor.—Direcțiunea vânturilor este, în general, orizontală sau foarte apropiată de această direcțiune. Direcțiunea unui vânt este indicată prin partea de unde pleacă vântul; astfel, un vânt de nord-est este un vânt care pleacă dela nord-est și se dirije către sud-vest. Se obișnuiește a se raporta direcțiunea vânturilor la șasesprezece direcțiuni principale. Aceste direcțiuni cu notațiunile lor sunt următoarele, mergând în sensul dela nord spre est:

N nord	S sud
NNE nord-nord-est	SSW sud-sud-vest
NE nord-est	SW sud-vest
ENE est-nord-est	WSW vest-sud-vest
E est	W vest
ESE est-sud-est	WNW vest-nord-vest
SE sud-est	NW nord-vest
SSE sud-sud-est	NNW nord-nord-vest.

Iuþeala vântului. Anemometre.—Putem cunoaşte iuþeala vântului sau măsurând direct spaþiul parcurs de aerul în miþcare în unitatea de timp sau măsurând presiunea exercitată de vânt asupra unui obstacol.

În primul caz, când se măsură direct iuþeala vântului, se uzită a se exprimă spaþiile în metri și timpul în secunde.

În cazul al doilea, se consideră presiunea în kilograme exercitată normal asupra unei suprafeþe egale cu un metru pătrat. Cunoscând presiunea exercitată de vânt asupra obstacolului este ușor a cunoaşte iuþeala vântului și reciproc. În adevăr, experienþa arată că presiunea exercitată asupra obstacolului este proporþională cu pătratul iuþelei vântului. S'a dedus experimental că un vânt a cărui iuþeală este de un metru pe secundă exercită o presiune de 0,125 kilograme pe o suprafaþă de un metru pătrat; urmează deci că un vânt a cărui iuþeală este n metri pe secundă va exercită o presiune p proporþională cu pătratul lui n ; avem deci :

$$p = 0,125 \times n^2.$$

Din relaþiunea precedentă deducem :

$$n = \sqrt{\frac{p}{0,125}},$$

care permite a calculă iuþeala vântului în metri când se cunoaşte presiunea în kilograme exercitată normal de vânt asupra suprafeþei de un metru pătrat.

Anemometre. Anemometrele sunt aparatele cu cari se măsură iuþeala vântului. Anemometrele sunt de două feluri : a) *anemometre de iuþeală*, cari măsură direct iuþeala vântului evaluată, în general, în metri pe secundă ; b) *anemometre de presiune*, cari măsură presiunea aerului evaluată în kilograme asupra unei suprafeþe de un metru pătrat.

Vom descrie aci anemometrul de iuþeală a lui Robinson. Acest anemometru este format din patru braþe orizontale fixate

la un ax vertical foarte mobil ; brațele sunt terminate prin hemisfere metalice goale în interior și prezentând concavitatea în același sens. Când vântul suflă, presiunea exercitată pe hemisfera concavă fiind mai mare decât pe hemisfera convexă, anemometrul se va învârti cu partea convexă a hemisferelor înainte. S'a calculat că iuțeala anemometrului este de trei ori mai mică decât iuțeala vântului ; pentru a avea, deci, iuțeala vântului vom multiplica cu 3 iuțeala anemometrului.

Vânturi constante. Vânturi alizate.—Vânturile constante sunt acele ce suflă în tot cursul anului în o direcțiune determinată. Vânturile alizate, cari suflă tot anul în zona toridă de cele două părți ale ecuatorului, sunt vânturi constante ; în emisfera boreal, acest vânt este dirijat dela sud-est către nord-vest.

Cauza acestor vânturi, după Halley, este următoarea :

Temperatura înaltă a pământului și a apelor din zona toridă produce o ridicare considerabilă a temperaturii aerului precum și o evaporare abondentă a apei mărilor ; în aceste condițiuni, aerul devenind mai ușor, presiunea aerului în zona toridă va fi mai mică decât a aerului din regiunile temperate învecinate și se va produce în părțile superioare ale atmosferei un curent dirijat dela ecuator spre poli, iar la suprafața pământului un curent dela poli spre ecuator. Dacă pământul nu s'ar mișcă, aceste vânturi ar sufla după direcțiunea meridianelor terestre. Pământul însă se mișcă dela apus spre răsărit împregiurul liniei polilor și iuțeala de translațiune a diverselor puncte de pe glob este cu atât mai mare cu cât aceste puncte sunt mai apropiate de ecuator. Rezultă de aci că masele de aer din regiunile temperate cari se dirig către regiunea intertropicală, conservându-și iuțeala lor, vor avea o iuțeală mai mică decât punctele din zona toridă pe unde trec ; aceste mase de aer, rămase îndărăt în raport cu acele puncte, par a se mișcă în un sens invers de mișcarea diurnă dela apus la răsărit a pământului ; vântul alizat din emisfera boreală va fi dirijat dela nord-est către sud-vest, pe când vântul alizat din emisfera australă dela sud-est către nord-vest.

