

27.115

Docent Dr. ALEX. CIȘMAN

Conferențiar la Universitatea din Iași

MANUAL DE FIZICĂ

— CĂLDURA —

Pentru clasa V-a de liceu

EDIȚIA A DOUA

Editura „LIBRĂRIA ACADEMICĂ”

— București — Calea Victoriei, 54 —

Biblioteca Centrala

L131291160



Biblioteca Centrala Universitara - Sibiu

27.115

Nicolae Constantin

Docent Dr. ALEX. CIȘMAN

Conferențiar la Universitatea din Iași

MANUAL DE FIZICA

CALDURA

Pentru clasa V-a de liceu

Intocmit conform programei analitice,
cu numeroase exerciții, aplicații și lecturi științifice

Aprobat cu ordinul
No. 99 din 13 Aprilie 1937

Ministerul Educației
H. BIRBAUM
nr. 16.916—1935

EDIȚIA A DOUA

Taxa timbrului didactic de
5% s'a plătit direct Casei
Corpului Didactic conform
Dec. nr. 16.916—1935.

Editura „LIBRĂRIA ACADEMICĂ”

— București — Calea Victoriei, 54 —

No. 5986/M — 2800 ex. 1938

20 FEB 1980

INVENTAR
2020

Bibl. Instit. de Inv. superior Sibiu

INV. Nr. 53.255 19 78

Toate exemplarele vor fi numerotate
și semnate de autor.

Dezultu

2578

O parte din figuri sunt reproduse din tratate și reviste ;
peste tot este arătată proveniența. Casa constructoare ger-
mană Max Kohl din Chemnitz a permis reproducerea unora
dintre figurile din catalogul ei ; îi exprim mulțumirile mele
călduroase. Celelalte figuri, care nu poartă nici o indicație
de proveniență, sunt proprietatea autorului și nu pot fi re-
produse, decât arătându-se origina.

PREFAȚĂ LA EDIȚIA A DOUA

Prima ediție a manualului de față, tipărită anul trecut, s'a epuizat surprinzător de repede. Buna primire, de care s'a bucurat, mă obligă să caut, prin toate mijloacele, ca ediția a doua să fie și mai îngrijit redactată.

Modificări de fond sunt prea puține, dar stilul a fost revizuit cu deamănuntul, în vederea clarității de exprimare și a simplificării.

Pentru recenziile, atât de binevoitoare, apărute prin reviste, îmi permit să exprim autorilor mulțumirile mele cele mai călduroase și-i rog să creadă că-mi voi da silința ca viitoarele ediții să fie din ce în ce mai bune.

De asemeni mulțumesc Domnilor colegi, pentru scrisorile de încurajare și pentru sfaturile trimise, care mi-au fost de mare folos, la redactarea ediției de față.

AUTORUL.

Din referatul D-lui Profesor I. Nanu

*„D-l Autor depune spre aprobare manualul de Fizică :
Căldura Cl. V de liceu.*

*D-sa, după îndelungate observații pedagogice cu elevii și
studenții D-sale, — după cum chiar D-sa menționează — a
reușit să ne dea un bun manual pentru învățământul secundar.*

*Clar, de o claritate surprinzătoare chiar, fără îngreunări
de expresiuni, deși folosește termenii științifici la locul cerut,
se face ușor de înțeles și urmărit cu plăcere...*

*Manualul va fi unul din cele mai bune, mai ușoare, mai
complete...*

*In general cartea e foarte bine scrisă, cu multă pricepere
pedagogică, cunoștințele bine înlănțuite, încât sunt, cu toată
convingerea, pentru aprobare”.*

Referent I. NANU.

TEMPERATURA ȘI DILATAREA CORPURILOR

Noțiunea de temperatură

Noțiunea de temperatură isvorăște din senzația de cald și rece.

Pipăind corpurile din jurul nostru, ne putem da seama că unele sunt mai reci, altele mai calde.

Căpătăm astfel noțiunea de temperatură și zicem că *temperatura este cu atât mai ridicată, cu cât corpul pare mai cald*. Dar aprecierea temperaturii, prin simplă atingere directă, nu se poate face exact, pentru că de fapt apreciem diferența față de temperatura mâinii, care poate să varieze. De altfel, când un corp este fie prea cald, fie prea rece, nu ne mai putem da seama de temperatura lui, fiindcă frigul intens, cași căldura intensă, produc aceeași senzație dureroasă de arsură.

Dilatarea corpurilor

Variația temperaturii schimbă dimensiunile corpurilor.

Putem aprecia mai exact temperatura unui corp, pe cale indirectă, dacă măsurăm anumite fenomene fizice, legate de variația ei.

Aproape toate corpurile își măresc dimensiunile, când le încălzim. Zicem că ele se *dilată*.

a) **Cazul corpurilor solide.** O bară metalică, de 7 – 8 mm. grosime și 80 – 100 cm. lungime, este fixată cu un capăt într'un clește. (Fig. 1) Celălalt capăt se razămă de o greutate, așezată pe un suport. așafel încât o deplasare cât de mică să o răstoarne.

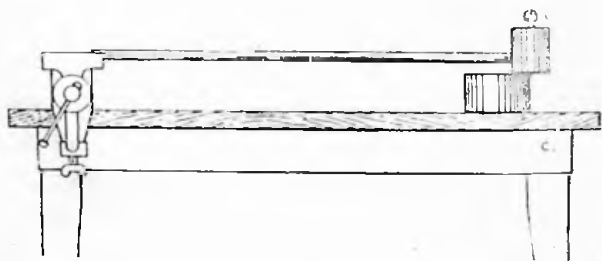


Fig. 1

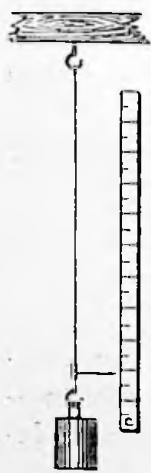


Fig. 2

Înfășurăm bara în vată muiată în alcool și-i dăm foc. Prin încălzire, ea se lungește, împinge greutatea și o răstoarnă de pe suport.

O altă experiență, tot așa de simplă, ne arată de asemeni lungirea corpurilor la căldură :

O sârmă de fer, lungă de cel puțin un metru, este legată cu un capăt de un suport. (Fig. 2). La celălalt capăt atârnam o greutate. Punem alături o riglă gradată, înfășurăm sârma în vată muiată în alcool și-i dăm foc.



Fig. 3

Pe măsură ce se încălzește, sârma se lungește din ce în ce mai tare ; apoi, după ce flacăra se stinge, răcindu-se revine la lungimea inițială.

Experiența cunoscută sub numele de «*Inelul lui S'Gravesande*», demonstrează dilatarea corpurilor în volum : O sferă de metal, care trece destul de ușor printr'un inel, își mărește volumul și nu mai poate străbate printr'însul, dacă o încălzim. (Fig. 3).

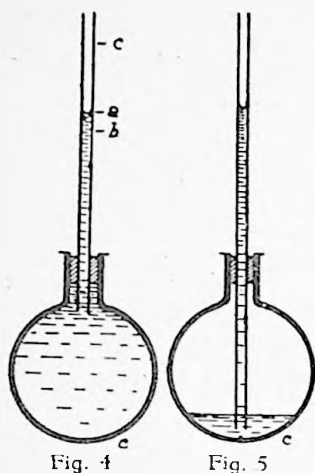
Mai toate corpurile solide se dilată prin încălzire.

Experiența ne arată așadar că mai toate corpurile se dilată prin încălzire. Există totuși substanțe, pe care căldura le contractă, cum sunt de pildă cauciucul sau iodura de argint.

Altele, cum e *quartzul* sau un aliaj de fer și nikel, numit *invar*, se dilată așa de puțin, încât putem considera că nu se dilată de loc.

b) Cazul corpurilor lichide. Punem apă într'un balon, astupat cu un dop de plută, prin care străbate un tub subțire de sticlă. (Fig. 4)

Încălzind balonul cu mâna sau cu o flăcără, observăm cum nivelul lichidului, care se găsea la început în *a*, se coboară întâi până în *b*, apoi se urcă până în *c*.



La lichide deosebim o dilatare aparentă, rezultată din diferența între dilatarea vasului și a lichidului și o dilatare absolută, care e dilatarea adevărată.

Volumul gazelor crește cu temperatura. Dacă împiedicăm volumul să crească crește presiunea.

mică de apă, atâta cât să acopere capătul de jos al tubului. (Fig. 5)

Încălzind balonul cu mâna, apa se ridică în tub și ne arată că gazul se dilată.

Dacă l-am împiedica să se dilate, în loc să crească

Explicația e simplă : balonul se încălzește înaintea lichidului, se dilată și nivelul se coboară.

Apoi lichidul începe să se dilate la rândul lui și fiindcă se dilată mai tare decât balonul, nivelul se urcă mai sus, decât era la început.

Urcarea nivelului din *a* în *c* provine așadar din diferența între dilatarea balonului și a lichidului. Observăm astfel numai *dilatarea aparentă*, care e mai mică decât dilatarea adevărată a lichidului, numită dilatare *absolută*.

Cazul gazelor. La același balon, de care ne-am folosit ca să arătăm dilatarea lichidelor, adaptăm un tub de sticlă care merge până la fund. În balon punem o cantitate

volumul, ar crește presiunea. De aceea o sticlă plină cu aer și astupată ermetic aruncă dopul, când o încălzim.

Temperaturi fixe

Temperaturile de topire și de fierbere ale corpurilor sunt temperaturi fixe.

Dacă introducem balonul, cu care am arătat dilatarea lichidelor, în ghiață care se topește, constatăm că, după cât-va timp, nivelul lichidului în tub se fixează la o anumită înălțime și rămâne staționar, până când ghiața se topește complet.

Repetând experiența, nivelul se fixează de fiecare dată la aceeași înălțime.

Așadar temperatura de topire a gheții este aceeași oricând și rămâne constantă în tot timpul topirii.

Pe o cale analoagă putem constata că *temperatura vaporilor unui lichid care fierbe este constantă în tot timpul fierberii și totdeauna aceeași, dacă presiunea atmosferică nu variază.*

Avem astfel puțința de a produce temperaturi bine determinate, numite *temperaturi fixe*.

Vom reveni mai târziu asupra fierberii și a topirii.

Termometre¹⁾

Pe principiul dilatării corpurilor se pot construi

¹⁾ Termometrul a fost inventat de Galileu pe la anul 1600.

aparate, numite *termometre*, care servesc la măsurarea temperaturilor.

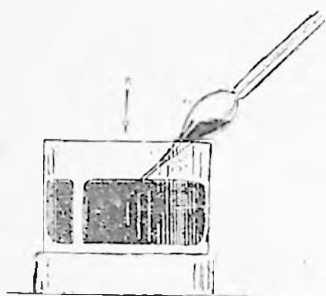


Fig. 6

Un termometru se compune dintr'un tub de sticlă cu diametrul interior foarte mic, (*tub capilar*), terminat cu un rezervor de sticlă cu pereții subțiri.

Rezervorul se umple cu un lichid care se dilată la căldură și, după cât e de încălzit, se urcă mai mult sau mai puțin în tubul capilar. Lichidul poate fi mercur, apă, alcool, petrol, etc.

Cel mai întrebuițat este *mercurul*, care are avantajul că se dilată destul de tare, nu se prinde de sticlă, îngheață greu și, fiind opac, poate fi observat cu ușurință în tubul capilar.

Ca să introducem lichidul, începem prin a încălzi termometrul. Aerul din rezervor se dilată și o parte din el iese afară.

Apoi cufundăm capătul de sus al tubului în lichid. Prin răcire, aerul din termometru se contractă și sugă lichidul înăuntru. (*Fig. 6*)

După ce rezervorul s'a umplut, topim la flacără capătul deschis al tubului și-l închidem ¹⁾.

¹⁾ Ca să nu rămăe aer înăuntru, avem grijă să încălzim rezervorul, așa ca, în momentul închiderii, mercurul să umple toată capilara.

Prin convenție, se ia ca punct de plecare al scării termometrice și se notează cu zero temperatura de topire a gheții.

Gradarea termometrului. Un termometru, odată construit, trebuie gradat. Pentru aceasta îl cufundăm în gheață care se topește și însemnăm înălțimea la care se fixează lichidul, în tubul capilar.

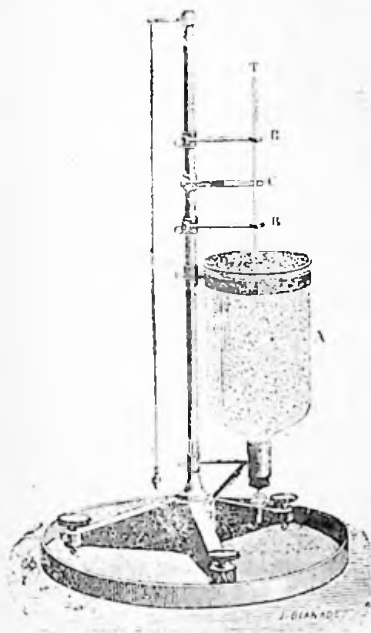


Fig. 7 a
(După Lamotte)

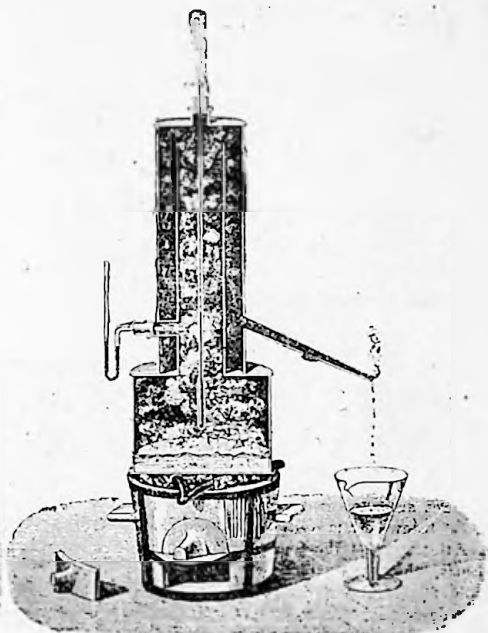


Fig. 7 b
(După Deschanel-Everett)

Vom conveni să luăm această temperatură ca punct de plecare al scării termometrice și să o însemnăm cu zero. (Fig. 7 a)

Introducem apoi termometrul într'o etuvă, încălzită cu vapori de apă care fierbe. (Fig. 7 b)

Prin convenție, temperatura de fierbere a apei este de 100 de grade.

Însemnăm iarăși înălțimea la care se urcă lichidul în tubul capilar și admitem, tot prin convenție, că această temperatură reprezintă +100 de grade.

Punctele 0 și 100, astfel obținute, se numesc *puncte fixe ale scării termometrice*.

Punctul de topire al gheții și punctul de fierbere al apei sunt puncte fixe ale scării termometrice.

Distanța între ele se împarte în 100 de părți și avem astfel scara centesimală.

Distanța, pe tubul capilar, între 0 și 100, o împărțim în 100 de părți egale, pe care le numerotăm și avem astfel o scară termometrică, numită *scară centesimală*¹⁾.

Dacă apoi, când măsurăm o temperatură oarecare, lichidul din termometru se urcă până la diviziunea 37, de pildă, vom zice că temperatura măsurată este de 37 de grade *centigrade* și o vom însemna cu +37°C.

Scara termometrului se poate prelungi și dincolo de punctele fixe, trăgând pe dânsa diviziuni egale cu lungimea unui grad.

Temperaturile sub zero grade sunt *negative*.

Vom admite, tot prin convenție, că temperaturile sub zero grade sunt *negative* și le vom da semnul —. De pildă, temperatura de

15 grade sub zero se notează — 15°C.

Scara temperaturilor centesimale, stabilită prin

¹⁾ Scara termometrică centesimală a fost imaginată de naturalistul francez *Linné*, pe la anul 1743.

convenție și adoptată aproape totdeauna în cercetările științifice, are avantajul că se adaptează sistemului zecimal de numărătoare. I s'a dat, prin tradiție, numele astronomului suedez *Andrea Celsius* ¹⁾).

În practică, se întrebuințează uneori și alte scări termometrice. Cele mai cunoscute sunt :

Pe scara lui Réaumur apa îngheață la 0° și fierbe la $+80^{\circ}$. Transformarea gradelor Réaumur în grade centesimale se face prin înmulțire cu $5/4$.

a) Scara lui *Réaumur* ²⁾). Se întrebuințează din ce în ce mai rar. Punctul de topire al gheții corespunde tot temperaturii de 0° , dar temperatura de fierbere a apei se notează cu $+80^{\circ}$.

Așadar un grad al scării Réaumur reprezintă $5/4$ dintr'un grad, pe scara centesimală.

Ca să transformăm gradele Réaumur în grade centesimale, va trebui deci să înmulțim rezultatul citirii cu $5/4$. Astfel 40° Réaumur corespund cu

$$40 \times \frac{5}{4} = 50^{\circ} \text{ C.}$$

Transformarea inversă e tot așa de simplă. De pildă 25° centigrade reprezintă

$$25 \times \frac{4}{5} = 20^{\circ} \text{ Réaumur.}$$

¹⁾ *Andrea Celsius* (1701-1744). Contrar notației știute, pe scara termometrică propusă de dânsul punctele fixe erau inversate : apa fierbea la 0° și îngheața la 100° .

²⁾ *Antoine de Réaumur* (1683-1757) fizician și naturalist francez renumit.

Pe scara lui Fahrenheit apa fierbe la 212° și îngheață la 32°, între gradele Fahrenheit și gradele centesimale avem relația:

$$T_F = 32 + 1,8 T_C$$



Fig. 8.

Scara lui Fahrenheit¹⁾ se întrebuințează în Olanda, în Anglia și în Statele-Unite.

Pe această scară, apa fierbe la +212° și îngheață la +32°. Așadar, între 0° și 100° ale scării centesimale, sunt cuprinse 180 de grade Fahrenheit. Rezultă că unui grad centigrad îi corespund 1,8 grade Fahrenheit.

Se vede imediat că putem transforma gradele Fahrenheit, în grade centesimale, după formula:

$$T_F = 32 + 1,8 T_C$$

Unde: T este temperatura în grade Fahrenheit și T_C temperatura corespunzătoare, în grade centesimale.

Transformarea inversă se face după formula:

$$T_C = \frac{T_F - 32}{1,8}$$

¹⁾ Gabriel—Daniel Fahrenheit (1685-1736) născut la Danzig. A fost un fizician de vază al timpului.

care decurge imediat din formula precedentă.

Figura 8 ne arată mai clar deosebirea între diferitele scări termometrice.

Termometre de precizie. Este ușor de înțeles că variația nivelului mercurului într'un termometru, pentru anumită schimbare de temperatură, depinde de lărgimea capilarei și de mărimea rezervorului. Dacă facem capilara destul de îngustă și rezervorul de ajuns de mare, putem obține, pentru o creștere a temperaturii de un grad, o variație a nivelului în capilară, de câțiva centimetri.

Cu chipul acesta, ajungem să apreciem cu ușurință zecimile și chiar sutimile de grad.

Se construiesc termometre cu mercur, care dau până la $1/1000$ dintr'un grad. Bineînțeles, un asemenea termometru nu poate servi decât într'un domeniu foarte restrâns de temperatură, de pildă între 0° și $+1^\circ$. Altfel ar trebui să facem capilara peste măsură de lungă.

Corecțiuni termometrice. a) Co-

Sticla are o dilatare remanentă, de care trebuie să ținem seama în măsurile de precizie.

recția de zero. Dacă introducem un termometru de precizie în ghiață care se topește, apoi în apă clocotită și iarăși în ghiață, constatăm că mercurul nu mai revine exact la zero, ci arată o temperatură sub 0° .

Explicația e simplă: sticla, odată încălzită, păstrează o mică dilatare remanentă și, când o răcim, nu mai revine exact la volumul inițial, decât după un timp mai îndelungat. Capacitatea rezervorului este astfel mărită și, pus în ghiață, mercurul se fixează ceva mai jos ca înainte.

Mutarea punctului zero, mai ales la termometrele făcute din sticlă specială, de bună calitate, este foarte mică și n-are importanță, în măsurile obișnuite, dar când facem măsurii de precizie, trebuie să verificăm totdeauna gradația termometru-lui, ca să putem corecta rezultatele.

Temperatura ară-tată de un termome-tru depinde de felul cum îl încălzim.

Dacă nu încălzim decât rezervorul, lungimea capilarei ră-mâne neschimbată.

Rezultă că trebuie să introducem o nouă corecție, care să țină seamă de dilatarea aparentă a coloanei de mercur din capilară.

Termometrul cu al-cool servește pentru măsurarea tempera-turilor joase.

Termometrul cu alcool. În tă-rile friguroase, unde temperatura se coboară iarna sub -39° , mercurul îngheață și nu-l mai pu-tem folosi. Recurgem atunci la termometre cu alcool, care nu în-ghiață decât la -130° .

Alcoolul fierbe la $+78^{\circ}$. De aceea nu putem intro-duce un termometru cu alcool în etuvă la 100° ca să-l gradăm. Gradația se face indirect, prin comparație cu un termometru cu mercur.

Termometrele de maximă și minimă arată temperaturile extreme, atinse de un mediu oarecare, în-tr'un timp dat.

b) Corecția de dilatare a coloanei. Dacă încălzim un ter-mometru pe toată lungimea lui, se di-lată nu numai rezervorul, ci și tubul ca-pilar.

Termometrul cu alcool. În tă-rile friguroase, unde temperatura se coboară iarna sub -39° , mercurul îngheață și nu-l mai pu-tem folosi. Recurgem atunci la termometre cu alcool, care nu în-ghiață decât la -130° .

Termometrele de maximă și minimă sunt construite așa-fel, ca să ne arate temperatura cea mai înaltă sau cea mai joasă, atinsă de un mediu oarecare într'un timp

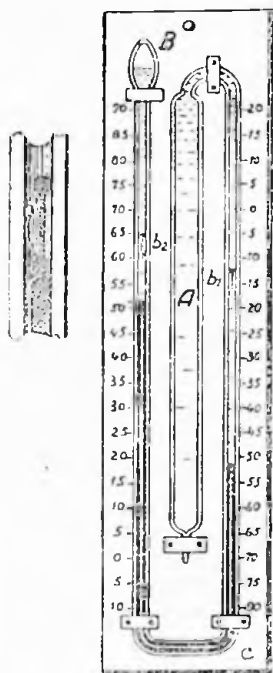


Fig. 9

dat. Cel mai întrebuițat este termometrul cu alcool al lui *Six și Bellani*. (Fig. 9).

Rezervorul este în *A*. În capilară, care-i îndoită în formă de *U*, coloana de alcool este întreruptă de o coloană de mercur.

Deasupra alcoolului, în *B*, se găsește o cantitate mică de aer.

Alcoolul, dilatându-se, împinge coloana de mercur și comprimă aerul din *B*. Când se contractă la loc, aerul comprimat împinge, la rândul lui, coloana înapoi spre *A*.

La cele două capete ale coloanei de mercur sunt niște bastonașe de sticlă colorată, care se pot mișca în tub, cu oarecare frecare. Bastonașele au înăuntru câte o mică sârmă de fier, așa că, dacă mișcăm un magnet de-alungul termometrului, le putem aduce în contact cu capetele coloanei de mercur.

Când temperatura se ridică, mercurul se depărtează de bastonașul b_1 , care rămâne pe loc și împinge în sus bastonașul b_2 ; invers, dacă temperatura se coboară, bastonașul b_2 rămâne pe loc și mercurul ridică bastonașul b_1 .

Extremitatea inferioară a bastonașului b_2 arată

așadar temperatura maximă, iar extremitatea inferioară a bastonașului b_1 arată temperatura minimă.

De câte ori vrem să reluăm observațiile dela capăt, readucem bastonașele în contact cu coloana de mercur.

Termometrul medical este un termometru maximal, la care coloana de mercur, din cauza unei strânguturi a capilariei, este împiedicată să se coboare în rezervor.

Termometrul medical. este un termometru de maximă, gradat în zecimi de grad. Fiindcă temperatura normală a omului este de $+37^{\circ}$, scara termometrului medical este limitată între $+35^{\circ}$ și $+43^{\circ}$, care sunt temperaturile extreme, atinse de corpul omenesc, în caz de boală.

Tubul capilar are în *a* o gătuștură. (*Fig. 10*).

Când mercurul din rezervor se dilată, coloana se ridică în tub, până la temperatura corpului. Când scoatem termometrul dela bolnav, rezervorul se răcește și coloana de mercur ar trebui să se coboare, dar, din cauza gătușturii, se rupe în *a* și rămâne atârnată în capilară. Ca s'o coborâm înapoi în rezervor, e de ajuns să scuturăm cu putere termometrul.

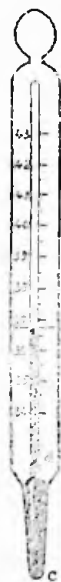


Fig. 10

Termometrele înregistratoare înscriu pe o bandă de hârtie, mișcată de un mecanism de ceasornicărie, curba variației temperaturii într'un timp anumit.

Termometrele înregistratoare sunt termometre care înscriu, pe o bandă de hârtie, temperatura mediului în care se găsesc. Hârtia este înfășurată pe un cilindru, mișcat de un mecanism de ceasornicărie.

Există diferite sisteme de termometre înregistratoare. Vom descrie pe acela inventat de *Richard*¹⁾: Un rezervor metalic *R*, cu pereții

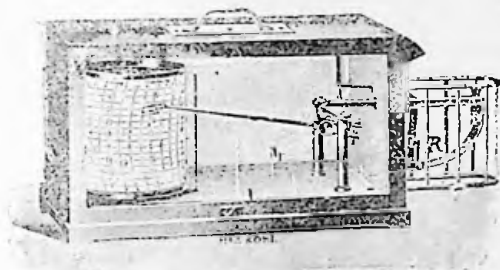


Fig. 11

subțiri, este îndoit în formă de arc de cerc și umplut cu petrol. (Fig. 11)

Când petrolul se dilată, apasă asupra pereților curbați și tinde să-i îndrepte. Printr'un sistem de pârghii amplificatoare, mișcarea este transmisă unei penițe, care înscrie cu cerneală, pe cilindru, o curbă continuă.

De obicei cilindrul face o rotație completă în 7 zile, așa că, pe curbă, avem variația temperaturii în cursul unei săptămâni.

¹⁾ *Richard* vestit constructor de aparate de fizică la Paris.

Gradația aparatului se face prin comparație cu un termometru cu mercur.

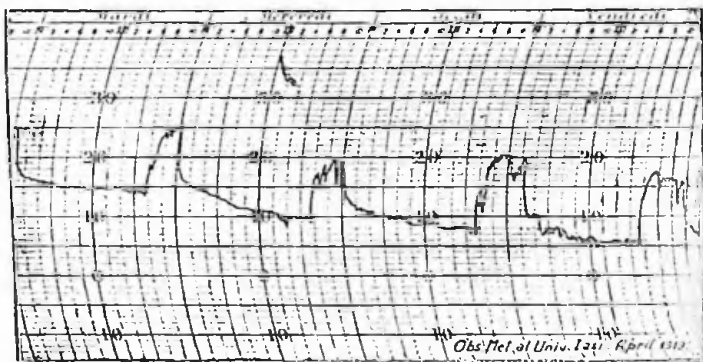


Fig. 12

Figura 12 arată una din curbele astfel obținute.

COEFICIENȚI DE DILATARE

a) Dilatarea lineară

După ce am stabilit că, sub influența căldurii, corpurile se dilată, vom căuta să formulăm o relație, cu ajutorul căreia, cunoscând lungimea unei bare la o temperatură dată, să-i putem calcula lungimea la altă temperatură.

O bară, din substanța de studiat, este cufundată într'o baie cu gheață care se topește și-i măsurăm lungimea exactă la 0° . Ridicăm apoi treptat temperatura băii și măsurăm iarăși lungimea barei, din grad în grad.

Constatăm astfel că, de câte ori temperatura crește

cu un grad, bara se lungeste mereu cu aceiași cantitate.

Variația lungimii este proporțională cu variația temperaturii.

Așadar variația lungimii unei bare este proporțională cu variația temperaturii.

Dacă bara are, la 0° , lungimea L_0 și crește cu cantitatea l , pe gradul de temperatură, atunci fiecare unitate de lungime din ea crește, în aceleași condiții, cu cantitatea $\frac{l}{L_0}$. Această cantitate,

Creșterea unității de lungime dintr-o bară, pentru o creștere a temperaturii de un grad este coeficientul ei de dilatare lineară.

este, prin definiție coeficientul de dilatare lineară sau în lungime al substanței din care-i făcută bara.

Avem deci, prin definiție,

$$(1) \quad \Lambda = \frac{l}{L_0}$$

de unde

$$l = \Lambda L_0$$

Când temperatura crește cu un grad, lungimea barei devine, evident,

$$L_1 = L_0 + \Lambda L_0$$

și la temperatura t

$$L_t = L_0 + t \Lambda L_0$$

care se mai poate scrie sub forma

(2)

$$L_t = L_0 (1 + \Lambda t).$$

1) Λ = literă mare a alfabetului grecesc : se citește *lambda mare*.

Această formulă ne permite să calculăm lungimea unei bare la o temperatură t , când cunoaștem coeficientul de dilatare lineară Λ și lungimea ei la 0° ¹⁾).

Cantitatea $1 + \Lambda t$ este binomul de dilatare.

Ca să aflăm lungimea unei bare la temperatura t , este de ajuns să înmulțim lungimea ei la 0° cu binomul de dilatare.

Cantitatea $1 + \Lambda t$ se numește *binom de dilatare*.

Așadar ca să aflăm lungimea unei bare la temperatura t , trebuie să înmulțim lungimea ei la 0° cu binomul de dilatare.

Dacă nu cunoaștem lungimea barei la 0° , dar cunoaștem lungimea ei la altă temperatură t_1 , îi putem calcula lungimea la temperatura t după formula

$$L_t = L_{t_1} [1 + \Lambda (t - t_1)] \quad (\text{unde } t > t_1).$$

care decurge, evident, din formula (2). În adevăr, punctul zero al termometrului fiind un punct convențional, putem presupune că-l mutăm în t_1 . În urma acestei schimbări, temperatura devine $t - t_1$ față de noul zero și formula precedentă rezultă astfel direct din formula (2).

Variația lungimii unei bare cu temperatura poate fi reprezentată grafic astfel:

¹⁾ Dacă exprimăm pe l și L_0 în aceeași unitate de lungime, se înțelege de la sine că raportul $\frac{l}{L_0} = \Lambda$ nu se schimbă, oricare ar fi unitatea aleasă (centimetru, metru, etc.). Prin urmare coeficientul de dilatare este același în oricare sistem de unități.

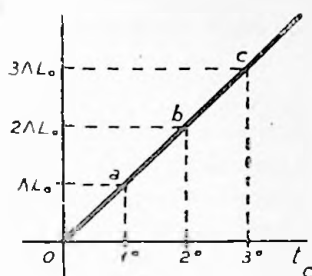


Fig. 13

Fie L_0 lungimea barei la 0° . Dacă o încălzim cu un grad, lungimea ei crește cu ΔL_0 ; pentru două grade, creșterea de lungime este $2\Delta L_0$ și pentru t grade va fi $t\Delta L_0$.

Pe o dreaptă ot (Fig. 13) însemnăm lungimi proporționale cu temperaturile, începând din O . Numim această dreaptă *abscisă*. Pe altă dreaptă, perpendiculară pe dânsa în O , numită *ordonată*,

însemnăm lungimi proporționale cu dilatățile corespunzătoare.

Abscisa și ordonata constituie un sistem de axe de coordonate, iar punctul O este *originea coordonatelor*.

Trăgând liniile punctate, arătate în figură, obținem niște puncte $a, b, c, \dots$ care se înșiră pe o linie dreaptă și pe care le unim între ele.

Ori de câte ori o cantitate oarecare variază proporțional cu altă cantitate, curba variației va fi, cași în cazul de față, o linie dreaptă care trece prin origină.

Valoarea coeficientului de dilatare Λ depinde de natura substanței din care-i făcută bara.

Tabloul de mai jos dă coeficienții de dilatare lineară ai câtorva corpuri.

	Λ		Λ
Oțel	0,000012	Cupru	0,000016
Fer	0,000011	Platină	0,000009
Aluminiu	0,000022	Sticlă	0,000009
Argint	0,000019	Invar	0,0000002
Alamă	0,000018	Quartz	0,0000005

Din acest tablou se poate vedea că platina are același coeficient de dilatare cași sticla. De aceea putem lipi fire de platină în sticlă, fără ca sticla să crape.

Tot din tablou se vede că aliajul *invar* (30% nikel + 70% fer) se dilată de 100 de ori mai puțin decât alumiul și de 2,5 ori mai puțin decât quartzul.

Observație. Dacă variația temperaturii este prea mare, coeficientul Λ poate să varieze și el. În acest caz formula (2) nu se mai aplică decât cu aproximație, pentru că variația lungimii nu mai este proporțională cu temperatura.

Totuși, când variația temperaturii nu întrece câteva zeci de grade, Λ poate fi considerat constant.

b) Dilatarea în volum

Să presupunem că un cub are, la 0° , latura egală cu unitatea de lungime și să-i ridicăm temperatura cu un grad.

Coeficientul de dilatare lineară al substanței fiind Λ , latura cubului devine, după ridicarea temperaturii

$$l = 1 + \Lambda$$

iar volumul devine :

$$V = (1 + \Lambda)^3 = 1 + 3\Lambda + 3\Lambda^2 + \Lambda^3$$

Λ fiind foarte mic, Λ^2 și Λ^3 vor fi și mai mici¹⁾. Putem deci neglija, în relația de mai sus, termenii cari conțin pe Λ^2 și Λ^3 și vom scrie, cu oarecare aproximație, că

$$V = 1 + 3\Lambda$$

¹⁾ Se știe că puterile unui număr mai mic decât unitatea sunt mai mici decât numărul însuși.

Coefficientul de dilatare cubică este triplul coeficientului de dilatare lineară și reprezintă variația unității de volum, când temperatura variază cu un grad.

Cum volumul inițial al cubului la 0° era de 1 cm^3 , rezultă că unei creșteri Δ a laturii îi corespunde o creștere 3Δ a volumului.

Cantitatea 3Δ , care-i triplul coeficientului de dilatare lineară,

se numește *coeficient de dilatare cubică* al substanței.

Dacă unitatea de volum, pentru o încălzire de un grad, crește cu 3Δ , un volum carecare V_0 , a cărui temperatură ar crește cu t grade, devine după încălzire :

$$V_t = V_0 + 3\Delta V_0 t$$

de unde deducem

$$(3) \quad V_t = V_0 (1 + 3\Delta t).$$

Creșterea volumului este proporțională cu creșterea temperaturii.

Această formulă, analoagă cu formula (2), ne arată că și *creșterea volumului este proporțională cu creșterea temperaturii* și ne permite să calculăm volumul la temperatura t , când cunoaștem volumul la 0° .

Se obișnuiește să se noteze cantitatea 3Δ cu K și astfel formula (3) se mai poate scrie :

$$(4) \quad \boxed{V_t = V_0 (1 + Kt).}$$

Volumul unui corp, la temperatura t , se calculează înmulțind volumul la 0° cu binomul de dilatare cubică.

Unde $1 + Kt$ este *binomul de dilatare cubică*.

Așadar volumul unui corp la temperatura t se calculează înmulțind volumul la 0° cu binomul de dilatare cubică.

Dacă nu cunoaștem volumul la 0° , dar cunoaștem volumul la altă temperatură t_1 , volumul la temperatura t rezultă din relația :

$$v_t = v_{t_1} [1 + K (t - t_1)] \quad (\text{unde } t > t_1)$$

care decurge, evident, din relația (4).

Tabloul de mai jos dă coeficienții de dilatare cubică ai câtorva corpuri.

	K		K
Oțel	0,000036	Alamă	0,000055
Fer	0,000034	Cupru	0,000048
Aluminiu	0,000066	Platină	0,000027
Argint	0,000055	Sticlă	0,000027

Comparând aceste date cu acelea din tabloul de la pagina 31, constatăm că, în adevăr, $K = 3 \lambda$.



Fig. 14

Observație - Mitscherlich¹⁾ a descoperit că cele mai multe corpuri cristalizate nu se dilată la fel în toate direcțiile. De pildă un cristal de *quartz*, care se prezintă ca o prismă hexagonală, terminată cu două piramide, (Fig. 14) are un coeficient de dilatare lineară λ_1 după direcția XY și alt coeficient de dilatare lineară λ_2 după direcțiile perpendiculare pe XY .

Nu numai dilatarea diferă după aceste direcții, ci și propagarea luminii sau a căldurii, rezistența la tracțiune, etc.

La *spatul de Islanda* diferența e și mai mare. Cristalul se dilată după o direcție și se contractă după alte direcții.

Asemenea corpuri se numesc *anisotrope*, spre deosebire de

¹⁾ E. Mitscherlich vestit chimist și cristalograf german (1794-1853).

corpurile care, cum e sticla, apa, etc., au proprietăți omogene în toate direcțiile și pe cari le vom numi *isotrope*.

Aplicații ale dilatării. Dacă încălzim o bară metalică și o fixăm bine la amândouă capetele, contracțiunea ei, după răcire, dezvoltă o forță așa de mare, încât poate s'o rupă.

De aceea construcțiile metalice sunt așa fel încheiate, încât să permită dilatarea liberă a pieselor din care se compun.

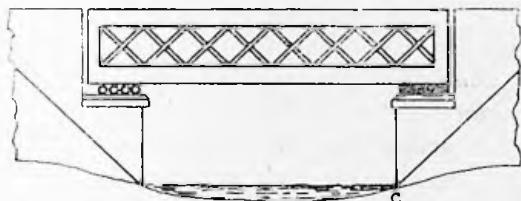


Fig. 15

Astfel podurile de fer sunt fixate numai la unul din capete. Celălalt capăt este așezat pe niște roți, (*galeți*) care se mișcă pe șine. (*Fig. 15*)

Tot așa conductele metalice mai lungi sunt îndoit din loc în loc în formă de arc de cerc, ca să se poată dilata în voie.

Între șinele de cale ferată se lasă totdeauna un spațiu liber pentru dilatare și tabla de pe casă, din același motiv, nu se bate cuie.

Fearul, ca să așeze șina pe roată, o încălzește întâi și o vără în silă, ca să strângă obezile când se răcește. Sticla, încălzită neuniform, crapă din cauză că părțile mai calde, care se dilată mai tare apăsă asupra părților mai reci dinprejur.

Fenomenele de dilatare au o influență covârșitoare asupra scoarței globului. Con tracția păturilor centrale, în urma răcirii planetei, au determinat în crețirea scoarței și formarea munților, iar variațiile bruște ale temperaturii, în anumite regiuni, fac să crape b'ocurile de piatră, d n cauza dilatării neuniforme. (Fig. 16)



Fig. 16

(După «Geol. Bilder» de H. Stille).

În *Sahara*, unde diferența de temperatură între zi și noapte este destul de mare, această fărâmițare a pietrei merge până la măcinarea completă și formează nisipul.

Aplicații numerice 1) *Turnul Eiffel* din Paris are o înălțime de 300 de metri. Admițând că vara se încălzește până la $+50^{\circ}$ și iarna se răcește până la -20° ne propunem să calculăm cu cât variază înălțimea lui, în urma dilatării.

— Coeficientul de dilatare lineară al ferului fiind 0,00001 și variația temperaturii fiind de $50 + 20 = 70^\circ$, variația lungimii va fi

$$l = \Delta (t_1 - t_2) L \text{ sau}$$

$$l = 0,00001 \times 70 \times 300 = 0,21 \text{ m.}$$

2) O sârmă de cupru are 10 kilometri lungime la 0° . Care va fi lungimea ei la $+ 30^\circ$?

— Coeficientul de dilatare al cuprului fiind 0,000016, formula (2) ne dă :

$$l_{30} = l_0 (1 + \Delta t) \text{ sau}$$

$$l_{30} = 10(1 + 0,000016 \times 30) \text{ de unde}$$

$$l_{30} = 10,0048 \text{ km.}$$

3) Un bloc de aluminiu are 0,5 metri cubi, la temperatura de 0° . Ne propunem să-i calculăm volumul la $+ 100^\circ$.

— Coeficientul de dilatare cubică la aluminiu este 0,000066. Volumul la $+ 100^\circ$ va fi deci :

$$V_{100} = V_0 (1 + Kt)$$

$$= 0,5(1 + 0,000066 \times 100)$$

rezultă că $V_{100} = 0,503 \text{ m}^3$.

Variația densității cu temperatura

Se știe că densitatea unui corp se definește prin raportul între greutatea lui și greutatea unui egal volum de apă distilată, luată la $+ 4^\circ \text{ C}$.

Vom presupune că volumul corpului la 0° este de un centimetru cub și vom însemna greutatea lui cu M . Greutatea aceluiași volum de apă distilată, la $+ 4^\circ$, fiind un gram, densitatea corpului la 0° va fi

$$D_0 = \frac{M}{1} = M$$

Dacă temperatura se urcă la t° , volumul lui devine $1 + Kt$ centimetri cubi.

Așadar, în loc de un centimetru cub de apă, va trebui să luăm $1 + Kt$ cm³., care la $+4^{\circ}$ C. cântăresc $1 + Kt$ grame.

Rezultă că, la temperatura t , densitatea corpului devine, în baza definiției

$$D_t = \frac{M}{1 + Kt}$$

și înlocuind pe M prin D_0 avem :

$$D_t = \frac{D_0}{1 + Kt}$$

Împărțind densitatea unui corp la 0° prin binomul de dilatare, găsim densitatea lui la temperatura t .

din care putem calcula densitatea unui corp, la temperatura t , când cunoaștem densitatea lui la 0° și coeficientul de dilatare cubică.

Dilatarea lichidelor

Din cauză că lichidele se dilată împreună cu vasul în care le punem, nu putem determina, prin observație directă, dilatarea lor *absolută*, ci numai dilatarea *relativă*.

Densitatea absolută se determină pe cale indirectă, cu ajutorul densității.

Metoda a fost imaginată de fizicienii francezi *Dulong* și *Petit*¹⁾.

Fie două vase comunicante A și B , pline cu mercur

¹⁾ *Pierre — Louis Dulong* fizician și chimist francez (1735-1803).

(Fig. 17). Mercurul se ridică la același nivel în amândouă vasele, cu condiție ca temperatura să fie uniformă.

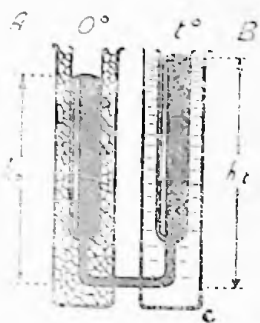


Fig. 17

Dacă răcim vasul *A* la 0° , punându-l într-o baie cu gheață și încălzim vasul *B*, într-o baie cu apă caldă, în vasul mai rece mercurul se contractă și-și mărește densitatea, pe când în vasul mai cald se dilată și densitatea scade.

Se știe că, dacă două vase comunicante conțin lichide de densități diferite, înălțimile coloanelor de lichid sunt invers proporționale cu densitățile.

Așadar

$$\frac{h_t}{h_o} = \frac{D_o}{D_t}$$

dar am văzut că

$$D_t = \frac{D_o}{1 + Kt}$$

Această valoare, introdusă în formula precedentă, ne dă

$$\frac{h_t}{h_o} = \frac{D_o (1 + Kt)}{D_o}$$

sau

$$(6) \quad \boxed{\frac{h_t}{h_o} = 1 + Kt}$$

Raportul înălțimilor coloanelor de lichid, în două vase comunicante, la temperaturi diferite, este egal cu binomul de dilatare al lichidului.

de unde deducem coeficientul de dilatare cubică al lichidului

$$K = \frac{1}{t} \left[\frac{h_t}{h_0} - 1 \right]$$

Metoda se aplică nu numai mercurului, ci și oricărui alt lichid, dar, când cunoaștem coeficientul de dilatare absolută al mercurului, determinarea lui pentru alte lichide se poate face mai ușor, cu aparate numite *dilatometre*.



Fig. 18

Un dilatometru are forma unui termometru obișnuit, deschis la capătul de sus. Capilara este gradată în centimetri cubi și fracțiuni. (Fig. 18)

Umplem întâi rezervorul cu mercur și măsurăm dilatarea aparentă a mercurului. Cum dilatarea lui absolută este cunoscută, putem deduce, prin diferență, dilatarea aparatului.

Înlocuim apoi mercurul cu alt lichid, și măsurăm dilatarea aparentă și adunăm dilatarea aparatului la rezultatul obținut. Deducem astfel dilatarea absolută a lichidului.

Tabloul de mai jos dă coeficienții de dilatare absolută ai câtorva lichide.

	<i>K</i>		<i>K</i>
<i>Glicerină</i>	0,00053	<i>Toluen</i>	0,00120
<i>Petrol</i>	0,00104	<i>Sulfură de carbon</i>	0,00147
<i>Alcool</i>	0,00105	<i>Mercur</i>	0,00018

Comparând datele din el, cu acele din tabloul de la pagina 34, se poate vedea că lichidele se dilată cam de 100 de ori mai tare decât corpurile solide.

Dilatarea apei.

Se știe că apa îngheață la 0° . În anumite condițiuni însă, pe care le vom vedea mai târziu, putem coborî temperatura mult sub 0° , fără să se producă înghețul.

Fenomenul este cunoscut sub numele de *supratopire*.

Dacă studiem cu un dilatometru dilatarea apei între $+4^{\circ}$ și temperatura cea mai joasă, la care o putem păstra în stare lichidă, constatăm că, în acest interval, apa se *contractă* în loc să se dilate, când crește temperatura.

În schimb, la temperaturi mai mari de $+4^{\circ}$ dilatarea este normală, ca la orice alt lichid.

Dacă plecăm de la $+4^{\circ}\text{C}$, atât o creștere a temperaturii, cât și micșorarea ei, produc o mărire a volumului, deci o micșorare a densității.

Apa are densitatea maximă la $+4^{\circ}\text{C}$. Rezultă că apa are densitatea cea mai mare la $+4^{\circ}\text{Centigrade}$.

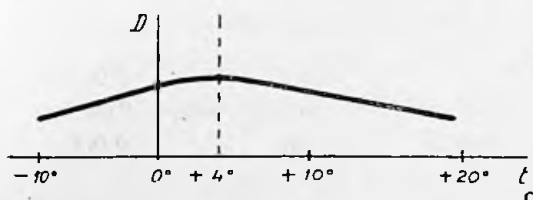


Fig. 19

Curba din figura 19 și tabloul de mai jos arată destul de bine cum variază densitatea apei cu temperatura.

<i>Temperatura</i>	<i>Densitatea</i>	<i>Variația densit.</i>
— 10°	0,99815	↑
— 5°	0,99930	crește
0°	0,99987	↓
+ 4°	1,00000	maximum
+ 8°	0,99987	↑
+ 10°	0,99973	scade
+ 20°	0,99823	↓

Variația densității apei cu temperatura se poate demonstra printr'o experiență foarte simplă:

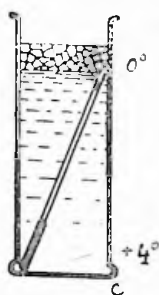


Fig. 20

Intr'o eprubetă cu picior, plină cu apă, introducem câteva bucăți de gheață. (Fig. 20).

Așteptăm ca gheața să se topească, agităm apa, ca să uniformizăm temperatura și o lăsam apoi liniștită să ia temperatura camerei. Peste câteva minute, un termomteru cufundat în'ăuntru ne arată că apa dela fund s'a încălzit la +4°, pe când la suprafață e mai rece. Cum păturile de densitate mai mare se lasă la fund, rezultă că densitatea apei la +4° C e mai mare decât a apei dela suprafață.

Urmărind mai departe variația temperaturilor, constatăm că păturile de la fund rămân timp mai îndelungat la +4°, pe când la suprafață apa ajunge aproape la temperatura camerei. Așadar și în acest caz tot apa la +4° are densitatea mai mare decât apa mai caldă de deasupra.

O verificare și mai simplă o putem face iarna, săpând o copcă, în gheața de pe un lac și cufundând

un termometru înlăuntrul. Constatăm că apa de la fundul lacului are temperatura de $+4^{\circ}\text{C}$.

Acest lucru are o importanță deosebită pentru viața din râuri și din lacuri, pentru că permite animalelor acvatice să reziste frigului iernii.

DILATAREA ȘI COMPRIMAREA GAZELOR

a) **Comprimarea gazelor — Legea lui Boyle-Mariotte¹⁾.** Se știe, din practica de toate zilele, că

dacă restrângem volumul unui gaz, comprimându-l, presiunea lui crește.

Când compresiunea întrece anumită limită, forța dezvoltată poate să producă explozii.

Ne propunem să găsim experimental legea care leagă volumul de presiunea dezvoltată în urma comprimării, în cazul când temperatura rămâne constantă.

Experiența se poate face cu un aparat foarte simplu, compus dintr-o scândură verticală, pe care-i fixat un tub de sticlă *A* (Fig. 21) gradat în centimetri cubi, care are la partea de sus un robinet *R* și

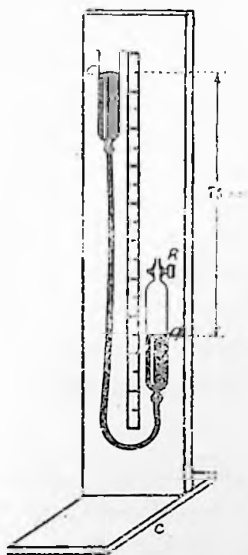


Fig. 21

¹⁾ Robert Boyle fizician și chimist englez. (1626—1691).

Edmă Mariotte abate și fizician francez. (1620—1684).

este legat, pe la partea inferioară, printr'un tub de cauciuc cu un rezervor de sticlă C . Acest rezervor se poate mișca de-a'ungul unei rigle gradate.

Coborâm rezervorul la nivelul tubului A , deschidem robinetul și turnăm prin C mercur în aparat. Apoi închidem robinetul și izolăm astfel în A o cantitate de aer la presiunea atmosferică, adică la o presiune inițială echivalentă cu o coloană de mercur de 76 de centimetri înălțime.

Ridicăm acum rezervorul C și stabilim așa o diferență de nivel între A și C , din cauza căreia aerul din A se comprimă și-și micșorează volumul.

Când această diferență de nivel este de 76 de centimetri, constatăm că volumul aerului închis în A se reduce la jumătate.

Cum presiunea inițială în aparat era de 76 de centimetri de mercur, rezultă că în această situație presiunea, crescută cu încă 76 de centimetri, a devenit de două ori mai mare. La fel putem arăta că, dacă presiunea crește de trei ori, volumul aerului din A se reduce la o treime.

Dacă temperatura rămâne constantă, volumul unui gaz variază invers proporțional cu presiunea.

Așadar volumul unui gaz comprimat variază invers proporțional cu presiunea, dacă temperatura rămâne constantă.

Această lege a fost formulată aproape în același timp de *Robert Boyle* în Anglia și de abatele *Mariotte* în Franța; de aceea este cunoscută sub numele de legea lui *Boyle—Mariotte*.

Dacă presiunile p_1 p_2 p_3 etc. corespund respectiv cu volumele v_1 v_2 v_3 etc., atunci vom avea, în virtutea legii stabilite:

$$(7) \quad \boxed{\frac{p_1}{p_2} = \frac{v_2}{v_1}}$$

Tot așa

$$\frac{p_1}{p_3} = \frac{v_3}{v_1}$$

Din aceste proporții rezultă că

$$p_1 v_1 = p_2 v_2$$

și

$$p_1 v_1 = p_3 v_3$$

de unde deducem

$$p_1 v_1 = p_2 v_2 = p_3 v_3 = \text{Constantă.}$$

sau, în general,

$$(8) \quad \boxed{p v = \text{Const.}}$$

Putem deci enunța legea lui *Boyle-Mariotte* și sub forma următoare:

Când temperatura rămâne constantă, produsul între volumul și presiunea unui gaz este constant.

La temperatură constantă, produsul între volumul unui gaz comprimat și presiunea exercitată asupra lui este constant.

*
* * *

În considerațiile de mai sus am pus dela început

condiția ca temperatura să nu varieze în cursul experienței, pentru că altfel presiunea ar fi variat numai din cauza comprimării, ci și din cauza dilatării gazului.

Fenomenele care se petrec la temperatură constantă se numesc fenomene isoterme.

Fenomenele, în cursul cărora temperatura nu variază, se numesc fenomene isoterme. *Legea lui Boyle-Mariotte se aplică așadar numai în cazul comprimării isoterme.*



Presiunea gazului asupra pereților reprezintă forța lui de destindere, pe care o vom numi *forță de expansiune*. De câte ori forța de expansiune a unui corp este proporțională cu comprimarea pe care o suferă, zicem că avem de-aface cu o *forță elastică*.

Forța de expansiune a gazelor este deci o forță elastică și gazul lucrează ca un resort, care desvoltă o forță cu atât mai mare, cu cât e mai comprimat.

b) Dilatarea gazelor — Legile lui Gay-Lussac. La dilatarea gazelor putem deosebi două cazuri :

1) Dacă încălzim o cantitate de gaz și-l lăsăm să se dilate în voie, presiunea se păstrează neschimbată

La gaze deosebim două feluri de dilatări:

1) La volum constant.

2) La presiune constantă.

și variază numai volumul. Avem deci o «*dilatare la presiune constantă*».

2) Dacă încălzim gazul într'un spațiu închis, volumul nu poate să varieze, dar variază presiunea. Avem astfel o «*dilatare la volum constant*».

În primul caz, luând un volum v_0 dintr'un gaz oarecare și ridicându-i temperatura de la 0° la 1° , obținem, oricare ar fi gazul, o creștere de volum egală cu $1/273$ din volumul inițial.