Se dă numele de *vânturi contra-alizate* vânturilor cari suflă în regiunile superioare ale atmosferei de direcțiune opusă vânturilor alizate ; contra-alizatul din emisfera boreală suflă dela sud-vest la nord-est, pe când contra-alizatul din emisfera australă dela nord-vest la sud-est.

Vânturi periodice. Brisele. Musonii.—Vânturile periodice sunt acele ce suflă regulat în o direcțiune determinată la aceleași ore a zilei sau la aceleași anotimpuri. Brisele și musonii sunt vânturi periodice.

Brisele sunt vânturi ce suflă pe țărmii mării în timpul zilei dela mare către uscat și în timpul nopții dela uscat spre mare. În adevăr, pământul încălzindu-se în timpul zilei mai mult decât apa mării, stratele de aer din vecinătatea pământului se vor încălzi mai mult decât acele din vecinătatea mării; va rezultă de aci o micșorare a presiunii a stratelor de aer în contact cu pământul și un curent de aer de la mare spre uscat. În timpul nopții, pământul răcindu-se mai repede decât apa mării, se va produce un curent invers dela uscat spre mare.

Musonii sunt vânturi periodice cari suflă șase luni în o direcțiune și celelalte șase luni în direcțiunea opusă. Aceste vânturi se observă mai cu seamă în marea Indielor. Musonul de primăvară începe în luna lui Aprilie și durează până în Octombree; în această epocă, continentul, încălzindu-se mai mult decât marea, produce un vânt dirijat dela mare spre uscat. Musonul de toamnă durează dela Octombree până la Aprilie, când apa mării are o temperatură mai ridicată decât a continentului; musonul de toamnă este dirijat dela uscat spre mare.

Umiditatea aerului.

Umiditatea absolută și relativă. Măsura lor.—Umiditatea aerului la un moment dat se determină: a) prin forța elastică a vapoarei de apă din atmosferă; b) prin starea higrometrică sau fracțiunea de saturațiune a aerului. S'ar putea determina umiditatea și prin greutatea vaporilor de apă, dar operațiunile sunt prea lungi.

În Meteorologie, se dă numele de *umiditate absolută* forței elastice a vapoarei de apă și de *umiditate relativă* stărei higrometrice a aerului.

S'a văzut că starea higrometrică s este raportul între forța elastică actuală f a vapoarei de apă din atmosfera la temperatura t și forța elastică maximă a vapoarei de apă la aceeași temperatură, sau încă raportul între greutatea actuală

p a vapoarei de apă la temperatura t și greutatea P a vaporilor ce ar satura atmosfera la aceeași temperatură :

$$s = \frac{f}{F} = \frac{p}{P}.$$

Pentru a se evita fracțiunile, umiditatea relativă se exprimă în Meteorologie prin un număr de 100 ori mai mare decât starea higrometrică. Dacă S este umiditatea relativă, vom avea :

$$S = 100 s = 100 \frac{f}{F}.$$

Dacă starea higrometrică este 0,65, umiditatea relativă este 65 ; aceasta însemnează că atmosfera conține 65 la sută din vapoarea ce ar satura aerul la aceeași temperatură.

Aparatele cele mai usitate, cu cari se măsoară umiditatea absolută și relativă a aerului, sunt higrometrul Alluard, psichrometrul, higrometrul lui Saussure etc.

Tragerea sobelor. Diverse sisteme de încălzire.

Tragerea sobelor.—Când încălzim aerul din o sobă, el devine mai ușor, trece prin coș și determină o aspirațiune de aer rece exterior.

Pentru a ne face o idee clară de acest fenomen, să considerăm două tuburi verticale AB și CD (fig. 114) reunite prin tubul de comunicațiune BD . Să presupunem că aceste două tuburi au aceeași înălțime și că cel d'întăiu AB conține aer la temperatura ambiantă, iar cel al doilea CD fiind încălzit conține aer la o temperatură superioară celui d'întăiu. Să considerăm stratul vertical ab în tubul de comunicațiune BD . Ne propunem a calcula presiunile exercitate pe cele două fețe ale stratului ab .