Toate gazele au același coeficient de dilatare la presiunea constantă $\alpha = 1/273$.

Așadar, spre deosebire de corpurile lichide sau solide, toate gazele se dilată la fel.

Cantitatea $1/273 = 0,00367$ este coeficientul de dilatare la presiune constantă și se notează cu α^1).

Relația (4), dedusă mai înainte, devine deci, când o aplicăm la gaze,

$$v = v_0 \left(1 + \frac{1}{273} t \right) = v_0 (1 + 0,00367 t).$$

sau

$$(9) \quad \boxed{v = v_0 (1 + \alpha t)}$$

Așadar, în cazul dilatării sub presiune constantă,

¹⁾ α = prima literă a alfabetului grecesc; se citește *alfa*.

volumul gazului la temperatura t se calculează înmulțind volumul la 0° cu binomul de dilatare.

În al doilea caz vom presupune că începem prin a lăsa gazul să se dilate liber, la presiune constantă.. Volumul lui devine, după cele arătate mai sus,

$$v = v_0 (1 + \alpha t)$$

Menținem apoi temperatura constantă și-l comprimăm până revine la volumul inițial v_0 . Presiunea crește și capătă valoarea p .

Așadar, presiunii p îi corespunde volumul v_0 , iar presiunii p_0 îi corespunde volumul $v_0 (1 + \alpha t)$.

Cum temperatura rămâne constantă, putem aplica legea lui Boyle-Mariotte și avem

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

de unde deducem că

$$(10) \quad \boxed{p = p_0 (1 + \alpha t)}$$

relație în totul analoagă cu relația (9).

Se vede deci că, în cazul dilatării la volum con-

stant, presiunea gazului crește cu $\frac{1}{273}$ din valoarea inițială, pentru fiecare grad de temperatură.

Coefficienții de dilatare la volum constant și la presiune constantă sunt egali. Coeficientul de dilatare la presiune constantă este așadar numeric egal cu coeficientul de dilatare la volum constant.

Formulele (9) și (10) au fost găsite experimental de Gay-Lussac¹⁾ și de aceia îi poartă numele.

Relația generală între volum, presiune și temperatură la gaze.

La un gaz oarecare deosebim trei cantități variabile: *volumul, presiunea și temperatura.*

Până acum am presupus că menținem constantă una din aces e cantități și variem pe celelalte două.

Astfel, ca să deducem legea lui Boyle-Mariotte, am presupus că *temperatura* rămâne constantă și variază volumul și presiunea.

Ca să deducem legile lui Gay-Lussac am presupus că menținem constant fie *volumul*, fie *presiunea*.

Ne propunem să cercetăm și cazul general, când presiunea, volumul și temperatura variază toate în același timp.

Luăm un volum v_0 de gaz la 0° și-l încălzim, la pre-

¹⁾ Gay-Lussac celebru chimist și fizician francez. (1778--1850) S'a ilustrat prin importante cercetări în chimie, a descoperit clorul și a făcut, pentru prima oară, cercetări asupra atmosferei, urcându-se cu balonul la 7000 de metri.

siune constantă p_0 , până la temperatura t . Volumul lui devine

$$v_0 (1 + \alpha t)$$

Menținem apoi neschimbată această temperatură și comprimăm gazul, până la o presiune oarecare p , căreia îi corespunde volumul v .

După legea lui *Boyle-Marlotte* vom avea :

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

De aci deducem

$$(11) \quad \boxed{p v = p_0 v_0 (1 + \alpha t).}$$

Accastă relație leagă volumul de presiune, când variază și temperatura.

Formulele (9) și (10), deduse mai înainte nu sunt decât cazuri particulare ale relației (11).

În adevăr, dacă presiunea rămâne constantă, avem

$$p = p_0$$

și formula (11) devine

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

Dacă dilatarea se petrece la volum constant, avem

$$v = v_0$$

și formula (11) ne dă :

$$p = p_0 (1 + \alpha t).$$

Exemple numerice: 1) Un litru de gaz se găsește la presiunea de 0,5 atmosfere. La ce presiune volumul lui ajunge la 8 litri?

Temperatura o presupunem constantă.

— Legea lui Boyle-Mariotte ne dă

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{v_2}{v_1}$$

Sau, înlocuind în ea datele problemei, avem :

$$\frac{x}{0,5} = \frac{1}{8}$$

de unde

$$x = 0,063 \text{ atmosfere}$$

2) Un gaz se găsește la 0° sub presiunea de 5 atmosfere. Ce devine presiunea lui, dacă-l încălzim la 400° sub volum constant?

— Formula dilatării la volum constant este :

$$p = p_0 (1 + \alpha t)$$

și făcând înlocuirile, avem :

$$p = 5 (1 + 0,00367 \times 400) = 12,31 \text{ atmosfere.}$$

3) Un gaz are la 0° presiunea de 2 atmosfere. La ce temperatură trebuie să-l încălzim, sub volum constant, pentru ca presiunea lui să ajungă la 4 atmosfere?

— Aplicăm și aci relația

$$p = p_0 (1 + \alpha t)$$

de unde, înlocuind datele, obținem :

$$4 = 2 \left(1 + \frac{1}{273} t \right)$$

sau

$$4 = 2 + \frac{2}{273} t$$

Așadar

$$t = 273^\circ$$

4) Un gaz ocupă un volum de 2 m^3 la 0° . Il dilatăm la presiune constantă, încălzindu-l la 200 de grade. Ce devine volumul?

— Formula dilatării la presiune constantă este :

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

și făcând înlocuirile, avem :

$$v = 2 (1 + 0,00367 \times 200) = 3,468 \text{ m}^3$$

5) Un gaz ocupă 1000 de litri la 0° , sub presiunea de 2 atmosfere. Care va fi volumul ocupat de dânsul la 100° , sub presiunea de 4 atmosfere.

— Ecuația generală a gazelor este :

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

Înlocuind datele obținem :

$$4 \times v = 2 \times 1000 (1 + 0,00367 \times 100)$$

sau

$$v = 683 \text{ litri}$$

Termometrul cu gaz.

Termometrele cu mercur, cu alcool sau cu alte lichide sunt foarte comode în practică, dar nu pot fi folosite decât în intervale restrânse de temperatură, pentru că lichidul sau îngheață, sau intră în fierbere.

De aceea se construiesc termometre, bazate pe dilatarea gazelor, numite *termometre cu gaz*.

Un balon de sticlă a (Fig. 22), cu o capacitate aproximativă de 50 de centimetri cubi, comunică, printr'un tub de cauciuc, cu un rezervor de sticlă R , care se poate mișca de-alungul unei rigle gradate.

Tubul de cauciuc și rezervorul R sunt pline cu mercur. Introducem balonul a în gheață care se topește și potrivim așa fel înălțimea tubului R , încât nive'lul mercurului în A să ajungă exact până la un semn gravat pe sticlă în s .

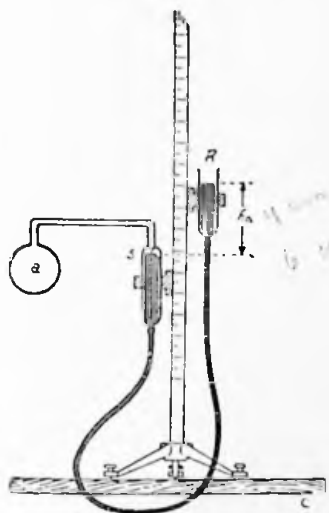


Fig. 22

În acest moment presiunea p_0 din aparat este dată de diferența de nivel a mercurului între S și R , la care se adaugă presiunea atmosferică, în momentul măsurii, citită pe un barometru.

Așadar, dacă b este presiunea barometrică și h_0 diferența de nivel între S și R , avem :

$$p_0 = h_0 + b$$

Dacă acum încălzim balonul a la o temperatură oarecare t , aerul din el se dilată și împinge coloana de mercur în tub.

Ca să readucem nivelul mercurului înapoi în S , va trebui acum să ridicăm tubul R mai sus ca înainte, deci să comprimăm aerul din aparat la a'tă presiune p , dată de diferența h între S și R , la care se adaugă presiunea barometrică b .

Așadar, de astă dată, avem :

$$p = h + b$$

Deoarece dilatarea balonului este neglijabilă, față

de la gazului dintr'insul, putem admite că, după ce am readus nivelul mercurului în S , volumul a revenit la valoarea inițială.

Aplicăm atunci formula cunoscută a dilatării sub volum constant

$$p = p_0 (1 + \alpha t)$$

și înlocuind p și p_0 prin valorile arătate mai sus, obținem :

$$h + b = (h_0 + b) (1 + \alpha t)$$

unde singura necunoscută este t .

Deducem astfel

$$t = \frac{h - h_0}{\alpha (h_0 + b)}.$$

Când avem de măsurat temperaturi mai ridicate, la care sticla se topește, înlocuim rezervorul a prin altul de porțelan sau de platină.

Câteva considerații generale asupra gazelor

Moleculele corpurilor sunt în necontenită mișcare.

Fizicienii au ajuns să demonstreze că moleculele unui corp nu stau în repaos, ci se mișcă necontenit în toate direcțiile și fără nici o ordine, în interiorul corpului. Datorită acestei mișcări, moleculele tind să se împrăstie în spațiu.

La solide și la lichide, există o forță de coeziune, care le împiedică să părăsească corpul. Gazele n'au

coheziune. Moleculele lor se împrăştie liber, în tot spaţiul, pe care-l au la dispoziţie şi de aceea sunt *expansibile*.

Mişcarea moleculelor şi lipsa de coheziune fac ca gazele să fie expansibile.

Chiar şi la solide sau la lichide, unele dintre molecule, din cauza vitesei căpătate, isbutesc să scape de atracţia celorlalte, părăsesc corpul şi fug în spaţiu. Aşa se explică evaporarea.

Să ne închipuim un gaz, închis într'un vas. Moleculele lui se mişcă desordonat în toate direcţiile, isbindu-se fără să se atragă unele pe altele. Vitesa mişcării depinde de natura gazului şi creşte cu temperatura ¹⁾.

Astfel, la temperatura de 0° moleculele de aer se mişcă cu o viteză mijlocie de 500 m/sec., pe când moleculele de hidrogen ating în mijlociu 2000 m/sec.

În mişcarea lor desordonată, moleculele se ciocnesc neconţinut unele de altele sau de pereţii vasului în care se găsesc, reflectându-se apoi, ca bilele la biliard.

Presiunea unui gaz se datoreşte ciocnirii moleculelor de pereţii vasului în care se găseşte.

Din cauza ciocnirilor pe pereţi, rezultă o presiune, care se înţelege uşor că trebuie să fie cu atât mai mare, cu cât viteza moleculelor e mai mare, aşadar cu cât temperatura e mai ridicată. De altfel *aceiaşi lucru îl arată şi legile lui Gay-Lussac*.

¹⁾ Căldura pe care o dăm unui gaz serveşte, prin urmare, ca să mărească viteza agitaţiei moleculare. Acelaşi lucru se întâmplă şi la corpurile solide sau lichide. De aceea agitaţia moleculară se mai numeşte şi «*agitaţie termică*».

de la gazului dintr'însul, putem admite că, după ce am readus nivelul mercurului în S , volumul a revenit la valoarea inițială.

Aplicăm atunci formula cunoscută a dilatării sub volum constant

$$p = p_0 (1 + \alpha t)$$

și înlocuind p și p_0 prin valorile arătate mai sus, obținem :

$$h + b = (h_0 + b) (1 + \alpha t)$$

unde singura necunoscută este t .

Deducem astfel

$$t = \frac{h - h_0}{\alpha (h_0 + b)}.$$

Când avem de măsurat temperaturi mai ridicate, la care sticla se topește, înlocuim rezervorul a prin altul de porțelan sau de platină.

Câteva considerații generale asupra gazelor

Moleculele corpurilor sunt în necontenită mișcare.

Fizicienii au ajuns să demonstreze că moleculele unui corp nu stau în repaos, ci se mișcă necontenit în toate direcțiile și fără nici o ordine, în interiorul corpului. Datorită acestei mișcări, moleculele tind să se împrăștiu în spațiu.

La solide și la lichide, există o forță de coeziune, care le împiedică să părăsească corpul. Gazele n'au

coheziune. Moleculele lor se împrăştie liber, în tot spaţiul, pe care-l au la dispoziţie şi de aceea sunt *expansibile*.

Mişcarea moleculelor şi lipsa de coheziune fac ca gazele să fie expansibile.

Chiar şi la solide sau la lichide, unele dintre molecule, din cauza vitesei căpătate, isbutesc să scape de atracţia celorlalte, părăsesc corpul şi fug în spaţiu. Aşa se explică evaporarea.

Să ne închipuim un gaz, închis într'un vas. Moleculele lui se mişcă desordonat în toate direcţiile, isbindu-se fără să se atragă unele pe altele. Vitesa mişcării depinde de natura gazului şi creşte cu temperatura ¹⁾.

Astfel, la temperatura de 0° moleculele de aer se mişcă cu o viteză mijlocie de 500 m/sec., pe când moleculele de hidrogen ating în mijlociu 2000 m/sec.

În mişcarea lor desordonată, moleculele se ciocnesc neconţinut unele de altele sau de pereţii vasului în care se găsesc, reflectându-se apoi, ca bilele la biliard.

Presiunea unui gaz se datoreşte ciocnirii moleculelor de pereţii vasului în care se găsesc.

Din cauza ciocnirilor pe pereţi, rezultă o presiune, care se înţelege uşor că trebuie să fie cu atât mai mare, cu cât viteza moleculelor e mai mare, aşadar cu cât temperatura e mai ridicată. De altfel *acelaşi lucru îl arată şi legile lui Gay-Lussac*.

¹⁾ Căldura pe care o dăm unui gaz serveşte, prin urmare, ca să mărească viteza agitaţiei moleculare. Acelaşi lucru se întâmplă şi la corpurile solide sau lichide. De aceea agitaţia moleculară se mai numeşte şi «*agitaţie termică*».

De a'tă parte, dacă comprimăm gazul, apropiem moleculele unele de altele și în unitatea de volum vom avea mai multe molecule decât înainte. Numărul de ciocniri, pe anumită suprafață a pereților, va fi atunci mai mare și presiunea va crește.

De pildă, dacă micșorăm volumul gazului de două ori, numărul de molecule pe centimetrul cub se dublează și ciocnirile pe pereți vor fi și ele de două ori mai numeroase.

Legile lui Boyle-Mariotte și Gay-Lussac sunt o consecință a mișcării moleculelor gazului.

Ca urmare, presiunea va crește de două ori.

Ori aceasta nu-i decât legea lui Boyle-Mariotte, dedusă pe cale de raționament.

La presiunea atmosferică de 760 mm, și temperatura de 0° , un centimetru cub de gaz conține 27×10^{18} molecule. (27 urmat de 18 nule). Așa de multe, încât ne-ar trebui cam 500 de miliarde de ani ca să le numărăm pe toate, admitând că am putea număra zi și noapte câte 100 pe minut.

Distanța între molecule, în aceleași condiții de presiune și temperatură, este cam de $\frac{3}{10.000.000}$ dintr'un centimetru, iar diametrul moleculei, care variază cu natura gazului, este, în mijlociu, de $\frac{5}{100.000.000}$ dintr'un centimetru.

Așadar distanța, între două molecule, este cam de zece ori mai mare decât diametrul lor.

Particulele solide, în suspensie într'un lichid, se mișcă sub loviturile primite dela moleculele lichidului. Fenomenul se numește mișcare browniană.

Mișcarea Browniană. Mișcarea moleculelor poate fi arătată experimental, privind la microscop o picătură de apă, în care se găsesc particule mici în suspensie.

Isbite din toate părțile de moleculele lichidului, pe care nu le putem vedea, aceste particule par cuprinse de un tremurat continuu. Se clatină și se mișcă, fără nici o regulă, în toate direcțiile, fără să se oprească vreodată, cum se clatină o barcă

lovită de valuri. Experiența se poate face ușor, cu un microscop care mărește de cel puțin 1000 de ori, privind o picătură de apă, în care am pus o cantitate mică de tuș de China. Se știe că tușul conține, în suspensie, mici particule de cărbune de fum, pe care le vedem agitându-se

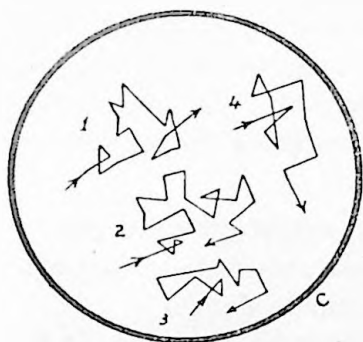


Fig. 23

câmpul microscopului.

Fenomenul poartă numele de «*mișcare browniană*», după numele botanistului englez *Brown*, care l-a descoperit pe la 1827.

Figura 23 arată drumul urmat de patru particule, observate sub microscop.

Gaze perfecte și gaze reale

Legea lui Boyle-Mariotte, formulată prin relația cunoscută

$$p \cdot v = \text{Const.}$$

ne arată că volumul unui gaz scade, pe măsură ce crește presiunea și că, dacă presiunea ar crește peste orice limită, volumul ar trebui să tindă către zero.

Am spus că gazele pot fi lesne comprimate, pentru că moleculele lor sunt foarte depărtate unele de altele.

Dar, dacă mărim presiunea peste anumită limită, ajungem să le îngrădăm până într'atâta, încât să suprimăm spațiile intermoleculare. De aici înainte gazul rezistă compresiunii, pentru că moleculele însăși nu sunt compresibile.

Oricât am comprima un gaz nu-i putem aduce volumul la zero.

Așadar, oricât am mări presiunea unui gaz, nu izbutim să-i aducem volumul la zero.

Tot ce putem face este să suprimăm spațiile intermoleculare și să-l aducem astfel la *volumul real al moleculelor*.

Rezultă că, la presiuni foarte mari, volumul scade mai încet decât prevede legea lui Boyle-Mariotte și ca urmare produsul $p \cdot v$ nu mai rămâne constant, ci crește odată cu presiunea.

Fizicienii au verificat cu deamănuntul legea lui Boyle-Mariotte, până la presiuni de câteva mii de atmosfere și au constatat că, în adevăr, *produsul $p \cdot v$ crește cu presiunea, la presiunile mari*.

Dar ei au mai constatat că, din contra, la presiunile mijlocii, gazele se comprimă, în general, mai tare decât prevede legea lui *Boyle-Mariotte* și că, în acest caz, *produsul $p v$ scade, când crește presiunea*. Numai hidrogenul face excepție. La dânsul, *produsul $p v$ crește neconținut, odată cu presiunea*.

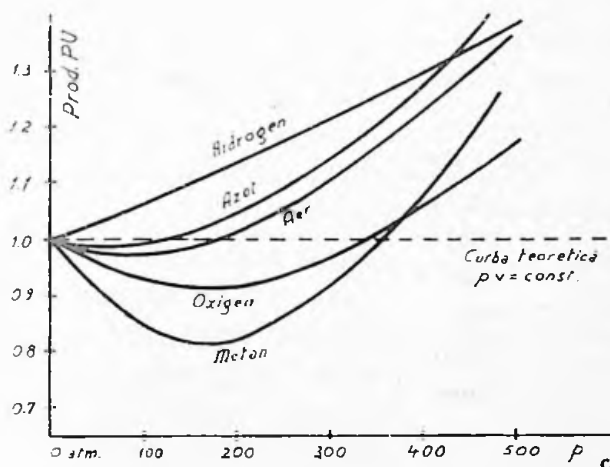


Fig. 24.

Curbele din figura 24 arată cum variază produsul $p v$ cu presiunea, la diferite gaze, la temperatura constantă de 0° . Dacă legea lui *Boyle-Mariotte* ar fi exactă, toate curbele ar trebui să se confunde cu linia orizontală punctată.

Legea lui Boyle-Mariotte nu se aplică decât la presiuni mici.

Așadar, legea lui *Boyle-Mariotte* nu-i decât o lege aproximativă și se aplică numai la presiunile mici. La presiunile mari gazele se comprimă mai puțin decât prevede legea și produsul $p v$ crește cu presiunea, iar la presiunile mijlocii gazul este mai

compresibil decât prevede legea și produsul $p \cdot v$ scade cu presiunea.

Legile lui Gay-Lussac nu se aplică la temperaturile prea joase.

După cum legea lui Boyle-Mariotte este o lege aproximativă, tot așa și legile lui Gay-Lussac sunt legi aproximative.

S'a constatat experimental că la temperaturile prea joase gazele devin mai puțin dilatabile și α are o valoare mai mică decât $\frac{1}{273}$.

Nu se cunoaște nici un gaz care să urmeze exact legile lui Boyle-Mariotte și Gay-Lussac, în orice condiții de presiune și de temperatură.

Gazul ideal, spre deosebire de gazele reale, urmează exact și în orice condiții legile lui Boyle-Mariotte și Gay-Lussac.

Ne vom închipui totuși, în cele ce urmează, că un asemenea gaz există și-l vom numi *gaz perfect* sau *gaz ideal*, spre deosebire de gazele cunoscute, care sunt *gaze reale*.

Este ușor de înțeles că, pentruca gazul ideal să poată urma exact legile lui Boyle-Mariotte și Gay-Lussac, trebuie să admitem, de la început, că moleculele lui n'au volum propriu, ci se prezintă ca niște simple puncte geometrice, fără dimensiuni.

Temperaturi absolute.

Când am fixat temperatura de topire a gheții la 0° am făcut această convenție numai ca să putem stabili o scară termometrică. Am ales ghiața, fiindcă apa este corpul cel mai răspândit pe suprafața pământului,

dar tot așa am fi putut fixa temperatura de 0° la punctul de fierbere al alcoolului, de pildă.

Așadar *punctul zero nu-i decât un punct convențional de plecare al scării termometrice* și nu trebuie considerat ca un *zero absolut*, ci ca un *zero relativ*, pe care-l putem alege după voie.

Dacă ne gândim numai la temperatura corpurilor, fără s'o legăm de alte fenomene fizice, se înțelege de la sine că n'are nici un sens să vorbim de un zero absolut de temperatură, pentru că, oricât de rece ar fi un corp, nu putem admite că n'ar exista un altul mai rece decât dânsul.

Lucrurile se schimbă însă, dacă legăm temperatura de alte fenomene fizice, de pildă de dilatarea gazelor.

Relația cunoscută

$$(9) \quad v = v_0 \left(1 + \frac{1}{273} t\right)$$

La temperatura de -273°C . volumul unui gaz perfect s'ar reduce la zero.

în care facem $t = -273^{\circ}$, ne arată că *dacă am răci un gaz perfect până la -273° centigrade, volumul lui s'ar reduce la zero.*

De altă parte relația

$$(10) \quad p = p_0 \left(1 + \frac{1}{273} t\right)$$

La -273°C , mișcarea moleculelor unui gaz perfect ar trebui să înceteze.

ne arată că la -273°C . presiunea unui gaz perfect se anulează. Cum presiunea unui gaz se datorește mișcării moleculelor, rezultă

că la această temperatură mișcarea moleculară trebuie să înceteze.

Temperatura de -273°C se numește zero absolut și servește ca punct de plecare pentru scara temperaturilor absolute.

Vom conveni să numim temperatura de -273°C . *zero absolut*.

Avem astfel o nouă scară de temperaturi, a cărei zero se găsește la -273°C . și care se numește *scara temperaturilor absolute*.

În cinstea fizicianului englez *Lord Kelvin*¹⁾ vom numi gradele de temperatură absolută *grade Kelvin* și le vom însemna cu litera *K*.

Trecerea dela scara centesimală la scara absolută este foarte ușară.

Se vede imediat că 0° centigrade reprezintă 273°K . Tot așa temperaturii de $+10^{\circ}\text{C}$. îi corespund, pe scara absolută, $273 + 10 = 283^{\circ}\text{K}$; iar temperaturii de -7°C . îi corespund $273 - 7 = 266^{\circ}\text{K}$.

Ca să evităm neînțelegerile, vom nota, în orice formulă, temperatura absolută cu *T*, spre deosebire de temperatura relativă, pe care am notat-o până acum cu *t*.

Zero absolut nu poate fi atins. Pe scara absolută nu există temperaturi negative.

Cercetările teoretice ale fizicianului german *Nernst*²⁾ au arătat că *ne putem apropia oricât de zero absolut, dar nu-l vom putea*

¹⁾ *William Thomson* (1824-1907). Celebru fizician și matematician englez. S'a făcut cunoscut prin cercetări fundamentale asupra căldurii și electricității. Ca răsplată pentru meritele lui i s'a dat titlul de *Lord Kelvin*.

²⁾ *Walter Nernst*. Profesor la Universitatea din Berlin.

atinge niciodată. Așadar pe scara absolută nu există temperaturi negative.

Observație. Cercetările făcute în ultimul timp, cu cea mai mare precizie posibilă, au arătat că valoarea exactă a coeficientului α este $1/_{273,18}$. Prin urmare zero absolut de temperatură se găsește de fapt la $-273,18^{\circ}\text{C}$ și nu la -273°C .

În observațiile curente, care nu cer o precizie deosebită, vom admite însă, cu aproximație, valoarea rotunjită $\alpha = 1/_{273}$.

De curând fizicianul *de Haas*, care lucrează la *Leyda* în Olanda, într'un laborator anume înzestrat pentru studiul temperaturilor joase, a isbutit să obție temperatura de $0,001^{\circ}\text{K}$, apropiindu-se astfel de zero absolut, până la $1/1000$ dintr'un grad. Aceasta este cea mai joasă temperatură, realizată până acum în laborator.

E probabil că în spațiul interplanetar dominește o temperatură foarte vecină de -273° .

În direcția cealaltă, a temperaturilor înalte, se știe că arcul voltaic dă, sub presiunea atmosferică, până la $+3500^{\circ}$, dar, dacă-l producem într'un gaz sub presiune, temperatura lui se urcă la $+6000^{\circ}$ și-i probabil că se va putea atinge în curând $+8000^{\circ}$ pe aceeași cale.

Prin arderea în oxigen a hidrogenului, preparat în anumit mod, (hidrogen atomic) se pot obține temperaturi de peste $+3500^{\circ}$.

Trecând un curent electric foarte puternic, printr'un fir de *tungsten*, fizicianul *Anderson* a putut realiza, timp de o fracțiune de secundă, o temperatură de peste $+20.000$ de grade. Se pare că la această temperatură hidrogenul poate fi prefăcut în heliu.

Temperatura fotosferei solare este de aproximativ 6000°K ,

dar avem motive să credem că centrul lui atinge 30.000.000 de grade¹⁾).

CĂLDURI SPECIFICE-CALORIMETRIE

Într-o bae cu apă în clocote, încălzim mai multe bile de aceeași greutate, dar din substanțe diferite, de pildă, plumb, cupru și fer. În câteva minute, bilele iau temperatura apei. Dacă le scoatem acum și le punem pe o bucată de gheață²⁾, ele cedează căldură gheții, o topesc și se cufundă înăuntru, până când temperatura lor se coboară la 0°.