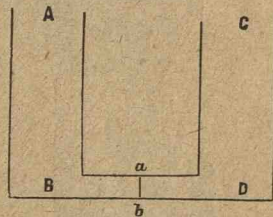


Fig. 114.

Fie P presiunea atmosferică la partea superioară a tuburilor, i înălțimea unui tub, d densitatea aerului în tubul AB la temperatura ambiantă și d' densitatea aerului în tubul încălzit CD .

Presiunea P' exercitată pe unitatea de suprafață a feței din stânga a stratului ab (de la B spre D) este egală cu presiunea P

dela partea superioară a tubului AB mărită cu greutatea coloanei de aer de înălțime i și densitate d ; presiunea P' este deci:

$$P' = P + id.$$

În un mod analog, presiunea P'' exercitată pe fața din dreapta a stratului ab (dela D spre B) este:

$$P'' = P + id'.$$

Densitatea d fiind mai mare decât d' , urmează $P' > P''$; unitatea de suprafață a stratului $a b$ va fi împins dela B spre D cu diferența între presiunile P' și P'' ; această diferență este:

$$P' - P'' = i(d - d').$$

Aerul va fi astfel împins din B spre D; se va produce un curent ascendent de aer cald în tubul DC și un curent descendent de aer rece în tubul AB.

Pentru ca în tubul DC să circule un curent continuu de aer, este necesar ca aerul ce trece prin tubul de comunicațiune BD să fie încălzit.

Tubul AB fiind un tub de o secțiune oarecare, putem suprima acest tub și fenomenele vor fi aceleași.

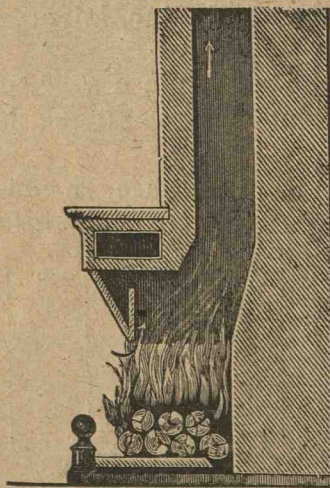


Fig. 115.

La căminuri (fig. 115) aerul încălzit în focar produce un curent ascendent în coșul de degajare și un curent aspirator de sus în jos în atmosfera ambiantă.

Diverse sisteme de încălzire. — Între diversele sisteme de încălzire vom cită: încălzirea prin condensarea vaporilor, încălzirea prin aerul cald, și, în fine, încălzirea prin circulațiunea de apă caldă.

Încălzirea prin condensarea vaporilor. Încălzirea prin vaporii este bazată pe proprietatea ce o au vaporii de a cedă căldura lor de vaporizațiune când prin condensare trec din starea de va-

pori în starea ligidă. În acest sistem, vaporii de apă sunt produși în niște căldări mari analoage căldărilor mașinelor cu vaporii; vaporii formați trec prin tuburi dispuse în locurile ce voim a încălzi, unde prin condensare cedează căldura lor; ligidul produs prin condensare trece din nou în generatorul de vaporii. Acest sistem de încălzire, care dă o mare cantitate de căldură,

convine mai cu seamă incintelor spațioase, ca magazinele, atelierile etc.

Încălzirea prin aer cald. Acest sistem consistă în încălzirea aerului aspirat din exterior în tuburi dispuse la partea inferioară a unui edificiu; aerul încălzit, devenind mai ușor, trece prin tuburi convenabil așezate în pereți la camerele de sus ale edificiului.

Aparatul, care se numește calorifer cu aer cald, consistă (fig. 116) din o serie de tuburi recurbate AB, așezate, de ordină, în pimnițele edificiului; aerul exterior, care pătrunde în tuburi prin A, este încălzit de cuptorul F; acest aer încălzit circulă prin tuburile recurbate și iese prin gura B în camera C. Fiind că aerul cald se ridică în sus, se așează gurile de căldură B la partea inferioară a camerelor. Produsele combustiei focarului F es în atmosferă prin coșul D.

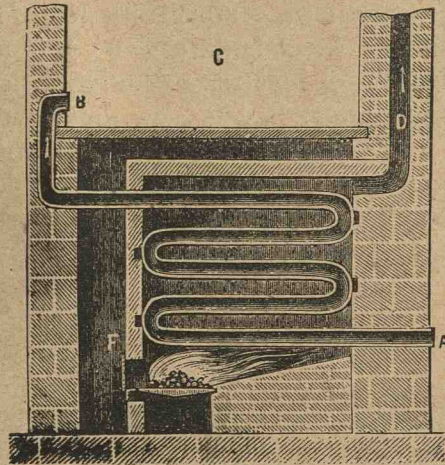


Fig. 116.