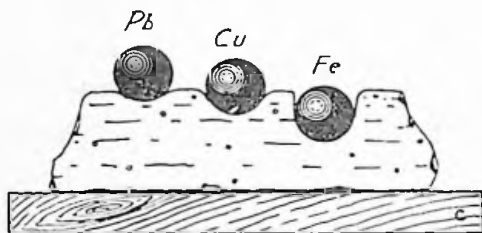


Fig. 25.

Constatăm însă că nu toate bilele se cufundă la fel. Bila de fer se cufundă cel mai adânc, cea de cupru mai puțin și cea de plumb și mai puțin.

Deducem că bila de fer, răcindu-se dela +100° la

1) În privința temperaturilor foarte înalte sau foarte joase, se poate consulta cu folos :

«La science et la vie», No. 201 și 202 din 1934 și No. din Martie 1938, precum și «Revista Științifică V. Adamachi» No. 1 și 4 din 1935.

2) În lipsă de gheață se poate lua un bloc de parafină sau de ceară de albine.

0° cedează gheții mai multă căldură decât celelalte¹⁾).

Cântărind apa lichidă, rezultată din topirea gheții, constatăm că mai multe bile, făcute din aceeași substanță și încălzite la aceeași temperatură, topesc o cantitate de gheață direct proporțională cu greutatea lor și cu temperatura, la care au fost încălzite la început.

Un corp, a cărui temperatură variază, absoarbe sau cedează o cantitate de căldură, care depinde de natura lui și este direct proporțională cu greutatea și cu variația temperaturii.

Așadar, *cantitatea de căldură pe care o cedează un corp când se răcește, depinde de substanță și este direct proporțională cu greutatea lui și cu variația temperaturii în urma răcirii.*

Tot așa, *când încălzim un corp, trebuie să-i dăm o cantitate de căldură, care depinde de natura substanței și este direct proporțională cu greutatea și cu creșterea temperaturii.*

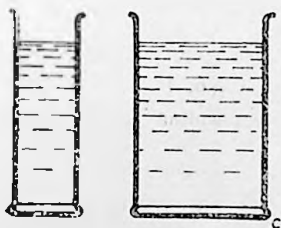


Fig. 26.

1) Nu trebuie confundată noțiunea de *cantitate de căldură* cu noțiunea de *temperatură*. Din cele arătate mai sus, am văzut că două corpuri pot să aibă aceeași temperatură și totuși să conțină cantități de căldură diferite, tot așa cum două vase pot să conțină cantități diferite de lichid, cu toate că nivelul este același în amândouă. (Fig. No. 26).

Cantitatea de căldură, necesară ca să variem cu un grad temperatura unui gram dintr'un corp oarecare, este căldura specifică a corpului.

Caloria mică este cantitatea de căldură, necesară ca să variem temperatura unui gram de apă distilată cu un grad centigrad.

Această unitate, astfel definită, se numește *calorie mică*.

Se întrebuințează uneori și *caloria mare*, care reprezintă cantitatea de căldură, necesară ca temperatura unui kilogram de apă să varieze cu un grad centigrad.

Caloria mare este deci de 1000 de ori mai mare decât caloria mică.

Tabloul de mai jos dă căldurile specifice ale câtorva corpuri, exprimate în calorii/gram :

Apa = 1

<i>Mercur</i>	<i>0,033</i>	<i>Sticlă</i>	<i>0,187</i>
<i>Plumb</i>	<i>0,031</i>	<i>Argint</i>	<i>0,056</i>
<i>Fer</i>	<i>0,110</i>	<i>Alcool</i>	<i>0,540</i>
<i>Cupru</i>	<i>0,093</i>	<i>Ēter</i>	<i>0,523</i>

Căldura specifică. Cantitatea de căldură, necesară ca să variem cu un grad centigrad temperatura unui gram dintr'un corp oarecare se numește căldură specifică.

Caloria. Ca unitate de cantitate de căldură s'a luat căldura specifică a apei, așadar cantitatea de căldură, necesară ca să variem cu un grad centigrad temperatura unui gram de apă distilată.

Ecuatia căldurilor specifice. Fie c căldura specifică a unui corp oarecare. Ca să variem cu un grad centigrad temperatura unui gram din acel corp, ne trebuie c calorii. Dar dacă, în loc de un gram, corpul ar cântări m grame, ne-ar trebui cantitatea de căldură mc , iar dacă am vrea să-i ridicăm temperatura de la t_0 la , ne-ar trebui cantitatea de căldură.

$$(12) \quad Q = m c (t_1 - t_0)$$

calorii.

Capacitatea calorică a unui corp este produsul între greutatea și căldura lui specifică.

Produsul mc , care exprimă cantitatea de căldură, de care avem nevoie ca să variem cu un grad centigrad temperatura unui corp de greutate m , este, prin definiție, capacitatea calorică a corpului.

Produsul între căldura specifică a unui element și ponderea lui atomică are aproximativ valoarea 6,4.

Capacitatea calorică atomică. Fizicienii Dulong și Petit au observat că produsul între căldura specifică a unui corp simplu și greutatea lui atomică este constant, pentru cele mai multe corpuri și are aproximativ valoarea 6,4.

Așadar p fiind ponderea atomică a unui element și c căldura lui specifică, avem :

$$(13) \quad cp = 6,4.$$

Această formulă ne permite să deducem ponderea atomică a unui element, când cunoaștem căldura lui specifică.¹⁾

1) Formula (13) se aplică cel mai bine la elementele cu ponderea atomică mare.

Astfel, căldura specifică a plumbului fiind 0,031, rezultă că ponderea lui atomică este

$$p = \frac{6,4}{0,031} = 206$$

Metodele mai precise au dat pe altă cale 207. La fel putem calcula căldura specifică, dacă cunoaştem ponderea atomică.

Calorimetrie

Operația prin care măsurăm o cantitate de căldură se numește calorimetrie.

Operația prin care măsurăm o cantitate de căldură se numește *calorimetrie*, iar aparatul cu care facem măsura se numește *calorimetru*.

Se cunosc mai multe metode de măsură. O vom descrie pe cea mai întrebuințată, numită «*metoda amestecurilor*».

Principiul acestei metode este următorul :

Când două corpuri de temperaturi diferite vin în contact, corpul mai cald cedează din căldura lui celui rece, până când, stabilindu-se un «*echilibru termic*».

Corpurile calde cedează căldură corpurilor reci, cu cari vin în contact, până când temperaturile se egalizează.

amândouă corpurile capătă aceeași temperatură. De pildă, dacă amestecăm un litru de apă de 40°, cu un litru de apă de 0°, capătăm doi litri de apă de 20°. Apa caldă se răcește cu 20° și cedează astfel 20 de calorii mari, pe care le ia apa rece, ca să se încălzească cu 20°.

Cantitatea de căldură, cedată de corpul mai cald este egală cu aceea primită de corpul mai rece.

Așadar cantitatea de căldură pierdută de apa caldă este exact compensată de cantitatea de căldură primită de apa rece.

Ca să măsurăm cantitatea de

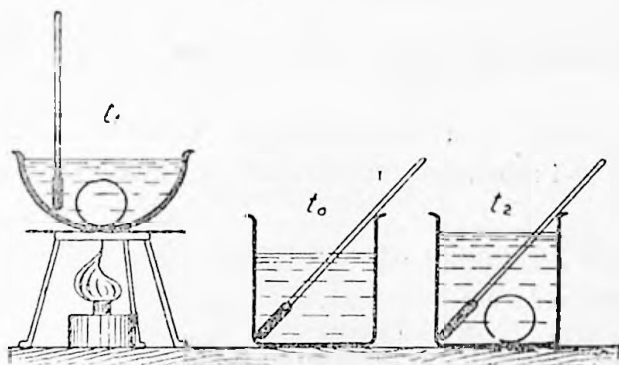


Fig. 27

căldură pierdută sau câștigată de un corp, este de ajuns să-l încălzim la o temperatură cunoscută și să-l răcim apoi, punându-l în contact cu un corp mai rece, a cărui căldură specifică o cunoaștem. Bunăoară îl putem cufunda într-o cantitate cunoscută de apă rece.

După ce s'a stabilit echilibrul termic, măsurăm temperatura și deducem cantitatea de căldură luată de apă, evident egală cu aceea pierdută de corp. Operația o facem într'un «calorimetru», care constă dintr'un vas de metal c cu pereții subțiri (Fig. 28).

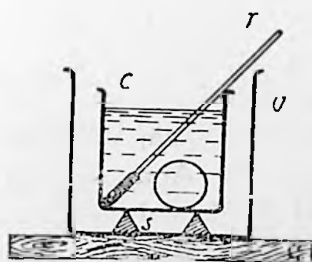


Fig. 28

Pentru a pune calorimetrul la adăpost de curenții de aer cari tind să-l răcească și pentru a micșora pierderile de căldură prin radiare, se obișnuiește să se introducă

vasul c într'un alt vas mai mare V , de care-l izolăm prin suporturi de plută S .

Corpul, a cărui căldură specifică vrem s'o măsurăm, este mai întâi încălzit într-o baie cu apă. (Fig. 27)

Fie m greutatea corpului și t_1 temperatura băii.

În calorimetru introducem o cantitate cunoscută de apă și-i măsurăm temperatura inițială.

Fie M greutatea apei în grame și t_0 temperatura ei inițială.

Scoatem corpul din baie, îl cufundăm în calorimetru și agităm apa încet. Corpul cedează atunci căldură apei și-i urcă temperatura.

Fie t_2 temperatura finală, după stabilirea echilibrului termic.

Căldura specifică a corpului o notăm cu c .

Când temperatura variază de la t_1 la t_2 corpul pierde cantitatea de căldură :

$$Q_1 = (t_1 - t_2) mc \quad \text{calorii.}$$

În acest timp apa din calorimetru, a cărei temperatură se urcă de la t_0 la t_2 , primește cantitatea de căldură

$$Q_2 = (t_2 - t_0) M \quad \text{calorii.}$$

Cum căldura pierdută de corp egalează pe aceea primită de apă, vom avea :

$$Q_1 = Q_2$$

sau, ceia ce-i tot una,

$$cm (t_1 - t_2) = M (t_2 - t_0),$$

relație în care toate cantitățile sunt cunoscute, afară de c . De aci deducem :

$$(14) \quad \boxed{c = \frac{M (t_2 - t_0)}{m (t_1 - t_2)}} \text{ cal./gr.}$$

Se înțelege ușor că numai apa din calorimetru ia din căldura corpului, ci și pereții de metal ai vasului imaginează o cantitate de căldură, de care trebuie să ținem seamă, dacă vrem să obținem rezultate exacte.

Greutatea vasului gol fiind M_1 și căldura specifică a substanței din care-i făcut fiind C_1 , căldura luată de vasul calorimetric, atunci când temperatura variază de la t_0 la t_2 este :

$$Q_3 = (t_2 - t_0) M_1 C_1$$

În virtutea celor arătate mai sus, vom avea

$$Q_1 = Q_2 + Q_3$$

sau, înlocuind Q_1 , Q_2 și Q_3 prin valorile lor avem

$$cm (t_1 - t_2) = M (t_2 - t_0) + C_1 M_1 (t_2 - t_0)$$

care se mai poate scrie

$$cm (t_1 - t_2) = (M + M_1 C_1) (t_2 - t_0)$$

de unde deducem căldura specifică a corpului

$$15) \quad \boxed{c = \frac{(M + M_1 C_1) (t_2 - t_0)}{m (t_1 - t_2)}}$$

Această formulă diferă de formula (14) numai prin aceea că la numărător, la cantitatea de apă M , se adaugă capacitatea calorifică $M_1 C_1$ a vasului calorimetric, pe care o vom numi *equivalent în apă al calorimetrului*.

Observații 1) La corpurile care admit stări alotropice fiecărei stări alotropice îi corespunde altă căldură specifică. De pildă, diamantul are căldura specifică 0,15, pe când grafitul are căldura specifică 0,24. Acest fapt ne dă mijlocul de a studia și pune în evidență stările alotropice.

2) Pentru același corp, căldura specifică e mai mare la starea lichidă, decât la starea solidă. De pildă, căldura specifică a gheții este 0,5, pe când apa are căldura specifică 1.

3) Dacă temperatura unui corp se depărtează prea mult de temperatura ordinară, căldura lui specifică se schimbă. Variația e mai mare la lichide decât la solide.

Exemple numerice. 1) *Un corp, care cântărește 100 gr. și are căldura specifică 0,5, este încălzit la 100° și pus în 500 gr. de apă la temperatura de 10° . Care va fi temperatura finală a amestecului?*

— Ne servim de formula

$$(14) \quad cm(t_1 - t_2) = M(t_2 - t_0)$$

de unde, înlocuind datele, avem :

$$0,5 \times 100(100 - t_2) = 500(t_2 - 10)$$

sau

$$50(100 - t_2) = 500(t_2 - 10)$$

de unde

$$10.000 = 550 t_2$$

sau

$$t_2 = \frac{1000}{55} = 18,18$$

2) *In 25 de grame de apă la 12° punem un corp de 10*

grame la 80° . Amestecul ia temperatura finală de 14° . Care-i căldura specifică a corpului?

— Ne servim de formula

$$(14) \quad c = \frac{M (t_2 - t_0)}{m (t_1 - t_2)}$$

unde înlocuim datele și avem :

$$c = \frac{25 (14 - 12)}{10 (80 - 14)} = 0,07 \text{ cal./gr.}$$

Căldura specifică a gazelor

Când dăm căldură unui corp, temperatura lui se ridică și corpul se dilată. Dar nu toată căldura ce-i dăm contribuie la ridicarea temperaturii.

Un corp, care se dilată, trebuie să lupte în contra presiunii atmosferice, care-l apasă și de aceea o parte din căldura absorbită servește tocmai ca să-l facă să învingă această presiune.

La solide și la lichide dilatarea este mică și absoarbe o cantitate de căldură neglijabilă. La gaze însă dilatarea este mult mai mare, și căldura absorbită de dânsa nu mai poate fi neglijată.

1) Când gazul este încălzit într'un spațiu închis, la volum constant, căldura absorbită servește numai să urce temperatura.

Vom însemna căldura lui specifică la volum constant prin C_v .

De oarece dilatarea consumă o parte din căldura absorbită de gaz. $C_p > C_v$.

2) Când gazul se dilată liber, la presiune constantă, o parte din căldura absorbită servește ca să-l ajute să se dilate.

Vom însemna căldura specifică la presiune constantă prin C .

Este evident, în urma celor arătate mai sus, că

$$C_p > C_v.$$

Se știe că moleculele corpurilor sunt formate din atomi și că numărul atomilor, cari se unesc pentru a forma o moleculă, depinde de natura corpului. Bunăoară molecula de oxigen, de azot sau de hidrogen este formată din doi atomi, iar molecula de ozon este formată din trei atomi, cași molecula de bioxid de carbon.

La alte corpuri, molecula poate să conție un număr și mai mare de atomi. Astfel molecula de acid sulfuric are 7 atomi, iar molecula de alcool 9 atomi.

Gazele nobile (argon, neon, etc.) cași vaporii de mercur au molecula formată dintr'un singur atom.

La gazele cu același număr de atomi în moleculă produsul $C_p \times D$ este constant.

Experiența arată că produsul între căldura specifică sub presiune constantă a unui gaz și densitatea lui, are aceeași valoare la toate gazele, la care moleculele sunt formate din același număr

de atomi.

Avem așadar

$$C_p \times D = \text{Const.}$$

Aceasta este legea lui *Delaroche și Bérard*.

Tabloul de mai jos dă valorile produsului $C_p \times D$ la câteva gazuri cu molecula biatomică.

	Densitatea	C	No. de ațomi în mol.	$C_p \times D$
Oxygen	0,00142	0,218	2	0,000306
Azot	0,00125	0,244	2	0,000305
Hidrogen	0,000898	3,400	2	0,000305

La gazele cu același număr de ațomi în moleculă raportul $\frac{C_p}{C_v}$ este același. Când numărul de ațomi din moleculă crește, raportul $\frac{C_p}{C_v}$ scade, apropiindu-se de unitate.

Tot experiența arată că la un gaz oarecare raportul C_p/C_v are valoarea 1,6 pentru gazele cu molecula formată dintr'un singur atom, 1,4 pentru cele cu molecula biatomică și scade, apropiindu-se de unitate, pe măsură ce numărul de ațomi din moleculă crește.

Aceasta este legea lui Clément și Désormes.

Tabloul de mai jos dă valoarea raportului C_p/C_v la câteva gaze.

	Atomi în molec.	C_p/C_v		Atomi în molec.	C_p/C_v
Oxygen	2	1,4	Argon	1	1,60
Azot	2	1,4	CO_2	3	1,30
Hidrogen	2	1,4	Alcool (vapori)	9	1,15
Helium	1	1,6	Eter (vapori)	15	1,09

Aceste legi pot fi aplicate cu folos ori de câte ori vrem să aflăm din câți ațomi este formată molecula unui gaz oarecare.

SCHIMBĂRI DE STARE

a) Topirea corpurilor.

Trecerea corpurilor prin încălzire din starea solidă în starea lichidă se numește topire. Fenomenul invers topirii este solidificarea.

Mai toate corpurile solide se transformă în lichide, când le încălzim. Fenomenul se numește topire sau fusiune. Prin răcire lichidul redevine solid. Fenomenul

acesta, invers topirii, se numește solidificare. Există numeroase corpuri, care nu ajung să se topească,

pentru că se descompun prin încălzire. Bunăoară lemnul nu se topește ci *arde*.

Alte corpuri, de pildă anhidrida arsenioasă, iodul sau sublimatul corosiv, în loc să se topească, trec direct din starea solidă în starea de vapori și invers fără să mai treacă prin starea lichidă.

Trecerea unui corp, de dreptul, din starea solidă în cea gazoasă și invers se numește sublimare.

Astfel, dacă încălzim într'un balon de sticlă câțiva cristali de iod, vedem cum balonul se umple cu vapori violeti, cari apoi se solidifică pe pereții lui. Fenomenul se numește *sublimare*.

De asemeni există corpuri, ca sticla sau ferul care, înainte de a se topi, se moaie și trec prin toate stările intermediare între starea solidă și cea lichidă. Prin încălzire ele devin *plastice* și nu putem aprecia momentul exact al topirii. Nu ne vom ocupa decât de corpurile care, cum e de pildă gheața, trec direct din starea solidă în starea lichidă.

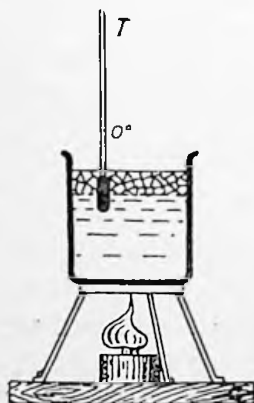


Fig. 29.

Temperatura de topire. Punem gheață într'un vas și o încălzim. Gheața se topește mai încet sau mai repede, după cât încălzim de tare, dar oricum am încălzi, câtă vreme mai există încă bucăți de gheață netopită, termometrul arată mereu 0° , fiindcă toată căldura pe care o dăm este întrebuințată numai pentru topirea gheții. Temperatura nu începe să se urce, decât în momentul când gheața s'a

topit complet.

Repetând experiența, găsim întotdeauna aceeași temperatură de topire, dacă presiunea atmosferică nu variază.

Vom vedea mai departe ce efect au variațiile de presiune asupra topirii. Deocămdată, din cele arătate mai sus, putem deduce următoarele legi :

Fiecare corp are o anumită temperatură de topire. În tot timpul topirii, temperatura rămâne neschimbată, dacă presiunea nu variază.

1) *Fiecare corp are o anumită temperatură de topire.*

2) *Dacă presiunea nu variază, temperatura rămâne neschimbată în tot timpul topirii.*

Aceste legi nu se aplică decât când topim o singură substanță și nu un amestec de mai multe substanțe. Astfel, dacă topim smoală sau ceară roșie, care sunt amestecuri, temperatura variază, în timpul topirii.

Putem folosi această însușire ca să deosebim o substanță pură de un amestec de mai multe substanțe.

Dacă temperatura crește în timpul topirii, în loc să rămâne constantă, avem un amestec.

Tabloul de mai jos dă temperaturile de topire ale câtorva corpuri.

<i>Alcool ord.</i>	$- 130^{\circ}$	<i>Aur</i>	$+ 1065^{\circ}$
<i>Mercur</i>	$- 39^{\circ}$	<i>Cupru</i>	$+ 1082^{\circ}$
<i>Ghiafa</i>	0°	<i>Fonta</i>	$+ 1230^{\circ}$
<i>Staniu</i>	$+ 231^{\circ}$	<i>Fer</i>	$+ 1505^{\circ}$
<i>Plumb</i>	$+ 327^{\circ}$	<i>Platină</i>	$+ 1750^{\circ}$
<i>Aluminu</i>	$+ 657^{\circ}$	<i>Quartz</i>	$+ 1780^{\circ}$
<i>Argint</i>	$+ 960^{\circ}$	<i>Tungsten</i>	$+ 3200^{\circ}$

Sticla ordinară $+ 700^{\circ} - 800^{\circ}$

Dintre metale, cel mai greu fusibil este *tungstenul*.

care servește la, farbicarea filamentelor din becurile electrice.

Substanțele greu fusibile se numesc *refractare*. Substanțele greu fusibile se numesc *refractare*.

O substanță refractară, foarte întrebuințată în industrie la construirea cuptoarelor, este *șamota*.

Temperatura de topire a aliajelor poate fi mai coborâtă decât a oricăruia din metalele care intră în compunerea lor.

Temperatura de topire a aliajelor. Aliajele se topesc de multe ori la temperatură mai joasă decât oricare din metalele care intră în compunerea lor.

Astfel, pe când plumbul se topește la $+327^{\circ}$ și staniul la $+231^{\circ}$, un alaj în părți egale de plumb și staniu se topește la $+200^{\circ}$.

Tot așa aliajul lui Wood, compus din cadmiu, staniu, plumb și bismut se topește la $+68^{\circ}$, deși niciunul din aceste metale nu se topește mai jos de 200° .

Aplicații. Temperaturile, în cuptoarele de copt sticla sau porțelanul, se pot măsura cu niște conuri de 1-2 cm. înălțime, făcute din metale sau aliaje, a

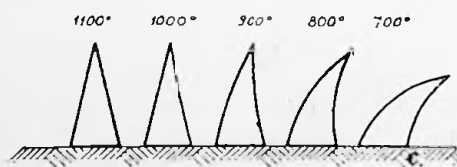


Fig. 30

căror temperatură de topire este cunoscută. Introducând aceste conuri în cuptor și observăm topirea lor.

Astfel conurile din figura 30 arată o temperatură de aproximativ $+900^{\circ}$.

Asemenea conuri sunt cunoscute sub numele de conuri Seger.

b) Solidificarea

Solidificarea urmează aceleași legi cași topirea. Temperatura de solidificare este aceeași ca la topire.

Experiența ne arată că un corp, care trece din starea lichidă în starea solidă, urmează aceleași legi ca la topire :

1) *Solidificarea are loc, pentru fiecare corp, la o temperatură anumită, egală cu temperatura de topire.*

2) *În tot timpul, cât durează solidificarea, temperatura rămâne constantă, dacă presiunea nu variază.*

Supratopire. În anumite condiții, putem răci un corp mult sub temperatura de solidificare și totuși el se menține în stare lichidă. Fenomenul se numește *supratopire* și a fost observat pentru prima oară la apă. Dacă scoatem prin fierbere aerul dizolvit în apă

și în nemișcare rămâne lichid chiar sub temperatura de topire. Fenomenul se numește *supratopire* și dispare imediat ce agităm lichidul, sau dăm drumul înlăuntru unei particule solidificate.

și apoi o răcim încet, având grijă să n'o agităm, o putem păstra în starea lichidă până sub -12° , iar în tuburi capilare sau sub forma de picături mici înghețul nu se produce decât la -20° .

Tot așa sulful, care se topește la $+115^{\circ}$, rămâne lichid chiar la temperatura ordinară, dacă-l ră-

cim încet și ne ferim să-l agităm. Același fenomen se observă și la fosfor. Dacă însă agităm un lichid, care se găsește în stare de *supratopire*, sau introducem înlăuntru câteva particule din aceeași substanță în stare solidă, solidificarea începe imediat.

Când supratopirea încetează, temperatura lichidului se urcă brusc până la punctul de topire și se menține constantă în tot timpul solidificării.

La cele mai multe corpuri solidificarea este însoțită de o micșorare a volumului.

În acest caz temperatura se ridică brusc, până la punctul de topire al corpului, apoi rămâne constantă în tot timpul solidificării.

Influența presiunii asupra topirii. *Experiența ne arată că, în general, corpurile își micșorează volumul, când se solidifică.*

Astfel, dacă turnăm într'un vas parafină topită și o lășăm să se întărească, în mijlocul blocului solid apare totdeauna o cavitate, din cauza micșorării volumului în timpul solidificării. Această contracțiune a volumului, prin solidificare, nu trebuie confundată cu fenomenele de dilatare propriu zisă.

În timpul topirii, din contra, se observă o creștere bruscă a volumului.

Dacă încălzim un corp și-i măsurăm volumul, pe

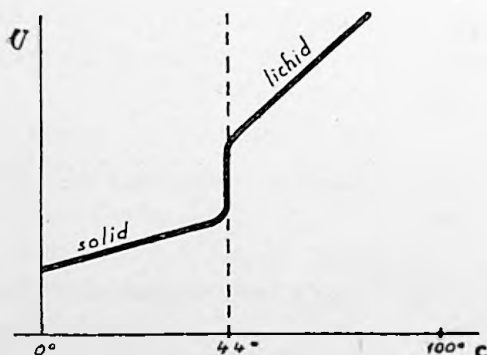


Fig. 31

măsură ce temperatura crește, observăm o creștere regulată, datorită dilatării.

Urmează apoi o mărire bruscă a volumului în timpul topirii, după care lichidul

dul rezultat se dilată mai departe, potrivit legilor cunoscute ale dilatării.

Acest lucru se vede mai bine din curba a'ăturată, (Fig. 31), care arată cum variază volumul cu temperatura la for. Topirea fiind neapărat însoțită de o creștere a volumului, este de prevăzut că, dacă ne opunem acestei creșteri de volum, exercitând apăsări prin care comprimăm substanța, împiedicăm totodată și topirea.

Temperatura de topire a unui corp crește cu presiunea.

Experiența ne arată că, în adevăr, un corp se topește cu atât mai greu, cu cât suferă o apăsare mai mare.

Tabloul de mai sus arată limpede variația temperaturii de topire cu presiunea la parafină.

<i>Presiunea în atmosfera</i>	<i>Temperatura de topire</i>
1	+ 50°
85	+ 49°
100	+ 46°

Există corpuri, între care apa, care-și măresc volumul când se solidifică. La aceste corpuri temperatura de solidificare scade când crește presiunea.

Există corpuri, la care, prin excepție, schimbarea de volum în timpul topirii se face invers ca la celelalte corpuri. De pildă, fonta sau apa, nu numai că nu-și micșorează volumul când se solidifică,

dar, din contra, și-l măresc.

Ghița p'utește pe apă fiindcă, în urma creșterii volumului prin solidificare, a căpătat o densitate mai

mică decât a apei. Tot așa fonta solidă plutește pe fonta lichidă.

Această însușire este folosită în turnătorii, fiindcă mărirea volumului, în momentul solidificării, face ca fonta să ia mai bine forma tiparului în care-i turnată.

Se știe că un vas cu apă crapă, dacă-l expunem iarna la îngheț. Presiunea, care se dezvoltă în urma creșterii de volum, este enormă și poate să spargă chiar un obuz de oțel.

Trebue deci să prevedem că, dacă ne opunem creșterii de volum măbind presiunea, înghețarea se face mai greu¹⁾. Putem arăta acest lucru printr'o experiență foarte sim-

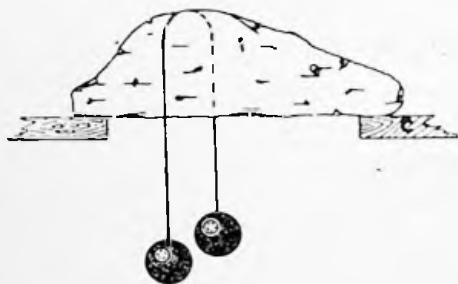


Fig. 32.

plă, datorită lui Tyndall²⁾.

Pe un bloc de ghiață (Fig. 32) se sprijină o sârmă subțire, de capetele căreia sunt atârnați două greutateți. Sâr-

ma comprimă ghița și o topește afundându-se înăuntru. În urma ei, porțiunile străbătute, ne mai fiind comprimate, îngheață din nou. În câteva ore sârma străbate dintr'o parte în alta a blocului, care totuși rămâne întreg.

1) Temperatura de înghețare a apei scade cu 0.007° , când presiunea crește cu o atmosferă.

2) John Tyndall fizician englez, vestit prin lucrările lui asupra căldurii (1820—1893).



Fig. 33

Chamonix-Glacier des Bossons.

Așa se explică de ce ghețarii, deși solizi, curg de-a lungul văilor, cași cum ar fi lichizi :

— Greutatea gheții apasă pe fundul văii. Din cauza presiunii, ghețarul se topește la partea inferioară și lunecă pe o pătură de apă.

Tot așa se explică de ce lunecăm iarna pe ghiață :

— Greutatea corpului topește ghiața, sub tălpile ghetelor și atunci lunecăm pe un strat subțire de apă, care apoi îngheață la loc.

Căldura de topire. Ca să topim un corp, trebuie să-i dăm căldură. Când se solidifică, el pierde căldura immagazinată în timpul topirii.

Experiența ne arată că :

Cantitatea de căldură absorbită în timpul topirii este egală cu aceea pierdută în timpul solidificării.

1) *Cantitatea de căldură absorbită în timpul topirii este egală cu aceea restituită în timpul solidificării.*

Ca să topim un corp, avem nevoie de o cantitate de căldură, care depinde de natura corpului și-i proporțională cu greutatea lui.

Căldura absorbită de un gram de substanță în timpul topirii este căldura latentă de topire.

Dacă temperatura corpului se află sub temperatura de topire, trebuie mai întâi să-l încălzim până la punctul de topire. Se absoarbe astfel o cantitate de căldură,

Căldura absorbită pentru a topi un gram de substanță, care se găsește la o temperatură mai joasă decât punctul de topire, este căldura totală de topire.

2) *Cantitatea de căldură primită de un corp, din momentul când începe topirea și până la terminarea ei, depinde de natura corpului și-i proporțională cu greutatea lui.*

Vom numi căldură latentă de topire cantitatea de căldură absorbită de un gram de substanță, din momentul când începe topirea și până la terminarea ei.

care depinde de temperatura inițială și de căldura specifică a corpului.

Această căldură, adăcgată la căldura latentă de topire, ne dă **căldura totală de topire.**

Determinarea căldurii totale de topire nu prezintă interes, pentru că variază cu temperatura inițială a corpului. Mai importantă este căldura latentă de topire, pe care de aci înainte o vom numi pe scurt *căldură de topire*.

Determinarea căldurii de topire se poate face cu calorimetrul. Vom alege ca exemplu topirea gheții.

Luăm o cantitate de ghiață la 0° și o introducem într'un calorimetru, care conține M grame de apă, la temperatura t_1 .

Apa din calorimetru se răcește de la temperatura t_1 la temperatura t_2 și cedează astfel cantitatea de căldură

$$Q_1 = M (t_1 - t_2).$$

Această căldură servește ca să topească gheața și apoi să ridice până la t_2 temperatura apei, rezultate din topire.

Dacă avem m grame de gheață, topirea lor absoarbe cantitatea de căldură.

$$Q_2 = m l$$

unde l este căldura de topire a gheții.

Cele m grame de apă, provenite din topire, încălzindu-se de la 0° la temperatura t_2 , absorb cantitatea de căldură.

$$Q_3 = m (t_2 - 0) = m t_2.$$

Este evident că va trebui să avem :

$$Q_1 = Q_2 + Q_3$$

din care, făcând înlocuirile, rezultă :

$$M (t_1 - t_2) = m l + m t_2$$

și deducem căldura de topire

$$(16) \quad \boxed{l = (t_1 - t_2) \frac{M}{m} - t_2} \quad \text{cal/gr.}$$

Între toate corpurile cunoscute, apa are căldura de topire cea mai mare : 80 de calorii/gram, aproximativ.

Tabloul de mai jos dă căldurile de topire ale câtorva corpuri.

Argint	25.0 Cal./gram	Mercur	2.8 Cal./gram
Staniu	14.6	Fosfor	4.7
Fontă	59.0	Sulf	10.4

Exemple numerice. 1) Un corp, care cântărește 50 de grame și are căldura specifică 0.02, este încălzit la 100° și pus pe o bucată de gheață. Câte grame de gheață topește?

— Răcindu-se până la 0° , corpul pune în libertate cantitatea de căldură

$$50 \times 0.02 \times 100 = 100 \text{ de calorii.}$$

Căldura de topire a gheții fiind 80 de calorii/gr., rezultă că se vor topi

1.25 grame de gheață.

2) Dacă punem 10 grame de gheață în 500 de grame de apă la 22° , temperatura apei, după topirea gheții, se coboară la 20° . Să se afle căldura de topire a gheții.

— Formula (16) ne dă, înlocuind datele :

$$l = (22 - 20) \frac{500}{10} - 20 = 80 \text{ de calorii/gr.}$$

c) Evaporarea

Trecerea unui corp din starea lichidă în starea gazoasă se numește evaporare.

Trecerea unui corp din starea lichidă în starea gazoasă se numește evaporare.

Unele lichide, ca alcoolul, eterul sau benzina se evaporă foarte repede, la temperatura ordinară. Acestea sunt lichide *volatile*.

Altele, ca uleiul, mercurul sau glicerina se evaporă foarte încet, de aceia le numim *lichide fixe*.

Evaporarea în vid. *Un lichid volatil, pus în vid, se evaporează instantaneu, dacă are la dispoziție un spațiu destul de mare, dar când spațiul e limitat, evaporarea ascultă de anumite reguli, pe care ne propunem să le stabilim :*

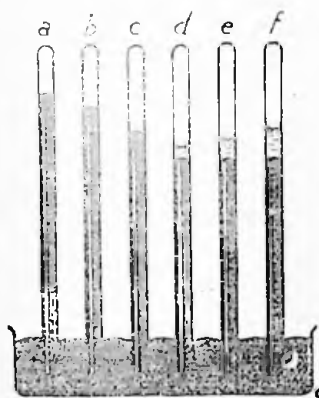


Fig. 34

Intr'un tub barometric introducem, cu o pipetă, o cantitate mică de eter. Lichidul se ridică deasupra mercurului, se evaporează și coloana barometrică se coboară.

Rezultă că vaporii, formați în camera barometrică, exercită o presiune, pe care o putem evalua, dacă măsurăm cantitatea cu care cade coloana de mercur.

Continuând să introducem cantități noi de lichid, mercurul cade din ce în ce mai jos, (*Fig. 34, a. b. c.*), apoi rămâne la înălțime constantă (*Fig. 34, d. e. f.*) și eterul introdus de aci înainte se menține în stare lichidă, câtă vreme temperatura nu variază. Zicem că, în acest moment, vaporii de eter au atins *presiunea maximă* și că, la temperatura experienței, *spațiul ocupat de dânsii este saturat*. Vaporii cari saturează spațiul se numesc atunci *vapori saturați*.

Dacă, evaporând în vid o cantitate de lichid, rămâne o porțiune neevaporată, zicem că vaporii sunt saturați și că au atins presiunea maximă.

siunea maximă și că, la temperatura experienței, *spațiul ocupat de dânsii este saturat*. Vaporii cari saturează spațiul se numesc atunci *vapori saturați*.

1) Introducem în camera baro-

metrică un exces de lichid și facem să varieze volumul ocupat de vapori, cufundând tubul barometric mai mult sau mai puțin, în mercur. (Fig. 35)

Constatăm că, măbind volumul, cantitatea de lichid se micșorează treptat. Dacă, din contra, micșorăm volumul, o parte din vapori se condensează și cantitatea de lichid crește. Oricare ar fi însă volumul pus la dispoziția vaporilor, atâta timp cât mai există o cantitate de lichid neevaporată, înălțimea colcănei barometrice rămâne constantă, dacă temperatura nu se schimbă.



Fig. 35

Presiunea maximă
a vaporilor saturați
nu depinde de volum.

*Așadar presiunea
maximă a vaporilor
saturați nu depinde
de volum.*

2) Incălzind tubul barometric pe toată lungimea ocupată de vapori, fie cu mâna, fie într-o baie de apă caldă, constatăm că, pe măsură ce temperatura crește, cantitatea de lichid se înpușcă și coloana barometrică se coboară.

Presiunea maximă
a vaporilor saturați
crește cu tempera-
tura.

*Rezultă că presiunea maximă
a vaporilor saturați crește cu
temperatura.*

3) Dacă, în loc de eter, introducem în camera ba-

Presiunea maximă a vaporilor saturați, la anumită temperatură, depinde de natura lichidului.

rometrică apă, alcol sau orice alt lichid volatil, în cantitate suficientă ca să formeze vapori saturați, constatăm că, la aceeași temperatură, presiunea maximă a vaporilor saturați depinde de natura lichidului.

Astfel, în timp ce la $+20^{\circ}$ eterul coboară nivelul coloanei de mercur cu 433 mm., apa îl coboară cu 17 mm. și alcolul cu 44 mm.

Principiul peretelui rece. Ca să putem observa acțiunea temperaturii asupra vaporilor saturați, trebuie să încălzim camera barometrică pe toată lungimea ei, de la c la d (Fig. 36).



Fig. 36

Dacă n'o încălzim decât pe o porțiune mai redusă, de pildă strângând în mână porțiunea a , constatăm că nivelul mercurului nu arată nici o variație de presiune.

În schimb, lichidul încălzit se evaporă din a și se duce să se condenseze în regiunea b mai rece, de unde curge înapoi în a . Totul se petrece deci cași când toată camera barometrică ar avea temperatura porțiunii b .

Într'un spațiu cu temperatură neuniformă, presiunea maximă a vaporilor saturați este aceea care corespunde temperaturii celei mai joase.

Experiența ne arată așadar că, dacă temperatura unui spațiu ocupat de vapori saturați nu-i uniformă, presiunea maximă a vaporilor este aceea care corespunde

temperaturii celei mai joase. Acesta este principiul peretelui rece sau principiul lui Watt¹⁾.

Aplicații. Principiul lui Watt ne explică de ce într-o cameră, în care stau iarna mai multe persoane, a căror respirație saturează atmosfera cu vapori, sau în care fierbe o oală cu apă, vaporii se condensează pe ferestre, care sunt mai reci decât restul camerei. Același principiu ne explică de ce un pahar cu apă rece se aburește pe dinafară, când îl aducem într-o cameră încălzită.

Observație. Când ne referim la un corp în stare gazasă, întrebuițăm uneori termenul de «vapori», alteori acea de «gaz».

Ca să evităm neînțelegerile, amintim că termenul «vapori» se aplică, de obicei, numai corpurilor în stare gazoasă, pe care la temperatura ordinară le găsim și în stare lichidă. Putem spune așadar «vapori de apă» sau «vapori de mercur», dar nu putem spune «vapori de clor» sau «vapori de aer».

De altă parte, vaporii sturanți se deosebesc de gaze prin aceea că presiunea lor nu depinde de volum, penit u că, dacă-i comprimăm, o parte din ei se condensează. Așadar, pe când presiunea unui gaz depinde și de volum și de temperatură, presiunea vaporilor saturanți nu depinde decât de temperatură.

1) *James Watt* mecanic englez. Inventatorul mașinii cu vapor. (1736--1819).

Evaporarea în gaze. Dacă introducem un lichid într'un vas închis, în care se mai află și un gaz oarecare la presiunea inițială p_1 (Fig. 37), lichidul se evaporă mai încet decât în vid.

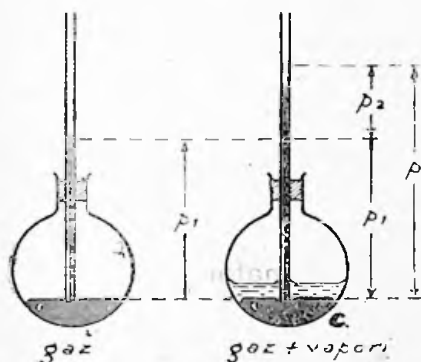


Fig. 37

Presiunea vaporilor saturanți, într'un spațiu oarecare, nu este influențată de prezența unui gaz străin.

inițiale p_1 a gazului și a presiunii maxime p_2 a vaporilor saturanți, la temperatura experienței. Avem deci

$$p = p_1 + p_2$$

Rezultă că presiunea gazului și a vaporilor n'au nici o influență una asupra alteia.

Presiunea totală a unui amestec gazos este egală cu suma presiunilor pe care le-ar avea fiecare gaz în parte, dacă celelalte gaze n'ar exista.

*Dalton*¹⁾ a enunțat următoarea lege :

Când, într'un spațiu închis, avem mai multe gaze, între care nu pot avea loc reacții chimice, presiunea totală a amestecului este

1) John Dalton (1766—1844) chimist, fizician și naturalist englez, celebru pentru lucrările lui asupra legilor chimiei. A descoperit legea proporțiilor multiple, care a dus la admiterea definitivă a teoriei atomice. S'a mai ocupat între altele și cu studiul presiunii vaporilor. În medicină este cunoscut, prin cercetările lui asupra boalei numită «Daltonism», de care suferea și care face ca bolnavul să nu poată distinge anumite culori.

egală cu suma presiunilor pe care le-ar avea fiecare gaz în parte, dacă ar ocupa singur tot volumul.

Evaporarea în aer liber. Am văzut că moleculele unui corp oarecare sunt în necontenită mișcare și că



Fig. 38.

viteza lor este cu atât mai mare, cu cât temperatura e mai ridicată. La gaze, unde nu există cohesiune, mișcarea aceasta a moleculelor explică expansiunea.

La lichide și la solide expansiunea este împiedică de forțele de cohesiune.

Să presupunem o cantitate de lichid conținută într'un vas deschis (Fig. 38).

În mișcarea lor, unele dintre molecule, care se îndreaptă din interior către suprafața lichidului, izbutesc să iasă din câmpul de atracție al celorlalte și să străbată în aer, unde-și continuă mișcarea lor desordonată. Parte din moleculele care au eșit se împrăștie în spațiu, dar o altă parte, pe care întâmplarea le face să se îndrepte spre suprafața lichidului, pătrund înapoi în lichid.

Când evaporarea are loc într'un spațiu limitat, dela o vreme numărul moleculelor care ies din lichid este egal cu al celor ce intră. Acest moment corespunde saturației.

În acest moment am atins saturația.

Dacă, din contră, evaporarea se face în aer liber, cele mai multe dintre moleculele care ies din lichid se împrăstie în spațiu și numai o foarte mică parte se întoarce înapoi.

Cantitatea de lichid se împușinează mereu, până dispare. Zicem că *lichidul s'a evaporat*.

În urma acestor explicații, putem prevedea de pe acum care sunt legile evaporării în aer liber.

1) Dacă temperatura crește, viteza moleculelor crește și astfel eșirea lor din lichid este favorizată.

Creșterea temperaturii activează evaporarea.

Mărirea suprafeței lichidului favorizează evaporarea.

porarea se face cu atât mai repede, cu cât suprafața lichidului este mai întinsă.

Vântul activează evaporarea.

Când evaporarea se face într'un spațiu limitat, moleculele care ies nu se pot împrăștia. Ingrămădirea lor crește mereu și, de'a o vreme se stabilește un echilibru : *numărul de molecule care ies din lichid este egal cu al celor care intră.*

Rezultă că *evaporarea se face cu atât mai repede, cu cât temperatura e mai ridicată.*

2) Dacă suprafața lichidului este întinsă, eșirea moleculelor este favorizată. *Prin urmare eva-*

3) Dacă bate vântul, moleculele care ies din lichid sunt ime-

diat măturate și nu se mai pot întoarce înapoi. Rezultă că *evaporarea la vânt se face mai repede ca în aerul liniștit.*

De altfel toate aceste lucruri sunt cunoscute din practica de toate zilele.

Evaporarea se face cu atât mai încet, cu cât atmosfera conține mai mulți vapori.

4) Se poate întâmpla ca atmosfera, în care se face evaporarea, să fie dinainte încărcată cu vapori din același lichid. În acest caz, o parte din moleculele acestor vapori intră înapoi în lichid și măresc numărul celor ce-l alimentează.

Este evident că *într' o atmosferă, astfel încărcată cu vapori, evaporarea se face mai încet.*

Dacă presiunea maximă a vaporilor saturații ai lichidului, la temperatura ambiantă, este p_1 și aceea a vaporilor de lichid, care se găsesc în atmosferă, este p_2 , experiența ne arată că *viteza de evaporare este direct proporțională cu diferența $p_1 - p_2$.*

Viteza de evaporare este direct proporțională cu factorul de evaporare.

De altfel se știe că, după ploaie, când aerul este încărcat cu vapori de apă, rufele întinse la uscat se usucă mai greu. *Diferența $p_1 - p_2$ se numește factor de evaporare.*

Când crește presiunea atmosferică, viteza de evaporare scade.

5) În sfârșit, dacă presiunea atmosferică crește, numărul de molecule de aer din vecinătatea suprafeței lichidului, crește. Din

această cauză moleculele care ies din lichid, obligate să se ciocnească cu un număr mai mare de molecule de aer, să împrăştie mai greu în spaţiu.

Este deci evident că *viteza de evaporare scade, când creşte presiunea atmosferică.*

De altfel am văzut că în vid, evaporarea se face foarte repede, pentrucă ciocnirile sunt mai rare.

Evaporarea absoarbe căldură.

Fenomene în legătură cu evaporarea. Ca să evaporăm un lichid,

trebuie să-i dăm căldură. Altfel lichidul, evaporându-se, absoarbe din căldura corpurilor cu care vine în contact şi chiar din căldura lui proprie.

Rezultă că *dacă lăsăm un lichid să se evaporeze şi nu-i dăm căldură, temperatura lui se coboară.*

Verificarea o putem face uşor : n'avem decât să ne udăm mâna cu apă şi să suflăm pe dânsa. Suflând, activăm evaporarea şi simţim că mâna se răceşte. Răcirea cauzată de evaporare are numeroase aplicaţii practice. Vom cita câteva exemple :

1) Se ştie că, în ţările calde, băuturile se pot păstra reci, dacă le punem în vase de lut poros. Lichidul iese prin pori şi, pe măsură ce iese, se evaporează, răcind conţinutul vasului. În *Spania* asemenea vase, numite «*alcarasas*» sunt foarte întrebuinţate.

La nevoie, ajunge să înfăşurăm o sticlă în şervete ude şi s'o punem în bătaia vântului, pentruca lichidul din ea să se menţie rece.

2) Pe timp de arșiță, putem face răcoare în casă, dacă atârnăm la ferestre cerșafuri ude.

Pe acest principiu se fac și ventilatoare e'ectrice, care trimit un curent de aer peste niște pâsle, pe care picură neconținut apă.

3) Dacă evaporăm apă în vid și absorbim, într'un vas cu acid sulfuric concentrat, vaporii care se formează, evaporarea devine așa de intensă, încât răcește

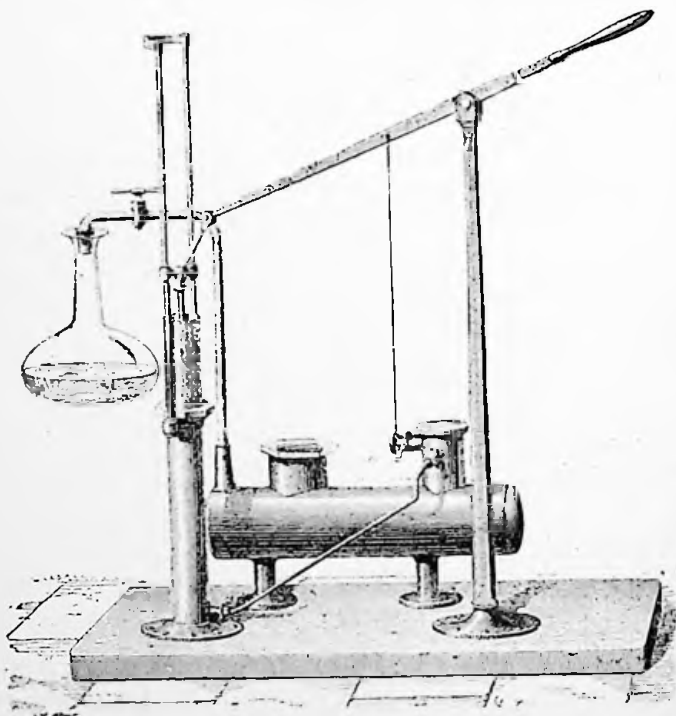


Fig. 39

(După Deschanel)

apa până o îngheață. *Figura 39* arată o mașină, care

funcționează pe acest principiu și servește la fabricarea gheții în gospodării.

4) Chirurgii se servesc. în *anestezie*, de un lichid foarte volatil, numit *clorură de metil*. Locul operației se stropește cu acest lichid, care, evaporându-se, răcește țesutul și provoacă astfel o amortire locală a durerii.

Un gram de lichid, care se evaporă la temperatura de fierbere, absoarbe o cantitate de căldură, numită *căldură latentă de evaporare*.

Căldura de evaporare. *Se numește căldură latentă de evaporare cantitatea de căldură necesară ca să transformăm în vapori un gram dintr'un lichid oarecare, la temperatura lui de fierbere.*

Căldura de evaporare se poate determina, măsurând variația de temperatură a unui calorimetru, în care condensăm o cantitate cunoscută de vapori. Prin condensare vaporii pun în libertate o cantitate de căldură, numită «*căldură de condensare*», egală cu căldura de evaporare. Măsurile precise sunt destul de anevoiase, de aceea nu vom intra în amănunte.

S'a constatat că, pentru a evapora un gram de lichid, la o temperatură mai joasă decât temperatura lui de fierbere, trebuie să-i dăm o cantitate de căldură, numită «*căldură totală de evaporare*», care depinde de temperatura de la care plecăm și-i mai mare decât căldura latentă de evaporare.

Astfel, căldura totală de evaporare a apei la 0° este

de 606 calorii, pe când la 100° căldura latentă de evaporare este numai de 537 calorii.

Tabloul de mai jos dă căldurile latente de evaporare la câteva lichide.

<i>Sulfură de carbon</i>	90 Cal. pe gram
<i>Eter ordinar</i>	91 Cal. "
<i>Alcool ordinar</i>	236 Cal. "
<i>Apa</i>	537 Cal. "

Din aceste date se vede că evaporarea unui gram de apă la 100° absoarbe tot atâta căldură, cât ar absorbi 5,37 grame de apă, ca să se încălzească de la 0° la 100° .

Fierberea.

Când încălzim apă, de la o vreme încep să se degaje niște bule gazoase, pline cu aerul care se găsea dizolvit înăuntru. Continuând încălzirea de la fundul vasului și de pe pereții lui, încep să se desprindă bule mai mari de vaporii, care, în drumul lor spre suprafață, trec prin păturile mai reci, se condensează, micșorându-se mereu și nu izbutesc să se degaje. Lichidul produce atunci un sgomot caracteristic și zicem că «*apa cântă*».

Apoi, deodată, bulele pătrund până la suprafață și se dezvoltă o cantitate mare de vaporii. În acest moment începe *fierberea*.

Evaporarea produce vaporii numai la suprafață; fierberea îi produce în toată masa lichidului.

Așadar, pe când la evaporarea obișnuită vaporii nu se formează decât la suprafață, prin fierbere, vaporii se formează și în adâncimea lichidului.

În vecinătatea suprafeței lichidului, vaporii au temperatura de $+100^{\circ}\text{C}$, pentru că așa am convenit să construim scara termometrică centesimală.

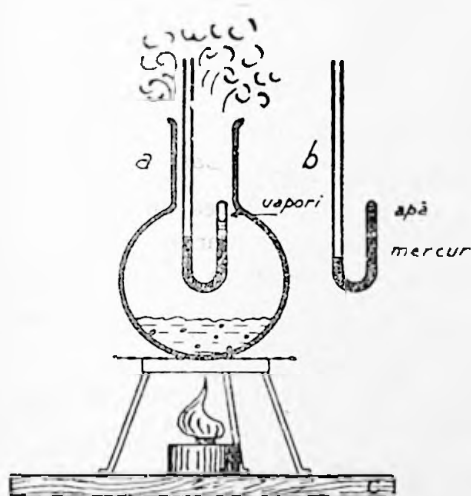


Fig. 40

Presiunea vaporilor la fierbere. Îndoim un tub în formă de J. îl închidem la capătul scurt, turnăm în ramura închisă câteva picături de apă, apoi mercur, așa cum arată figura 40 b și introducem totul în gâtul unui balon cu apă care fierbe.

Apa închisă în tub se evaporă, până când vaporii ating presiunea maximă la 100° . Constatăm că, în acest moment, nivelul mercurului în cele două ramuri ale tubului este același.

Presiunea maximă a vaporilor unui lichid care fierbe este egală cu presiunea atmosferică.

Rezultă că presiunea, cu care apasă atmosfera în ramura deschisă, este egală cu apăsarea vaporilor din ramura închisă.

Așadar presiunea maximă a vaporilor unui lichid care fierbe este egală cu presiunea atmosferică.

Un termometru, introdus în gâtul unui balon, în care fierbe un lichid oarecare, ne arată că :

Când presiunea atmosferică nu variază,

1) un același lichid fierbe la o anumită temperatură, totdeauna aceeași.

2) în tot timpul fierberii temperatura este constantă.

1) *Un același lichid fierbe întotdeauna la aceeași temperatură, dacă presiunea atmosferică nu se schimbă.*

2) *Dacă presiunea atmosferică nu variază, temperatura rămâne constantă în tot timpul fierberii¹⁾*

Acestea sunt legile fierberii.