Încălzirea prin circulațiune de apă caldă. În acest sistem de încălzire, apa încălzită circulă continuu în un circuit format de tuburi și recipiente închise, cari cedează căldura lor prin radiare.

Un calorifer cu circulațiune de apă caldă este format (fig. 117) din o căldare A așezată în pimnița edificiului; căldarea A comunică prin tubul vertical *aa* cu rezervoriul B așezat în podul clădirei; de la baza rezervoriului B pleacă o serie de tuburi de distribuțiune *bbb*, cari duc apa de la rezervoriu la recipientele de suprafața mare S; în fine, tuburile de distribuțiune *b* sunt legate cu căldarea A aproape de baza ei.

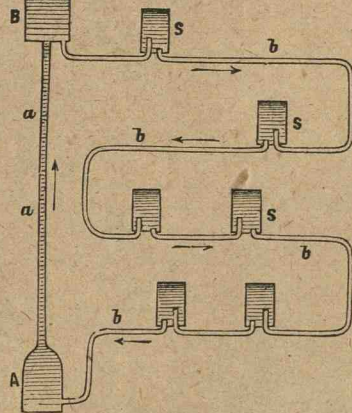


Fig. 117.

Apa, încălzită în căldarea A, se va ridica în sus în rezervoriul B prin tubul aa ; de aci va trece prin tuburile de distribuțiune bb în recipientele S, cari fiind încălzite vor radia căldura prin suprafețele lor; în fine, apa răcită în tuburile bb va reveni în căldarea A. Apa va circula în calorifer cu atât mai repede, cu cât diferența densităților coloanelor de ligid descendentă și ascendentă este mai mare.

Când rezervoriul B este deschis și, prin urmare, comunică cu atmosfera, temperatura maximă la care poate fi încălzită coloana ascendentă este de 100° ; circulațiunea apei făcându-se încet și încălzirea este lentă. Aceste sunt calorifere cu presiune mică.

Dacă rezervorul B este închis, apa poate fi încălzită la o temperatură superioară celei de 100° ; în acest caz, circulațiunea apei făcându-se mai repede și încălzirea se face mai iute. Aceste aparate sunt calorifere cu presiune mare.





Lucrări de Fizică de același autor :

- Noțiuni de electricitate*, 1 vol. de 100 pagini 2.—
- Gravitatea* (curs profesat la Facultatea de științe), 1-ul fascicol, 164 pagini 3.—
- Electrostatica* (curs profesat la Facultatea de științe), 1-ul fascicol, 104 pagini 2.—
- Elemente de Fizică*, (aprobată pentru cl. VI și VII de liceu învățământul real și modern) 2 volume.
- Gravitatea* pentru usul clasei VI, edițiunea II-a, 1907 4.—
- 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'vérification au moyen des conductibilités électriques* (Thèse de doctora et C. R., 889).
- Variation de la constante diélectrique des liquides avec la température* (C. R., 15 février, 1892).
- Une nouvelle méthode de mesure des forces électromotrices 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 1895).
- Une question de priorité relativement à la relation $\frac{k-1}{(k+2)d} = \text{const.}$ 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 électrique de la partie métallique d'un minerai de sa gangue* (C. R. 15 dec. 1902 et 20 avril 1903).
- Constantele dielectrice a cător-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 rezistențelor 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 tangentă*. (An. Ac. Rom., Seria II, tom. XX, 1897).
- Valorile cător-va constante fizice pentru București* (An. Ac. Rom., Seria II, tom. XIX, 1897).
- Nouii metode de măsură a marilor rezistențe 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 lichidelor 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 Whimshurst poate produce cea mai mare cantitate 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 saturați și temperaturile absolute* (Memoriile sect. științifice ale Ac. Române 1904).
- Metoda stroboscopică aplicată la luțelele de rotațiune a două discuri ce se mișcă în sens învers* (Memoriile sect. științifice ale Ac. Române 1904).
- Studii electrice asupra apelor minerale* (Memoriile Sect. Științifice a Acad. Rom. 1905, și C. R. a Academiei de Științe din Paris, 1906).
- Variațiunea temperaturilor de topire cu presiunea* (Mem. Sect. Științifice a Acad. Române, 1905).
- Istoricul laboratorului de fizică* (Gravitate, Căldură și Electricitate) al Facultăței de științe din București 1906.