Iată și temperaturile de fierbere la câteva lichide, sub presiunea atmosferică de 760 mm.

Mercur	+ 357°	Eter ordinar	+ 35°
Sulf	+ 444°	Alcool ordinar	+ 78°
Zinc	+ 930°		

Influența aerului dizolvit. Dacă fierbem o cantitate de apă, ca să scoatem aerul dizolvit, o lăsăm să se răcească și după aceea o încălzim din nou, constatăm că-i putem ridica temperatura cu câteva grade peste 100°, fără să se producă fierberea, dar o baghetă de sticlă sau un băț de lemn, cufundate înăuntru, fac să pornească fierberea instantaneu.

Când un lichid nu conține gaze dizolvate, fierberea lui întârzie.

Fenomenul este cunoscut sub numele de «*fierbere întârziată*» și are o explicație foarte simplă:

Ca în interiorul lichidului să se formeze vapori, este nevoie de o atmosferă. Această atmosferă vaporii o găsesc în bulele de aer dizolvit, care se degajă. Când nu există

1) Cu condiție ca lichidul să fie pur, nu amestecat cu alte lichide.

aer dizolvit, vaporii nu se pot forma și fierberea întârzie.

Odată cu bagheta, introducem și o cantitate mică de aer, suficientă pentru ca vaporii să se formeze; fierberea începe și totodată *temperatura se coboară de la sine până la punctul de fierbere normal al lichidului*.

Temperatura de fierbere a unui lichid scade odată cu presiunea atmosferică.

Influența presiunii. Am văzut că presiunea maximă a vaporilor unui lichid care fierbe este egală cu presiunea atmosferică.

De oarece presiunea maximă a vaporilor scade cu temperatura, este ușor de prevăzut că, *sub o presiune atmosferică redusă, lichidul trebuie să fiarbă la o temperatură mai joasă*.

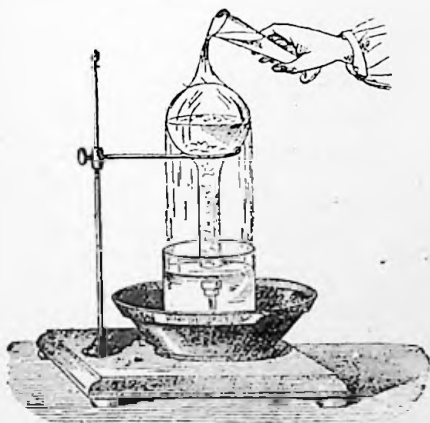


Fig. 42.

(După Deschanel-Everett)

Verificarea acestei deducții o putem face printr'o experiență foarte simp'ă, cunoscută sub numele de «*experiența lui Franklin* : ¹⁾)

Fierbem apă într'un balon de sticlă. În câteva minute, vaporii care se degajă alungă aerul din balon. Astupăm apoi gâ-

1) Benjamin Franklin (1706—1790), om de stat, ziarist și popularizator al științei. A fost unul dintre creatorii independenței Statelor-Unite. S'a ocupat cu cercetări asupra electricității și a inventat parastrășnetul.

tul balonului cu un dop de p'ută, îl întorcem cu gura'n jos și-l răcim la partea superioară, turnând apă rece peste dânsul. (Fig. 41)

Vaporii se condensează, presiunea în interior scade și lichidul intră în fierbere.

Aplicații. 1) Pe vârful munților presiunea atmosferică e mai mică decât în vale. De aceea apa, în loc să fiarbă la 100° , fierbe la o temperatură cu atât mai joasă, cu cât muntele e mai înalt.

Ast'el, pe vârful lui *Mont Blanc*¹⁾, temperatura de fierbere a apei este în jurul la 80° .

La asemenea temperatură, de multe ori alimentele, oricât ar fierbe, rămân crude.

2) Din cunoașterea temperaturii, la care fierbe apa pe vârful munților, putem determina înălțimea lor, căutând în tablele, anume înlocuite, presiunea atmosferică corespunzătoare. Aparatele construite pe acest principiu se numesc *hypsometre* și au, față de barometre, avantajul că sunt foarte ușor de transportat.

Când presiunea crește, temperatura de fierbere a unui lichid se urcă.

3) Este ușor de înțeles că *dacă în loc să scădem presiunea, din contra, am mări-o, temperatura de fierbere trebuie să se urce*. Putem arăta acest lucru încălzind apă într'un vas închis, cu pereții rezistenți. Vaporii cari se formează măresc presiunea interioară și temperatura trece de 100° ,

1) Înălțimea 4810 metri.

fără ca apa să fiarbă. Dispositivul experimental este cunoscut sub numele de «*Marmita lui Papin*»¹⁾. (Fig. 42).

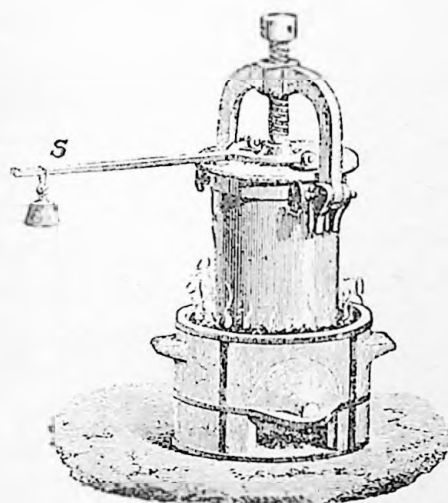


Fig. 42.

(După Deschanel-Everett).

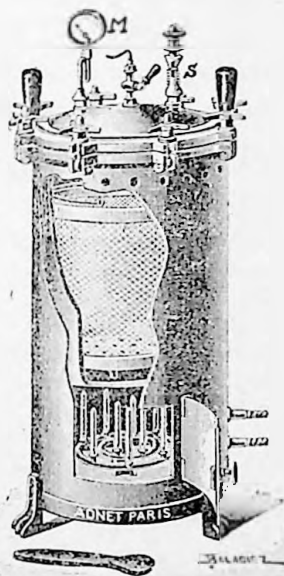


Fig. 43.

Ne folosim de această însușire, ca să construim aparate, numite *autoclave*, în care fierbem apa la temperaturi mai mari de 100° . Autoclavele se întrebuințează în medicină pentru sterilizare. Se știe că anumiți microbi formează *spori*, cari rezistă la căldură, așa că o sterilizare bună n'o putem face decât pe la $+120^{\circ}$.

1) *Denis Papin*, fizician francez (1647—1714). A descoperit puterea vaporilor. În 1707 a experimentat în Germania prima corabie mișcată de aburi, pe care au distrus-o marinarii corăbiilor cu pânze, de frică să nu le ia pâinea dela gură. A murit ca profesor la Magdeburg, fiindcă din Franța a fost alungat în urma persecuțiilor religioase.

În anumite industrii chimice se întrebuințează autoclave, în care apa fierbe la temperaturi de peste 300°.

Ca să evităm exploziile, orice autoclavă are un manometru *M*, (Fig. 43) care arată presiunea și o supapă de siguranță *S*, adică un orificiu închis cu un capac cu resort, care cedează când presiunea se apropie de limita de rezistență a cazanului.

Formarea unei pă-turi izolante de vapori, care împiedică un lichid să vie în contact cu un corp mult mai cald decât dânsul, se numește calefacție.

Calefacția. Pe o placă de metal înroșită, dăm drumul la câteva picături de apă. Picăturile alungă în toate direcțiile și cu toate că placa e roșie, se evaporază destul de încet.



Fig. 44.

Putem lesne observa că, între placă și picătură, este o mică distanță. Vaporii cari se produc împing picătura în sus și formează astfel un strat

izolant, care o împiedică să vie în contact direct cu placa înroșită. (Fig. 44)

Fenomenul se numește *calefacție*.

Când placa începe să se răcească, vaporii se produc în cantitate mai mică și nu mai pot susține picătura, care ajunge să atingă placa și se evaporă brusc.

Efectele calefacției. 1) În cazanele mașinilor cu vaporii se depune totdeauna o crustă cal-

caroasă. Calcarul împiedică apa să vie în contact cu tabla cazanului, care astfel ajunge să se înroșească. Dacă, în acest moment, crusta capătă o spărtură, apa atinge tabla înroșită și ia naștere fenomenul de calefacție. Când calefacția este pe punctul de a înceta, se produce o evaporare bruscă și căldarea explodează.

Accidentele datorite calefacției sunt destul de numeroase, la mașinile la care crusta calcaroasă, ne fiind curățată de mu'tă vreme, a ajuns să se îngroașe peste măsură.

2) În turnătoriile de fontă, unii lucrători izbutesc să vâre, o clipă, mâna udă, în fonta topită, fără să se frigă.

Apa de pe mână, în contact cu fonta topită, produce fenomenul de calefacție și, între mână și fontă, se formează un strat izo'lator de vaporii.

Solidele, dizolvite în lichide, sau lichidele cu puncte de fierbere diferite, amestecate la un loc, pot fi separate prin distilare.

Carbure
Distilare. Când avem un lichid care conține în el substanțe dizolvite, sau un amestec de mai multe lichide care fierb la temperaturi diferite, de pildă apă și alcool, le putem separa prin *distilare*. Introducem amestecul într'un balon *B*, (Fig. 45) prevăzut cu un refrigerent cu apă *R* și cu un termometru *T*.

Încălzind balonul, întâi începe să fiarbă alcoolul. Vaporii se condensează în refrigerent și picăturile care se formează curg în vasul *V*.

Termometrul rămâne staționar, tot timpul cât trece alcoolul, apoi, când alcoolul s'a terminat, fierberea în-

cetează și temperatura se urcă, până la 100° , când începe să fiarbă apa.

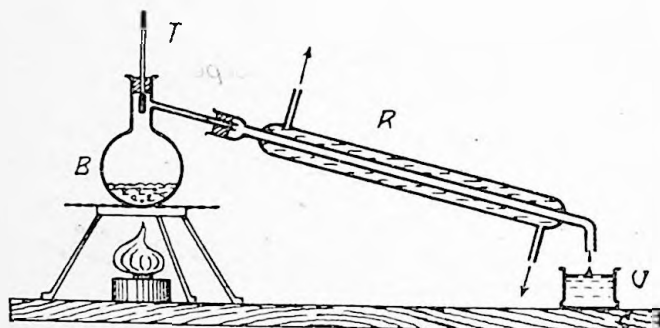


Fig. 45

Acest fel de a separa mai multe lichide se numește *distilare fracționată*.

Distilarea fracționată nu dă niciodată o separare perfectă, chiar dacă o repetăm de mai multe ori, pentru că, în timpul cât trece lichidul mai volatil, celelalte emit și ele o mică cantitate de vapori. Separarea se face mult mai bine dacă, înainte de a pătrunde în refrigerent, obligăm vaporii să treacă printr-o «coloană de fracționare» de felul aceleia arătate în *figura 46*, unde lichidul mai puțin volatil, dând peste o suprafață mare de răcire, se condensează și



Fig. 46

curge înapoi în amestec. Un aparat simplu de distilare este *alambicul* (Fig. 47). El se compune dintr'o căldare de metal *A*, care comunică cu un refrigerent în formă de spirală *S*, numit *serpentin*.

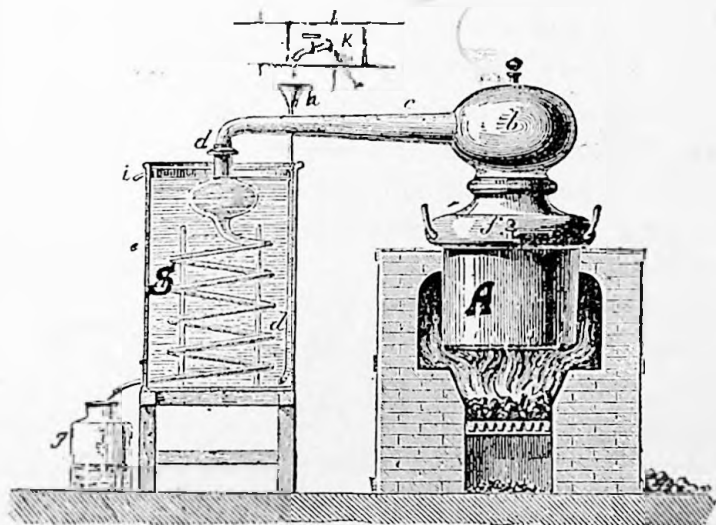


Fig. 47
(După Deschanel-Everett).

Distilarea are aplicații foarte numeroase în laborator și în industrie. Pe această cale căpătăm, între altele, țuica, alcoolul și toate produsele de petrol.

Evaporarea apei sărate a mărilor și căderea ei pe pământ sub formă de ploaie nu-i decât o distilare pe scară mare.

STUDIUL SOLUȚIILOR

O bucată de zahăr, pusă în apă, dispăre în masa de lichid și o îndulcește. Zicem că zahărul s'a *disolvit*. Aceiași bucată de zahăr, dacă am fi pus-o în alcool sau în benzină, ar fi rămas întreagă.

Zicem că zahărul este *solubil* în apă și *insolubil* în alcool, iar apa în care s'a disolvit a devenit o *soluție*. Pentru zahăr, apa joacă rolul de *disolvent*. Un corp care nu-i solubil într'un lichid anumit, poate fi foarte bine disolvit de altul.

Astfel sarea este solubilă în apă și insolubilă în benzină. Tot așa chinina este solubilă în alcool, dar nu-i solubilă în apă.

Lichidele pot fi disolvanți nu numai pentru corpurile solide, ci și pentru alte lichide sau pentru gaze. Astfel clorul este solubil în apă, eterul în alcool și așa mai departe.

Când două corpuri se amestecă, formând un tot omogen, din care nu le mai putem deosebi, zicem că s'au disolvit unul în altul.

Există și soluții solide: de pildă sticla colorată conține săruri metalice disolvite.

In general, când două corpuri se amestecă, formând un tot omogen, din care nu le mai putem deosebi, zicem că s'au disolvit unul în altul.

În cele ce urmează nu ne vom ocupa decât de soluțiile corpurilor solide în lichide.

Concentrația unei soluții este raportul între greutatea corpului disolvit și greutatea disolventului.

Concentrația unei soluții este raportul între greutatea corpului disolvit și greutatea disolventului.

În practică, este mai comod să exprimăm acest raport în grame la sută sau la mia de grame de disolvent. Astfel putem avea soluții 5%, 3‰ și așa mai departe.

Foarte adesea un disolvent nu primește la o temperatură dată decât o cantitate limitată de substanță dizolvată. Când limita a fost atinsă, zicem că soluția este saturată.

Concentrația unei soluții saturate la anumită temperatură reprezintă coeficientul de solubilitate.

Coeficientul de solubilitate (sau mai simplu *solubilitatea*) reprezintă cantitatea maximă dintr'un corp, care poate fi dizolvată într-o sută de grame de disolvent, la anumită temperatură.

Soluții saturate. Uneori două corpuri se dizolvă unul în altul în orice proporție; alteleori, la anumită temperatură, disolventul nu primește decât o cantitate limitată din corpul dizolvat. În momentul în care această limită a fost atinsă zicem că soluția este saturată.

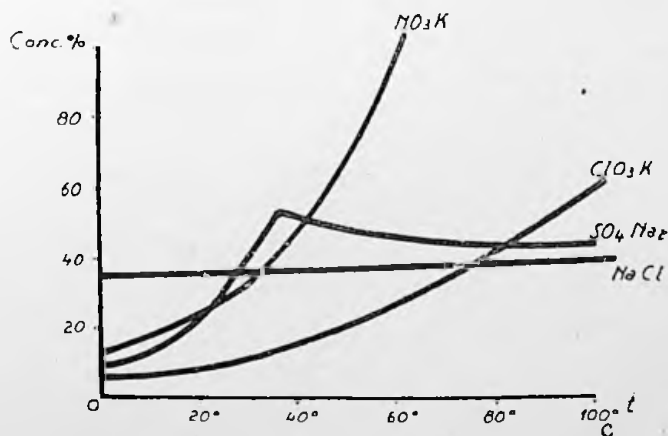


Fig. 48

Solubilitatea variază cu temperatura, după natura soluției.

Influența temperaturii. Experiența ne arată că temperatura influențează foarte mult asupra solubilității. De obicei, ea crește mereu cu temperatura, dar se cunosc și cazuri când, după ce a crescut până la anumită temperatură, solubilitatea începe să scadă, când temperatura crește mai departe.

De pildă, solubilitatea sulfatului de sodiu în apă admite un maximum la $+34^{\circ}\text{C}$.

Alteori, cum e cazul la toate gazele dizolvite în lichide, solubilitatea scade mereu, când crește temperatura.

Curbele din *figura 48* arată solubilitatea câtorva substanțe, la temperaturi diferite.

Disolvirea absoarbe căldură și produce o scădere de temperatură. Când totuși se observă o ridicare de temperatură, e semn că între corpurile care vin în prezență are loc o reacție chimică.

sare de bucătărie.

Căldura de disolvire. De cele mai multe ori, fenomenul disolvirii este însoțit de o absorbție de căldură, deci de o coborâre a temperaturii. Ne putem convinge că-i așa, punând un termometru în apă, în care dizolvim o sare, de pildă

Alteori între dizolvant și corpul dizolvit are loc o reacție chimică, de pe urma căreia se dezvoltă căldură. Când căldura dezvoltată întrece pe aceea absorbită de fenomenul disolvirii propriu zise, soluția se încălzește.

Ca exemplu, putem cita disolvirea pentoxidului de fosfor în apă. Se absoarbe căldura de disolvire, dar

totodată se pune în libertate căldura rezultată din transformarea pentoxidului în acid fosforic și soluția intră în fierbere.

O soluție, la care concentrarea trece peste saturație este suprasaturată.

Suprasaturație. Dacă saturăm o soluție la o temperatură oarecare și după aceea o aducem la altă temperatură, la care solubilitatea e mai mică, o parte din substanța dizolvită se separă și reia forma solidă.

Putem obține același rezultat, dacă evaporăm o parte din disolvant.

Se întâmplă însă, de multe ori, ca, totuși substanța să rămâne dizolvită și astfel soluția se concentrează peste saturație; zicem că-i *suprasaturată*.

Soluțiile suprasaturate sunt nestabile și tind să depună substanța dizolvită în exces.

O soluție suprasaturată este nestabilă, pentru că, dacă aruncăm înăuntru o pătrică solidă din corpul dizolvit, se separă imediat, sub formă solidă, tot excesul de substanță dizolvită.

Următoarea experiență ne arată admirabil existența căldurii de dizolvire:

Fa-*em* o soluție de *hiposulfid de sodiu*, saturată la cald și o lăsăm să se suprasatureze prin răcire. Când s'a răcit, punem puțin eter ordinar într-o eprubetă, o tăvălim pe dinafară prin hiposulfid de sodiu solid și o cufundăm în soluție.

Părțile solide, care aderă pe sticlă, provoacă precipitarea imediată, sub formă de cristali, a excesului

de hiposulfid sodiu, care pune în libertate căldura de disolvire și temperatura se ridică până într'atâta, încât eterul începe să fiarbă.

Soluții coloidale. În afară de soluțiile obișnuite, se cunosc și cazuri, în care o substanță, fără să fie propriu zis disolvită, formează în masa disolventului particule așa de mici, încât uneori nici nu pot fi văzute cu microscopul.

Din cauza micimii lor, aceste particule nu se depun pe fundul vasului, ci rămân suspendate în masa disolventului.

Din această clasă fac parte, între altele, cleiul de oase, gelatina, albumina și diverse rășini, când sunt dizolvate în apă.

Dela numele grecesc al cleiului (*Kolla*) li s'a zis substanțe *coloidale* sau *coloide*.

Foarte multe metale, când sunt tratate prin procedee speciale, pot forma soluții coloidale.

Culoarea acestor soluții depinde de natura lor și de mărimea particulelor în suspensie. De pildă soluțiile coloidale de argint sunt brune, iar cele de aur au culoarea rubinului.

Dacă evaporăm lichidul, particulele rămân despărțite unele de altele și nu formează niciodată cristali.

Spre deosebire de coloide, substanțele ale căror soluții pot să cristalizeze se numesc *cristaloide*.

Fenomene de difuziune.

Intr'un vas cu apă dăm drumul la câțiva cristali de sulfat de cupru. Cristalii se dizolvă și la început colorează în albastru numai apa din jurul lor, dar, după câțeva vreme, culoarea se împrășteie în tot conținutul vasului.

Mișcarea moleculelor tinde să uniformizeze compoziția unui lichid. Fenomenul se numește difuziune și este cu atât mai intens, cu cât temperatura e mai ridicată.

Așadar substanța disolvată are proprietatea de a se răspândi de la sine în toată masa lichidului.

Fenomenul se numește difuziune și este în totul analog cu expansiunea la gaze.

El ne permite să verificăm și pe această cale că moleculele nu stau pe loc, ci sunt în necontenită mișcare.

Experiența ne arată că difuziunea se face cu atât mai repede, cu cât temperatura e mai ridicată. Așadar, cași la gaze, viteza mijlocie a moleculelor crește, când temperatura se urcă.

De altfel, fenomenul de difuziune are loc nu numai la lichide, ci și la gaze.

Se știe doar că două gaze, puse în prezență, se amestecă de la sine, fără să fie nevoie de o intervenție din afară, pentru că fiecare tinde, prin expansiune, să ocupe tot volumul pe care-l are la dispoziție.

Vom vedea mai departe că între soluții și gaze mai sunt și alte asemănări.

Observație. S'a putut constata experimental că fenomenul difuziunii este general. El apare (într-o măsură mult mai redusă) chiar la corpurile solide și-i amplificat de creșterea temperaturii. Așa se explică, între altele, de ce cărbunele pătrunde în fonta înroșită.

Presiune osmotică—osmoză.

Cu un tub de cauciuc, adaptăm la o pâlnie un tub

subțire de sticlă și astupăm ermetic gura ei, cu o beșică de bou udă.

Turnăm înlăuntru o soluție concentrată de zahăr și cufundăm totul într'un vas cu apă curată (Fig. 49). După câțva timp, constatăm că nivelul lichidului în tub se urcă, semn că prin beșică a pătruns apa în pâlnie. Faptul acesta ne obligă să admitem că în interiorul lichidului domnește o presiune, căreia i s'a dat numele de *presiune osmotică*.

Creșterea nivelului în tub încetează în momentul în care presiunea hidrostatică, datorită coloanei de lichid, ajunge să facă echilibru acestei presiuni osmotice.

Experiența ne arată că presiunea osmotică nu depinde de natura disolvanțului și că e direct proporțională cu concentrația soluției și cu temperatura absolută.

Insemnând presiunile osmotice cu p și concentrațiile cu c , avem așadar, când temperatura rămâne constantă :

$$(17) \quad \frac{p_1}{p_2} = \frac{c_1}{c_2}$$

Dacă am mări concentrația, înlăturând o parte din disolvanț, aceiași cantitate de substanță disolvită s'ar îngrămădi într'un spațiu din ce în ce mai redus.

Concentrația este, evident, invers proporțională cu volumul disolventului și vom avea deci

$$(18) \quad \frac{c_1}{c_2} = \frac{v_2}{v_1}$$

Din relațiile (17) și (18) deducem imediat

Dacă temperatura rămâne constantă presiunea osmotică este invers proporțională cu volumul disolventului și nu depinde de natura lui.

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{v_2}{v_1}$$

Așadar, dacă temperatura nu variază, presiunea osmotică este invers proporțională cu volumul în care a fost dizolvată substanța.

Această lege, identică cu legea lui Boyle-Mariotte dela gaze, este confirmată de experiență și constituie o analogie în plus între gaze și soluții. Dacă, în loc să cufundăm pâlnia în apă curată, am cufunda-o într-o soluție de zahăr, am vedea că :

1) Dacă soluția din pâlnie este mai concentrată decât cea din afară, apa din exterior trece înăuntru.

Zicem că soluția din pâlnie este hipertonică, față de cea din exterior.

2) Dacă concentrațiile soluțiilor din pâlnie și din vasul exterior sunt egale, presiunile osmotice sunt egale și osmoza nu se mai produce. Zicem că cele două soluții sunt izotonice.

3) Dacă soluția din pâlnie este mai puțin concentrată decât cea din exterior, lichidul trece din pâlnie spre soluția din afară. Vom zice că soluția din pâlnie este hipotonică, față de cea din exterior.

O membrană care lasă să treacă numai disolventul și oprește trecerea corpului dizolvit este semi-permeabilă.

Membrane semi-permeabile. În experiențele de mai sus am arătat că disolventul tinde să treacă prin beșica de bou, către soluția cu concentrația cea mai mare. Asemenea membrane, care lasă să treacă disolventul, dar opresc trecerea substanței dizolvite, se numesc *membrane semi-permeabile*.

De fapt beșica de bou, pe care am întrebuințat-o, nu-i o membrană semi-permeabilă perfectă, pentru că printr'ânsa trece și o cantitate mică din substanța dizolvită și cu timpul, cele două soluții care se găsesc deoparte și de alta a ei tind să capete aceeași concentrație. Se cunosc însă și membrane semi-permeabile perfecte, prin care nu poate trece decât disolventul.

O bună membrană semi-permeabilă se poate obține în felul următor : Intr'un vas de porțelan nesmălțuit turnăm o soluție de suflat de cupru și-l cufundăm cu totul într'o soluție de fericianură de potasiu.

Cele două soluții pătrund în porii vasului și la locul unde se întâlnesc se formează o membrană semi-permeabilă de fericianură de cupru, mult mai bună decât membranele animale.

Membranele semi-permeabile joacă un rol important în corpul plantelor și animalelor. De pildă intestinul, care este și el semi-permeabil, asigură prin osmoză nutriția organismului. Tot așa învelișul celulelor vegetale sau animale este semi-permeabil.

După cum există membrane semi-permeabile pentru lichide, tot așa se cunosc membrane semi-permeabile pentru gaze.

Astfel o tablă de platină înroșită lasă să treacă hidrogenul și oprește celelalte gaze; tot așa oxidul de carbon trece pr.n pereții înroșiți ai unei sobe de fer.

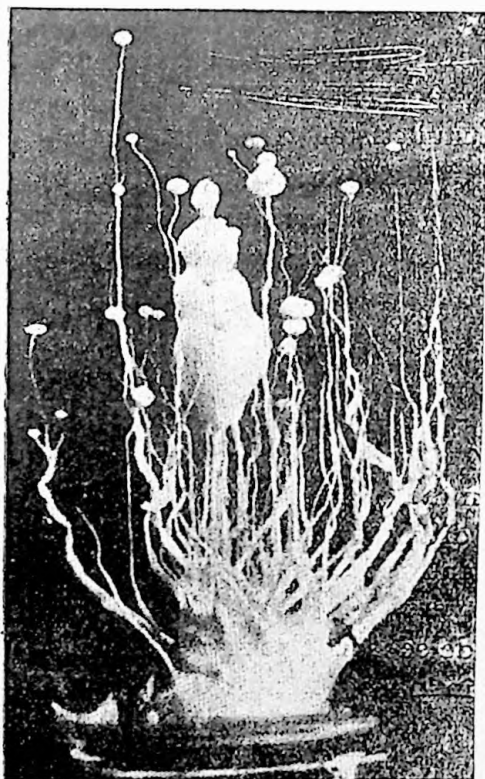


Fig. 50.
(după Frick)

În legătură cu fenomenul de osmoză, se poate face una din cele mai frumoase experiențe cunoscute în fizică.

Într-o soluție apoasă concentrată de silicat de sodiu, aruncăm câți-va cristali mici de săruri minerale colorate, de pildă *sulfat de cupru* (albastru) *sulfat de nikel* (verde) *azotat de cobalt* (roz) și așa mai departe.

În jurul cristallilor se formează membrane semi-permeabile de silicați, prin care apa din soluție intră prin osmoză.

Acese membrane se umflă și cresc, văzând cu

ochii, în toate direcțiile, așa că, în scurtă vreme, pe fundul vasului apare o adevărată grădină cu plante și flori de toate culorile. Experiența este cunoscută sub numele de „grădina minerală”. (Fig. 50).

Dializă. După cum am arătat mai sus, o membrană animală, nu este o membrană semi-permeabilă perfectă, pentru că permite în parte și trecerea substanței dizolvite. S'a constatat însă că, printr-o asemenea membrană, nu pot difuza decât cristaloidele, pe când coloidalele sunt oprite.

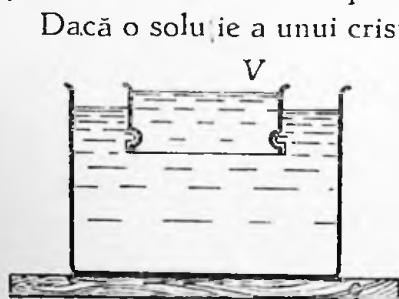


Fig. 51

Dacă o soluție a unui cristaloïd conține și substanțe coloidale, putem separa coloidul de cristaloïd prin procedeul următor: Turnăm soluția într'un vas *V* (Fig. 51), al cărui fund este format dintr'o membrană animală și cufundăm totul într'un

vas mare, care conține numai dizolvantul curat. Cu timpul cristaloïdul difuzează prin membrană și tinde să uniformizeze concentrațiile în cele două vase, pe când coloidul rămâne în vasul *V*.

Acest procedeu de separație se numește *dializă* și-i foarte întrebuințat în industrie, între altele la fabricile de zahăr.

Fierberea și înghețarea soluțiilor

a) **Înghețarea** Răcind o soluție, constatăm că în-

ghiață la o temperatură mai joasă decât disolventul curat.

Scoborirea temperaturii de înghețare a unei soluții este proporțională cu concentrarea.

Se poate constata experimental că *această coborâre a punctului de înghețare este proporțională cu concentrația.*

De altă parte, dacă înghețăm o soluție de sare de bucătărie în apă și topim separat primele porțiuni de ghiață care se formează, putem constata ușor că ele nu conțin sare.

În schimb, restul de soluție, care rămâne lichid, se concentrează din ce în ce mai tare, pe măsură ce ghiața se îngroașă.

Prin înghețarea unei soluții putem separa disolventul de corpul dizolvit.

Așadar, *prin înghețarea unei soluții, putem separa disolventul de corpul dizolvit*, tot așa cum îl putem separa prin distilare.

Această însușire a soluțiilor are aplicații întinse la extragerea sării din apa mării.

În țările nordice, unde frigul iernii e mai aspru, se fac bazine întinse, care se umplu cu apă de mare. Prin înghețare se separă apa și soluția se concentrează din ce în ce mai tare, până când sarea se cristalizează.

În țări calde, concentrarea apei de mare se face, din contra, prin evaporare. În Franța și în Italia, aproape toată sarea care să găsește în comerț e scoasă din mare. Figura 52 reprezintă o instalație pentru extras sarea din apă. Apa sărată curge mereu peste o grămadă de spini, cari dau o suprafață întinsă de evaporare.

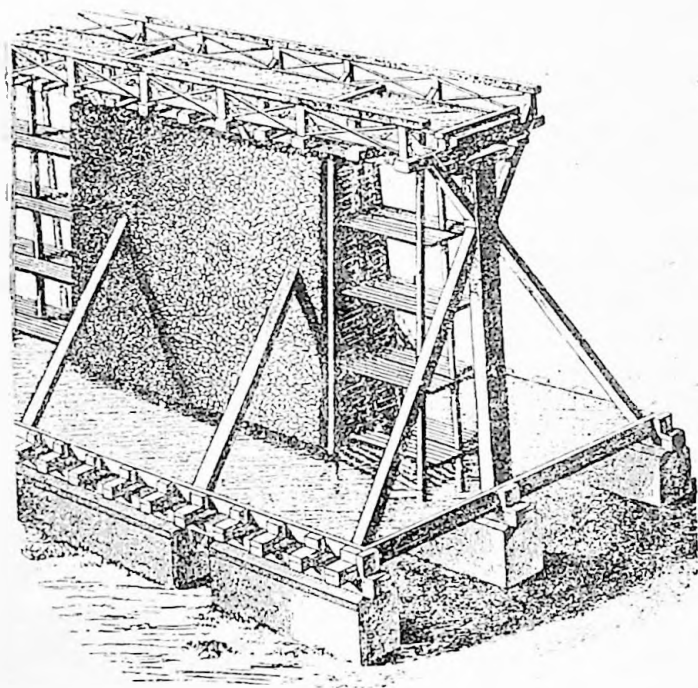


Fig. 52. (După Troost).

Urcarea temperaturii de fierbere a unei soluții crește cu concentrarea ei.

b) **Fierberea.** Un termometru, introdus în apă sărată, ne arată că punctul de fierbere este mai ridicat decât al apei curate. Experimental putem constata că, *la orice soluție, punctul de fierbere este cu atât mai ridicat, cu cât concentrarea e mai mare.*

Presiunea maximă a vaporilor saturați ai unei soluții este mai mică decât a disolventului curat.

Se știe că un lichid fierbe, când presiunea maximă a vaporilor lui ajunge egală cu presiunea atmosferică.

Din faptul că o soluție fierbe mai greu decât disolventul, putem deduce că la soluții *presiunea maximă a vaporilor este mai mică decât la disolvanții respectivi.*

Experimental putem verifica acest lucru, muind în apă sărată și în apă curată două bucăți de hârtie sugătoare.

Hârtia muiată în apă sărată se usucă mai greu decât cealaltă.

Amestecuri frigorifere. Dacă amestecăm gheață cu sare, gheața, se topește, pentru că apa sărată îngheață mai greu, decât apa curată.

Dar prin topirea gheții se absoarbe căldura de topire și amestecul se răcește.

De altă parte, apa din topire disolvă sare, absoarbe căldura de dizolvare și determină astfel o nouă coborâre de temperatură.

Aceste două cauze, lucrând împreună, ajung să aducă temperatura amestecului până la -22°C .

Cele mai bune rezultate se obțin amestecând două părți de gheață cu una de sare.

Pe același principiu, putem realiza un amestec frigorifer, compus din trei părți de clorură de calciu și două părți de gheață pisată, la care temperatura atinge -40°C .

Cristalizare

Când un corp solid ia forme geometrice regulate zicem că-i *cristalizat*.

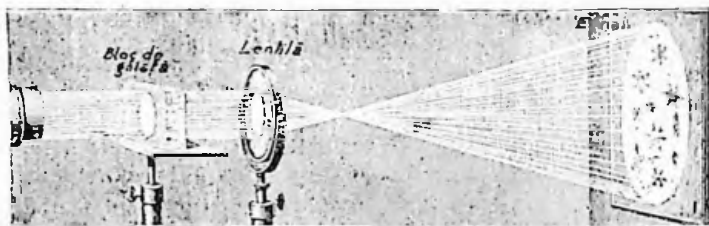


Fig. 53

Cristalii dintr'un bloc de gheață proiectați pe un ecran.
(după Deschanel-Everett)

Corpurile care nu-s cristalizate sunt corpuri *amorfe*¹⁾.

După natura lor, putem cristaliza corpurile prin următoarele procedee :



Fig. 54

a) Topim corpul și-l lăsam să se răcească. Odată cu solidificarea, apar și cristalii. Între corpurile care cristalizează în felul acesta e și apa.

Fulgii de zăpadă, sau florile care se formează iarna pe geamuri, sunt cristali de gheață.

1) *Amorf* = fără formă (cuvânt grecesc).

b) Disolvim corpul și concentrăm soluția prin evaporare. Se separă cristali, cari cresc și se înmulțesc. *Figura 54* reprezintă niște cristali de alaun obținuți pe această cale.

c) Prin sublimare. Dacă încălzim iod într'un balon, vedem cum pe pereții balonului apar cristali mărunți de iod.

Foarte multe corpuri pot fi obținute sub formă de cristali, prin mai multe procedee. Astfel sul-

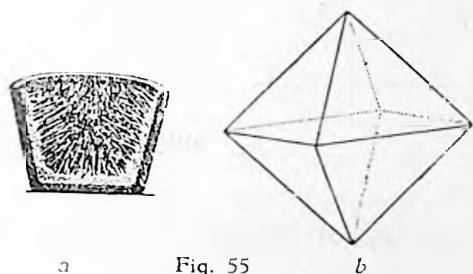


Fig. 55

ful topit cristalizează, prin răcire, sub formă de ace. (*Fig. 55 a*) Dar, dacă-l disolvim în sulfură de carbon și evaporăm soluția, obținem niște cris-

tali mari, care au forma a două piramide lipite la bază (*Fig. 55 b*).

Se știe că sulful poate fi obținut și ca «floare de sulf» amorfă, prin distilare.

Când un corp se prezintă sub diferite forme cristaline și amorfe, zicem că este polimorf.

Cristali lichizi. Există corpuri, care iau forme geometrice regulate, chiar în stare lichidă. Astfel oleatul de amoniu formează cristali moi și microscopici, în formă de ace, pe care-i putem îndoi sau face să treacă unul prin altul. (*Fig. 56*).

Asemenea cristali îi numim cristali lichizi.

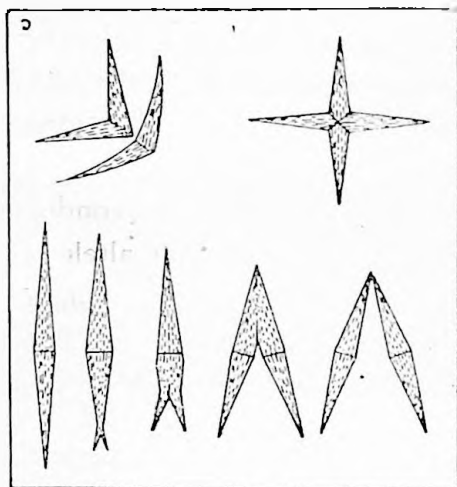


Fig. 56.

PROPAGAREA (RĂSPÂNDIREA) CĂLDURII

Experiența zilnică ne arată că unele corpuri conduc căldura mai repede, iar altele mai încet sau chiar de loc. Căpătăm astfel noțiunea de corp bun sau rău conducător de căldură.

a) Prin conductibilitate. Un cui de fer, pe care-l ținem cu un capăt în mână și cu celălalt capăt în foc, după scurtă vreme ne frige.

În schimb, un chibrit aprins poate fi ținut în mână, până când flacăra ajunge la degete.

Tot așa un tub de sticlă, pe care-l încălzim la un capăt până când începe să se topească, rămâne rece la capătul celălalt.

Zicem că ferul este *bun conducător de căldură*, iar

lemnul sau sticla, sunt *rele conducătoare de căldură*.

Dacă, în locul cuiului de fer, am ține în f'acără un cui de aramă de aceeași mărime, căldura ai ajunge și mai repede la mână.

Așadar între corpurile bune conducătoare, unele conduc căldura mai repede, iar altele mai încet.

Vom spune că unele au *conductibilitate* mai mare și altele mai mică.

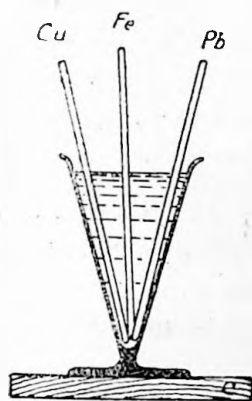


Fig. 57.

Putem arăta ușor diferența de conductibilitate a corpurilor, confundând în apă fierbinte mai multe bastonașe din substanțe diferite (fer, zinc, cupru, sticlă, etc.), unse cu ceară sau cu parafină (Fig. 57).

Ceara se topește de-alungul bastonașelor, până la o înălțime cu atât mai mare, cu cât substanța e mai conductibilă.

Dacă luăm ca unitate de măsură conductibilitatea argintului, avem pentru alte metale următoarele conductibilități găsite experimental.

• Argint	1.00	Fer	0.20
Cupru	0.96	Platină	0.14
Aur	0.75	Staniu	0.15
Aluminiu	0.48	Plumb	0.08
Zinc	0.26	Mercur	0.02

Conductibilitatea lichidelor este foarte mică, iar a gazelor practic nulă.

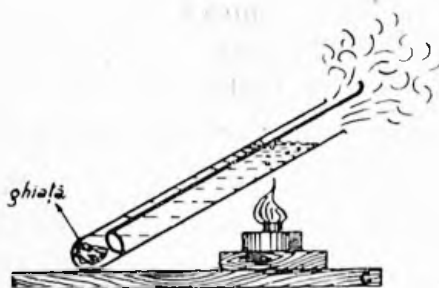


Fig. 58:

Conductibilitatea lichidelor, afară de mercur, este foarte mică. Dacă punem apă într'o eprubetă și introducem la fundul ei o bucată de ghiață, pe care o fixăm cu o sârmă ca să nu se ridice la suprafață, putem fierbe apa la gura eprubetei, fără ca ghiața să se topească (Fig. 58).

Gazele, afară de hidrogen au o conductibilitate aproape nulă.

Aplicații. 1) Pe timp de ger, clanța de la ușă ni se pare mai rece decât lemnul. Explicația e simplă: Lemnul fiind rău conducător, căldura pe care o ia de la mână rămâne localizată la suprafață, unde temperatura se urcă imediat.

În schimb, metalul ia căldura mâinii, o împrășteie prin conductibilitate, în toată masa lui și rămâne rece. Tot așa se explică de ce o bară de metal, expusă vara la soare, pare mai fierbinte decât o bucată de lemn.

2) Dacă tur-tim o flacără, cu o pânză metalică (Fig. 59), observăm că flacăra nu străbate dea-

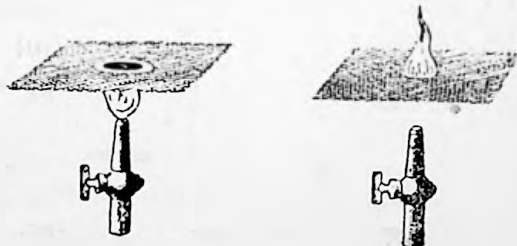


Fig. 59.

supra pânzei, din cauză că metalul, fiind bun conducător, împrășteie căldura și gazele care trec prin pânză se răcesc și se sting.

Pe a est principiu se bazează lampa minierilor, inventată de *Davy* ¹⁾ și arătată în *figura 60*. Se știe că, în minele de cărbuni, se dezvoltă gaze explosibile, care, în contact cu o flacără deschisă, se pot aprinde și cauzează astfel pagube și nenorociri.

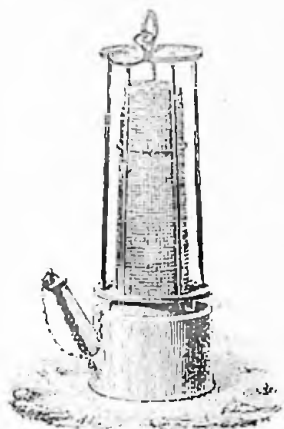


Fig. 60

Invelind flacăra într'o pânză metalică, chiar dacă gazul s'ar aprinde în interiorul lămpii, explozia nu se poate propaga în afară.

3) Substanțele rău conducătoare de căldură ne permit să izolăm corpurile calde sau reci, așa ca temperatura lor să se menție timp mai îndelungat.

Astfel bucătăriile de campanie întrebuințează vase de metal, învelite în pâslă, în care mâncarea soldaților poate fi transportată caldă, la distanțe destul de mari.

De asemeni pătura de aer, rău conducătoare, dintre fe este, izolează camera de frigul de-afară, după cum aerul închis între haine și corp ne apără de frig.

Blănurile țin mai cald decât stofele, pentru că închid mai mult aer între perii lor.

1) *Sir Humphrey Davy*. (1778—1829). Celebru chimist englez. A descoperit, între altele, arcul voltaic și metalele alcaline.

Propagarea căldurii prin gaze și lichide se face prin curenți (convecțiune).

b) Propagarea prin curenți (convecțiune). O cală cu apă, pusă la foc, se încălzește până la fierbere, cu toate că apa nu conduce căldura.

Explicația este ușor de găsit, dacă punem în apă o cantitate mică de tărațe de lemn. Mișcarea tărațelor

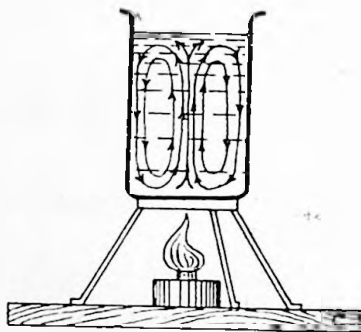


Fig. 61.

ne arată atunci că, în masa lichidului, există curenți, cari duc spre suprafață porțiunile de apă încălzită, de densitate mai mică și transportă spre fund apa rece, de densitate mai mare, dela suprafață (Fig. 61).

Acest mijloc de propagare a căldurii se numește *convecțiune*.

In lichide și în gaze, căldura se propagă aproape numai prin convecțiune.

O lumânare, pusă în dreptul unei ferestre deschise, în timp de iarnă, ne arată, după direcția în care se îndoaie flacăra, că aerul cald, de densitate mai mică, iese din cameră pe la partea de sus a ferestrei și-i înlocuit prin aerul rece de afară, care intră pe la partea de jos.

Tirajul sobelor, vânturile, curenții marini sunt toate fenomene de convecțiune.

Căldura se poate propaga prin raze, ca și lumina.

c) **Propagarea prin radiare** — *Căldură radiantă*. Căldura pe care o primim de la soare nu vine nici prin conductibilitate, nici prin

convecțiune, pentru că în spațiul interplanetar nu există materie.

Zicem că soarele ne trimite căldura *prin raze*, ca și lumina, sub formă de *căldură radiantă*.

Orice corp cald radiază căldură. Ne putem convinge ușor de acest lucru, apropiind de o flacără un

balon de sticlă, din care am scos aerul și în care am introdus un termometru.

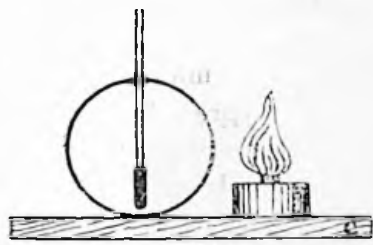


Fig. 62.

Termometrul se urcă, deși căldura nu poate ajunge la el nici prin convecțiune, — fiindcă

am scos aerul, — nici prin conductibilitate, — fiindcă sticla e rău conducătoare (Fig. 62).

Căldura radiantă se propagă în linie dreaptă ca și lumina. Se știe, în adevăr, că dacă oprim cu un ecran lumina care ne vine de la o sobă, oprim în același timp și căldura. O umbrelă deschisă ne apără nu numai de lumină, dar și de căldura radiantă a soarelui.

De asemeni, în timpul unei eclipse solare, odată cu întunericul vine și o scădere de temperatură, ceea ce dovedește că nici căldura nu se propagă în umbra lunii.

Cercetările experimentale au arătat că viteza de propagare a căldurii radiante este egală cu a luminii : 300.000 km./sec. Ne putem da seama de acest lucru, dacă ne gândim că soarele începe să dea căldură, din momentul când răsare. Așadar căldura ne vine odată cu lumina.

Căldura radiantă se propagă în linie dreaptă cu viteza luminii. Ea se reflectă și se refractă cași lumina.

Căldura radiantă se reflectă și se refractă cași lumina.

Faptul este cunoscut de mult. În timpul războaielor punice, apărătorii *Syracusei* concentrau cu niște oglinzi, inventate de Archi-

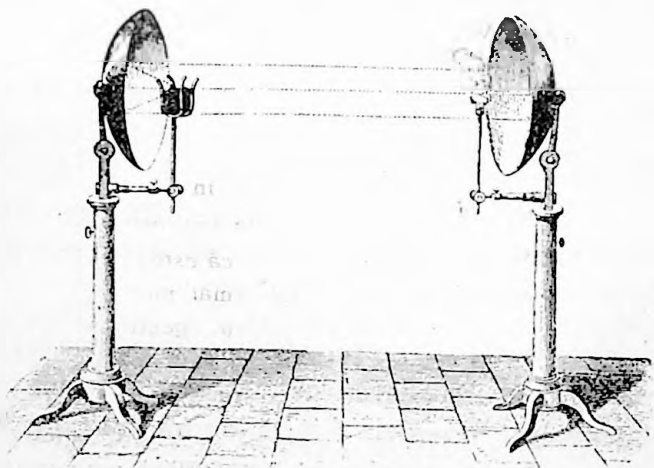


Fig. 63.

(După Deschanel-Everett)

mede¹⁾), căldura soarelui, asupra corăbiilor romane și le dădeau foc.

1) *Archimede* (287—212 î. H.). Una din cele mai mari figuri ale antichității. A descoperit că un corp cufundat într'un lichid suferă o apăsare de jos în sus, egală cu greutatea lichidului deslocuit. Tot el a inventat

Iată o experiență care dovedește reflexia căldurii radiante : Așezăm două oglinzi concave față-în-față, la distanță de câțiva metri una de alta (*Fig. 63*).

În focarul uneia din ele punem un corp incandescent, de pildă o bucată de metal înroșită. Căldura, reflectată sub forma unui mănunchi de raze paralele, ajunge la cealaltă oglindă, care o concentrează în focarul respectiv, unde, dacă punem o bucată de iască, o putem aprinde.

În ce privește refracția căldurii, oricine știe că putem aprinde un corp inflamabil, dacă concentrăm asupra lui, cu o lupă, căldura primită dela soare.

Aceasta dovedește că lupa refractă nu numai lumina, ci și căldura radiantă.

Absorbția și difuziunea căldurii. O rază luminoasă, care cade pe o oglindă, se reflectă. Dacă, în loc de oglindă, raza întâlnește un perete alb, lumina este împrăștiată în toate direcțiile. *Zicem că este difusată.* Un corp

Căldura radiantă
este difusată cași lumina.

alb difusează mai multă lumină, decât un corp negru, pentru că negrul absoarbe cea mai mare parte dintr'ansa.

Același lucru se petrece cu căldura radiantă : Unele corpuri o reflectă sau o difusează ; altele o absorb, în parte sau în total. În special corpurile negre o absorb aproape complet.

Astfel, dacă expunem la soare două termometre, din care

scripetele, roțile dințate, etc. Când Syracuse a fost luată de Romani, l-a omorât un soldat care nu-l cunostea, cu toate că se dăduse ordin să fie cruțat. Ca omagiu, generalul roman *Marcellus* i-a ridicat un monument.

care unul cu rezervorul afumat, acesta, în loc să reflecte căldura sau s'o difuzeze, o absoarbe și se înfierbântă, arătând o temperatură mai ridicată decât celălalt.

Corpurile de culoare închisă absorb căldura radiantă și se încălzesc.

Tot așa un termometru cu alcool, pus în bătaia soarelui, absoarbe mai multă căldură și arată o temperatură mai ridicată decât unul cu mercur.

De aceea n'are nici un sens să măsurăm temperaturile la soare, fiindcă rezultatul depinde de termometru. Trebuie să le măsurăm totdeauna la umbră, adăpostind termometrul de bătaia directă a razelor solare.

Din același motiv, o haină neagră ne apără mai puțin de arșița soarelui, decât una de culoare deschisă.

MAȘINA CU VAPORI

Încălzind apă, într'un vas închis, vaporii cari se formează desvoltă o presiune, cu atât mai mare, cu cât temperatura e mai ridicată.

Această presiune reprezintă o forță, pe care oamenii au încercat de mult s'o folosească. În secolul

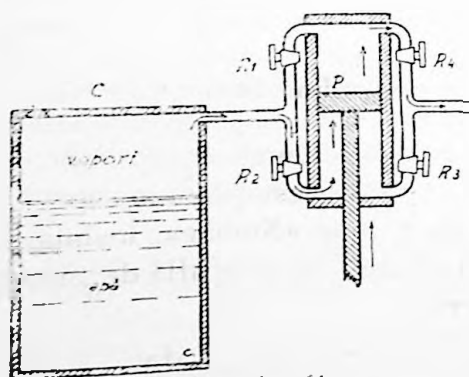


Fig. 64

al doilea al erei creștine, un învățat din *Alexandria* cu numele *Heron* a construit chiar o mașină cu vaporii, din care se trag turbinele de astăzi, dar prima idee practică se datorește lui *Denis Papin*

(1707). Mașina cu vaporii, construită de dânsul se compune, în principiu, dintr'o căldare *C*, (*Fig. 64*) făcută din tablă de fer rezistentă, în care fierbe apa. Un piston *P*, care se poate mișca într'un cilindru, este împins de vaporii cari vin din căldare și apasă pe una din fețele lui.

Când pistonul a ajuns la capătul cursei, printr'un sistem de robinete, manevrate cu mâna de un mecanic, acești vaporii sunt lăsați să iasă în aer. În timp ce alt curent de vaporii intră în cilindru prin partea cealaltă, ca să miște pistonul în sens contrar. Pe la 1717, un copil cu numele *Humphrey Potter*, pus să supravegheze o astfel de mașină și plictisit să tot întoarcă de robinete, a găsit mijlocul să scape de această ocupație neplăcută și să facă mașina să-și închidă și deschidă singură admisiunea vaporilor.

Mai târziu, pe la 1765, mecanicul scoțian *James Watt*, după mai mulți ani de muncă, a reușit să dea mașinii cu vaporii forma sub care funcționează și astăzi, aproape fără modificări.

C mașină cu vaporii se compune în principiu din :

Un cazan în care fierbe apa. După funcțiunea pe care o are de îndeplinit mașina, acest cazan are forme diferite. La mașinile așa numite «*Stabile*», instalate în fabrici și în uzine sau pe vapoare, el se află de multe ori într'o cameră separată.

Pentru a mări pe cât cu putință, suprafața de încălzire și a face astfel economie de combustibil, re-

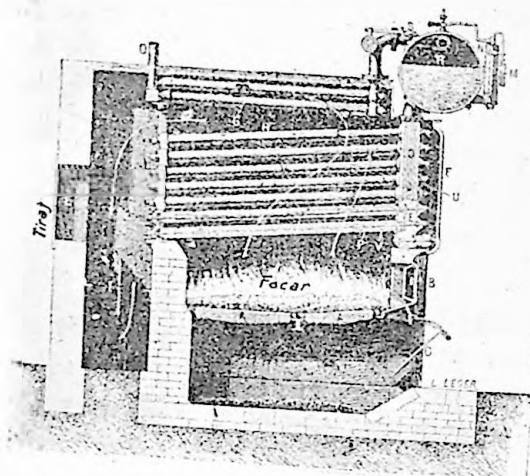


Fig. 65
(După Ganot)

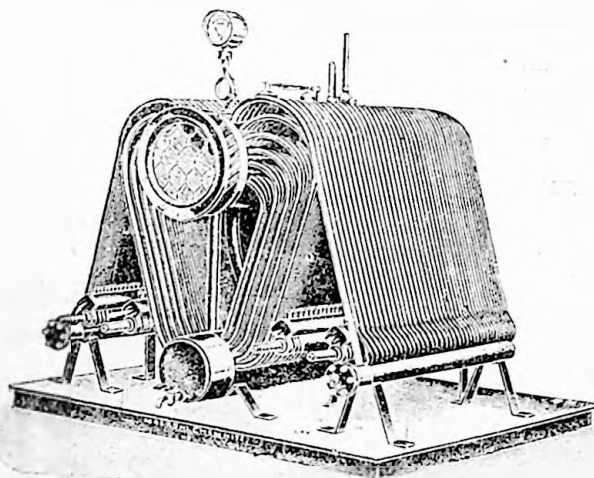


Fig. 66

ducând la minimum scăpările de căldură pe coș, se întrebuințează de obicei *cazane tubulare*. La mașinile stabile sau la vapoare, apa umple un întreg sistem de tuburi, pe care le linge flacăra și a căror suprafață totală poate întrece câteva mii de metri pătrați.

Figurile 65 și 66 reprezintă două tipuri de cazane tubulare, construite pe acest principiu.

Cu chipul acesta, cea mai mare parte din căldura dată de combustibil poate fi întrebuințată la încălzirea apei.

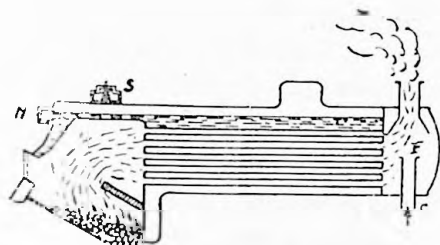


Fig. 67

La locomotive, unde nu dispunem decât de un spațiu mult mai redus, flacăra trece prin niște tuburi, care străbat cazanul dintr'un capăt în altul. (Fig. 67).

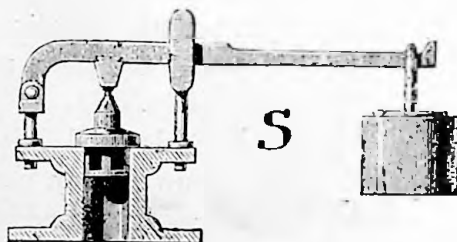


Fig. 67 a.

Un curent de vapori, care îașnește prin tubul *F*, trage aer după dânsul și mărește tirajul coșului, care altfel, fiind prea scurt, n'ar putea întreține un curent destul de puternic.

La locomotivele moderne, la care suprafața de încălzire întrece 300 m², se pot preface în vapori câteva mii de litri de apă pe oră.

Doarece atât lipsa apei, cât și o creștere, prea mare a presiunii pot produce accidente grave, orice cazan trebuie să aibă diverse dispozitive de siguranță, din care cele mai importante sunt *nivelul de apă*, *manometrul* și *supapa de siguranță*.

Nivelul de apă este un tub de sticlă *N* (*Fig. 67 a*), așezat vertical, care comunică pe la amândouă capetele cu cazanul.

În baza principiului vaselor comunicante, înălțimea apei în acest tub va fi aceeași cași în cazan.

Manometrul este un aparat, care arată presiunea din cazan, în kilograme pe centimetrul patrat¹⁾.

El se compune dintr'un tub metalic, răsucit în spirală, care comunică cu căldarea pe la un capăt și este închis la ceălalt capăt (*Fig. 68*).

Presiunea vaporilor tinde să-l îndrepte și-l face astfel să miște un ac, pe un cadran gradat.

În figura 66 se poate vedea manometrul, la partea de sus a cazanului.

1) Presiunea atmosferică apasă cam cu un kilogram pe centimetrul patrat, așa că numărul de kilograme pe centimetru patrat arată totodată numărul de atmosfere presiune.

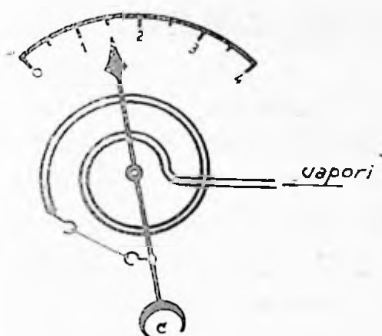


Fig. 68

În fine supapa de siguranță, notată în figura 67 a cu litera S, constă dintr'un dop de metal, pe care un resort sau o greutate potrivită îl apasă pe un orificiu, aflat la partea de sus a cazanului.

Când presiunea este prea mare, resortul cedează și vaporii scapă afară.

2) **Pistonul, cilindrul și organele de distribuție a vaporilor.** Pe una din părțile laterale ale cilindrului se află o cutie, în care vaporii pătrund prin deschiderea F. (Fig. 69) Această cutie comunică cu cilindrul prin

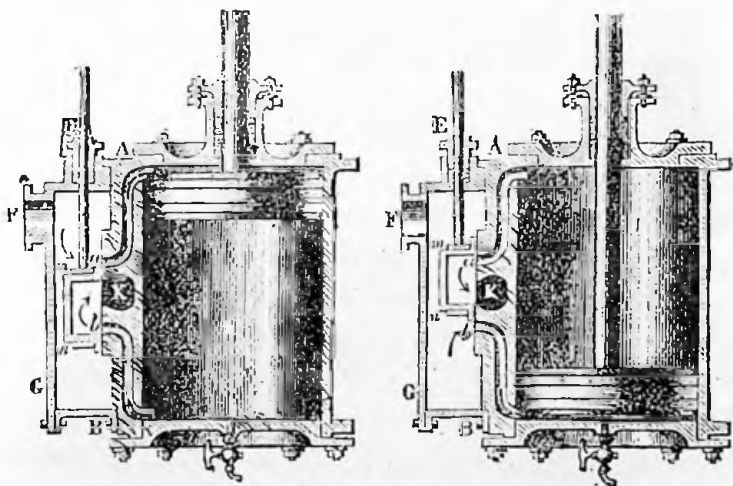


Fig. 69
(După Jamin)

două orificii a și b . O a treia deschidere K este în comunicație cu exteriorul.

În cutie se mișcă o piesă de metal mn , numită «saltaraș», care închide alternativ când unul, când altul din orificiile a și b .

Principiul funcționării este ușor de înțeles.

Când saltarașul lasă deschis orificiul a , vaporii care intră în cilindru împing pistonul în jos.

În momentul, în care pistonul a ajuns la capătul cursei, saltarașul închide orificiul a și deschide orificiul b . Vaporii intră acum prin partea cealaltă a pistonului și-l ridică în sus. În acest timp cantitatea de vaporii aflată deasupra pistonului este alungată afară prin deschiderea K .

Mișcarea saltarașului se face în sens contrar mișcării pistonului, așa că, dacă pistonul se mișcă în sus, saltarașul se mișcă în jos și invers.

Încercările practice au arătat că dacă facem așa ca să nu închidă intrarea vaporilor în cilindru, înainte ca pistonul să fi ajuns la capătul cursei, vaporii care se găsesc înăuntru, prin forța lor de destindere, pot mișca și singuri pistonul mai departe.

Cu chipul acesta consumăm o cantitate mai mică de vaporii și facem economie de combustibil.

Vaporii, la eșirea din cilindru, mai au încă destulă forță de expansiune și de aceea putem realiza o economie și mai mare, dacă, în loc să le dăm drumul în aer, îi trimitem într'un al doilea cilindru, ca să miște alt piston. (Sistemul *Compound*).

Uneori, la mașinile care lucrează la presiune mare,

vaporii trec prin trei sau patru cilindri, înainte de a străbate afară.

3) **Organele de transmisiune a mișcării.** Câte odată e nevoie ca mișcarea alternativă a pistonului să fie transmisă direct altei mașini, de pildă unei pompe. Legăm atunci coada pistonului de pistonul pompei. De cele mai multe ori însă, mișcarea pistonului trebuie transformată într'o mișcare de rotație.

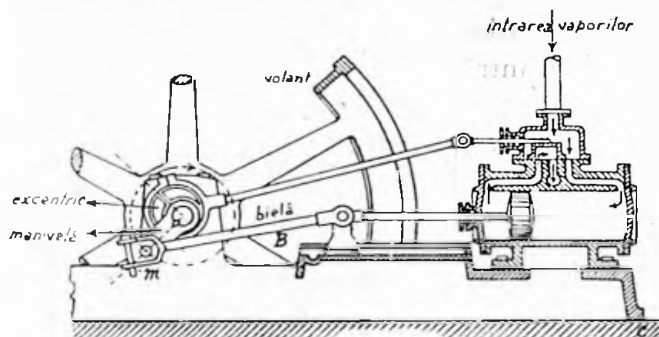


Fig. 70

Pentru aceasta legăm, printr'o articulație, coada pistonului de o bară de oțel *B*, numită «*bielă*». (Fig. 70). La celălalt capăt biela se articulează cu o «*manivelă*» *m* și învâрте astfel un ax, numit «*arbore motor*», pe care se găsește o roată mare și grea, numită «*volan*».

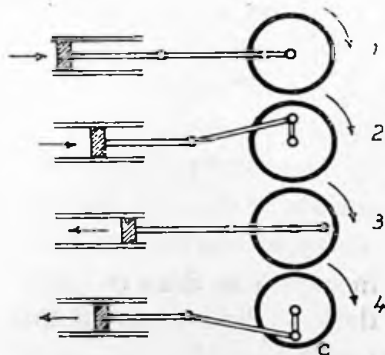


Fig. 71

Rostul acestui volan

este următorul : De două ori în cursul unei rotații complete, coada pistonului, biela și manivela se găsesc în linie dreaptă una față de alta. (Pозиțiile 1 și 3 din figura 71). În acest moment mașina e la un «*punct mort*» și pistonul nu mai poate învârti axul motor. Intervine atunci volanul, care, în virtutea vitezei căpătate, duce mașina mai departe și o scate din punctul mort.

Prin greutatea lui, volanul mai are rolul să absoarbă smunciturile pistonului și să uniformizeze rotația.

Pe aceeași axă cu volanul se află un dispozitiv, numit «*excentric*», a cărui funcțiune este să miște saltarașul. Excentricul constă dintr'un disc, a cărui axă de rotație nu trece prin centrul geometric (Fig. 72).

Discul se învârtă în interiorul unui inel, de care este legată coada saltarașului. Se înțelege ușor

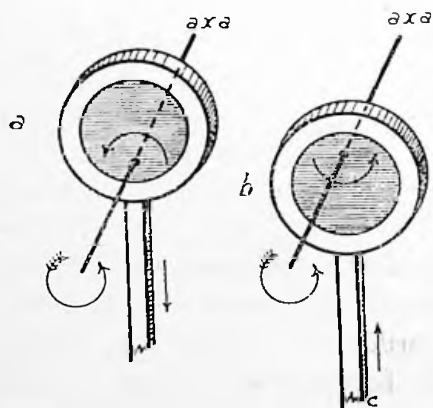


Fig. 72

că mișcarea de rotație a excentricului se transmite saltarașului ca mișcare alternativă și că, după poziția excentricului față de manivelă, putem obține ca saltarașul să închidă și să deschidă intrarea vaporilor, în punctul cel mai convenabil

al cursei pistonului, așa ca să realizăm cea mai mare economie de vaporii.

În figura 70 excentricul este aranjat așa fel încât închide vaporii, în momentul când pistonul se găsește la jumătatea cursei.

Supraîncălzirea vaporilor. În drumul lor prin diferitele organe ale mașinii, vaporii au tendința să se condenseze, mai cu seamă la mașinile de tipul *compound*, unde au trecut prin mai mulți cilindri, înainte de a eși afară.

Supraîncălzirea vaporilor ne permite să facem economie de combustibil.

Ca urmare, ei pierd pe drum o parte din forța lor elastică, pe care altfel am fi putut-o întrebuința cu folos. Pentru a suprima aceste

pierderi, facem ca vaporii, după ce ies din cazan, să parcurgă o serie de tuburi, care trec prin focarul mașinii, unde se *supraîncălzesc*.

În figura 65 aceste tuburi se pot vedea în partea de sus a focarului (notate cu *T*).

Realizăm astfel o importantă economie de combustibil, care poate să întrecă 15%.

Adaptarea unui condensator la mașinile cu vaporii le mărește puțin.

Condensatorul. În timp ce vaporii apasă pe o față a pistonului, pe cealaltă față apasă atmosfera și anulează o parte din presiunea vaporilor.

Rezultă o pierdere de forță, pe care Watt a reușit să o micșoreze, făcând ca eșirea din cilindru să nu mai răspundă în atmosferă, ci într'un spațiu din care s'a

scoas aerul și pe care-l răcim, fie cu un curent de apă, fie dându-i o suprafață de răcire cât mai mare.

Vaporii se condensează în acest spațiu, unde, în locul presiunii atmosferice, domnește presiunea vaporilor saturanți, la temperatura respectivă.

De pildă, dacă temperatura în condensator este de 30° , presiunea care domnește înlăuntru va fi cam de $4/100$ dintr-o atmosferă.

O închidere ermetică a acestui spațiu de condensare, pe care-l numim «condensator», fiind greu de realizat, aerul pătrunde încet-încet înlăuntru prin micile deschideri pe care le găsește și presiunea crește cu timpul. De aceea este nevoie ca, din-când-în-când, o pompă specială să-l scoată afară.

Apa caldă, rezultată din condensare, este foarte bună pentru alimentarea cazanului, pe de o parte fiindcă nu conține săruri disolvite și deci nu depune calcar, de altă parte pentru că ne permite să facem economie de combustibil.

În special la vapoare, apa de condensare simplifică problema alimentării cazanelor, apa de mare neputând fi întrebuințată.

Locomotiva

(lectură)

În urma perfecționărilor aduse de *James Watt*, mașina cu vaporii căpătase forma aproape definitivă și-și făcuse drum în mai toate uzinele importante, încă dela începutul secolului al 19-lea.

Pe la 1807 *Robert Fulton*¹⁾, după ce încercase zadarnic

1) *Robert Fulton* (1785—1815) Inginer american, primul care a realizat propulsiunea mecanică pe apă. După nenumărate succese în navigația fluvială, a construit în 1815 cel dintâi vapor de război, pe care n'a mai apucat să-l vadă în funcțiune.

să-l convingă pe *Napoleon I* să poarte cu aburi flota franceză de război, isbutise în America, unde fluviile erau brăzdate de vapoarele primelor societăți de navigație.

În tracțiunea pe uscat, introducerea mașinii cu vaporii s'a lovit la început de numeroase dificultăți.

Primele încercări datează dela 1769 și au fost făcute în Franța, cu rezultate dezastruoase, la un fel de automobil, imposibil de condus.

Pe la 1804 s'a văzut pe străzile *Filadelphiei* un fel de vehicul, care speria trecătorii și se mișca cu sgomot mare, mai încet decât omul la pas. În același an apare, în minele de cărbuni engleze, un fel de locomotivă rudimentară, care mergea pe șine dințate și angrenaje.

Nimeni n'ar fi putut admite că o mașină, oricum ar fi făcută, poate fi în stare să meargă pe șine de oțel lustruite, fără să lunece. De aceea s'a încercat între altele și un fel de locomotivă cu picioare, care se propteau în pământ, între roți.

Greutățile erau mari. Problema debitului de vaporii, prea mic ca să poată duce fie chiar greutatea mașinii, a tortura mult mintea inventatorilor.

S'a încercat, cu rezultate mediocre, să se activeze focul d' sub cazan, cu un fel de ventilator.

Soluția problemei a fost găsită de un simplu lucrător cu numele de *Stephenson*¹⁾, care de aceea poate fi socotit ca adevăratul inventator al locomotivei moderne.

Afară de diferite chestiuni de amănunt, invenția lui *Stephenson* constă din :

1) *George Stephenson* (1781—1843). Fiu de lucrător minier. Angajat la mină să supravegheze o mașină cu vaporii, o modifică treptat și isbutește s'o perfecționeze. Faima lui era așa de mare încât îl cunoștea întreaga Europă apuseană ca «doctorul mașinilor».

- 1) *Inlocuirea șinelor dințate prin șine netede.*
- 2) *Căldarea tubulară, care mărește suprafața de încălzire și debitul de vaporii.*

3) *Suflarea automată a focului.* Se știe că un curent gazos sau lichid, care țâșnește printr'un tub mai îngust în altul mai larg, exercită în jurul lui, la locul de trecere, un fel de acțiune de sugere, asupra mediului dinprejur.

Stephenson, în loc să dea drumul vaporilor din piston direct în aer, îi trece prin tubul *F* în coșul mai larg al locomotivei (*Fig. 67*).

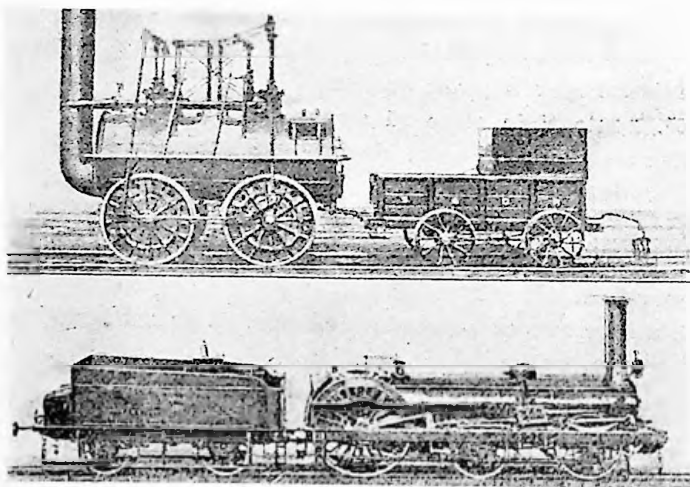


Fig. 73

Sus: Prima locomotivă a lui *Stephenson* din 1825.

Jos: Locomotiva *Crampton* din 1849 care a atins viteza de 180 km/oră (fără vagoane).

(După «*La Sc. et la Vie*»).

Cu chipul acesta, vidul parțial, care ia naștere la locul de trecere, trage prin focar un curent de aer, cu atât mai intens, cu cât debitul de vaporii e mai mare. Activarea focului este automat proporțională cu cantitatea de vaporii consumată. Locomotiva lui *Stephenson* „*Racheta*”, reușește prima la un

concurs instituit în 1829, de o societate care-și propusese să realizeze legătura cea mai avantajoasă între *Manchester* și *Liverpool*, trăgând un tren de 12 tone cu 26 de kilometri pe oră.

Fără sarcină după dânsa, această locomotivă a atins, în ziua concursului viteza de 60 de kilometri pe oră, nemaivăzută pînă atunci.

Pe acea distanță s'a deschis apoi, la 1830, prima linie ferată, pentru mărfuri și călători.

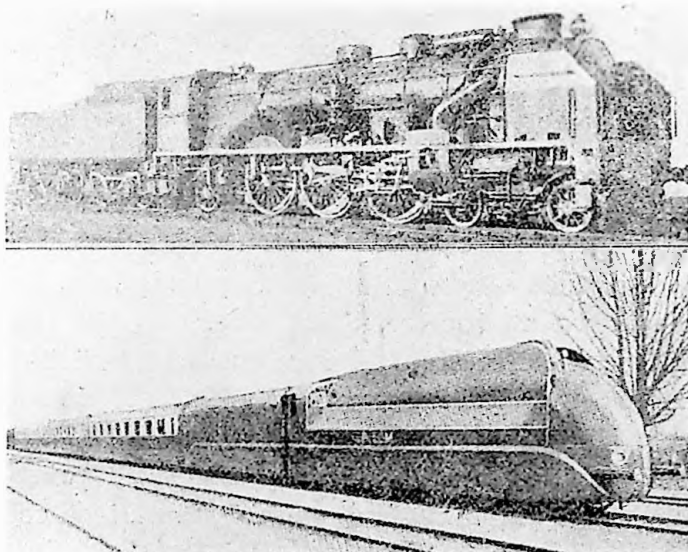


Fig. 74

Sus: Locomotivă «*Pacific*» de 3400 de cai, tip. 1932.

Jos: Locomotivă modernă, a cărei formă, studiată anume ca să taie aerul mai ușor, realizează o mare economie de putere, la vitezele mari.
(După «*La Sc. et la Vie*»)

Treptat locomotiva se perfecționează. Aderența pe șine este mărită, prin legarea mai multor roți de coada pistonului.

Greutatea crește, puterea de asemenea. Prima locomotivă n'avea decât patru tone greutate. Astăzi se pot vedea în Ame-

rica locomotive de 500 tone, care au 38 de metri lungime și 6000 de cai.

Ele consumă 18 tone de cărbuni și 45 de tone de apă pe oră, la o suprafață de încălzire de peste 200 m². În Europa locomotivele cele mai mari nu trec de 3500 de cai, pentru că trenurile sunt mai puțin grele și distanțele mai scurte.

Nevoia de a face economie de combustibil a dus la formula locomotivei „*aerodinamică*” învelită într-un „*carenaj*” de tablă de fer, studiat așa ca să străbată aerul cât mai ușor.

O descriere amănunțită a locomotivei moderne ar cere prea mult spațiu pentru o carte de liceu. Figurile 73 și 74, pot să înlocuiască, în parte, această descriere.

TURBINE CU VAPORI

Din cauza smunciturilor, mașinile cu pistoane nu pot să dea o mișcare absolut uniformă. La mașinile mari, mai ales când sunt instalate pe vapoare, aceste smuncituri sunt foarte supărătoare.

La turbinele cu vapori smunciturile nu există, pentru că ele dau, din capul locului, o mișcare de rotație absolut uniformă.

Funcționarea lor este foarte simplă în principiu, dar construcția întâmpină multe greutăți și cere o precizie deosebită.

Vaporii se produc într-o căldare, trec prin tuburi de supraîncălzire și sunt apoi îndreptați asupra unei roți cu cupe sau cu aripi, de felul aceleia arătate în figura 75.

De oarece, la eșirea din mașină, vaporii mai păstrează încă o viteză destul de mare, îi îndreptăm asupra altei roți, la fel cu prima. Apoi trec la a treia roată și așa mai departe.

Figura 76 arată partea rotativă (rotorul) unei turbine de 60.000 de cai, care face 1.500 de rotații pe minută¹⁾.

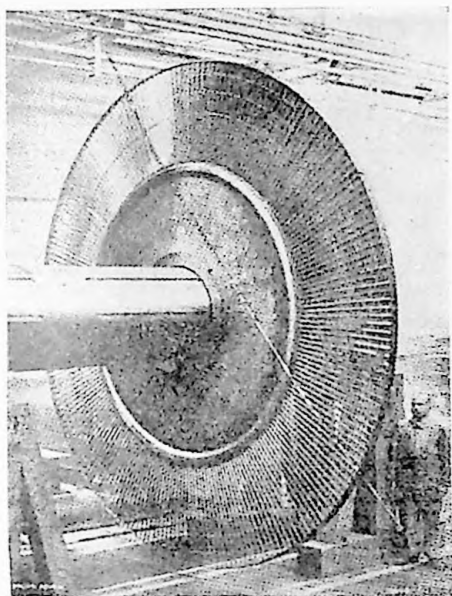


Fig. 75

Rotorul unei turbine de 100.000 de cai.

(Clișeu «La Nature»).

întrebuințate chiar pe locomotive.

Pe lângă avantajul unei funcționări mult mai regulate, turbinele cu vapori mai au, față de mașinile cu pistoane și pe acela al unei consumații de combustibil mai reduse, la putință egală. De aceea tind să le ia locul mai ales în uzinele mari și pe vapoare.

În ultimul timp au început să fie

1) Unitatea de lucru mecanic este *kilogrammetrul*. Ea reprezintă munca pe care trebuie s'o depunem, ca să ridicăm un kilogram la înălțime de un metru. Dacă am avea de ridicat P kilograme, la o înălțime H , lucrul mecanic A , în baza definiției, ar fi:

$$A = PH$$

Când o mașină isbuteste să facă un lucru mecanic de 75 de kilogrammetri, în timp de o secundă, zicem că are un *cal-putință*. Turbina de 60.000 de cai poate produce deci într-o secundă:

$$75 \times 60.000 = 4.500.000 \text{ de kilogrammetri.}$$

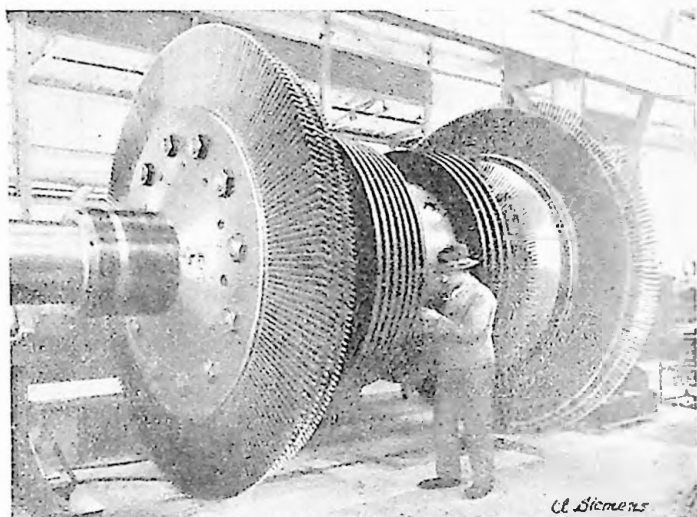


Fig. 76
(Cliseu Siemens-Schuckert)

Vitesa cu care vaporii lovesc cupele roților atinge uneori 1000 de metri pe secundă, ceea ce face ca vitesa cu care se mișcă un punct situat la periferia unei roți să treacă de 500 de metri pe secundă, așadar de vitesa unui glonte.

Din cauza vitezei de rotație, mult prea mare pentru trebuințele practice, turbinele nu se leagă direct cu alte mașini, ci prin intermediul unor angrenaje speciale, care reduc vitesa la o valoare mai potrivită.

MOTOARE CU EXPLOZIE

Explosia unui amestec de aer și vapori inflamabili poate servi ca forță motrice.

Un amestec de aer și de vapori de benzină, de alcool sau de alt lichid inflamabil, explodează când vine în contact cu o flacără. Dacă amestecul explosibil este închis într'un cilindru cu

piston și-l aprindem cu o scântee electrică, explozia împinge cu putere pistonul afară.

Pe acest principiu se bazează diferitele sisteme de motoare cu explozie.

Vom descrie pe cel mai întrebuințat: *motorul în patru timpi*.

Într'un cilindru, pătrunde un piston, a cărui coadă este articulată la un volan *V*. (fig. 77)

În partea din fund a cilindrului sunt practicate

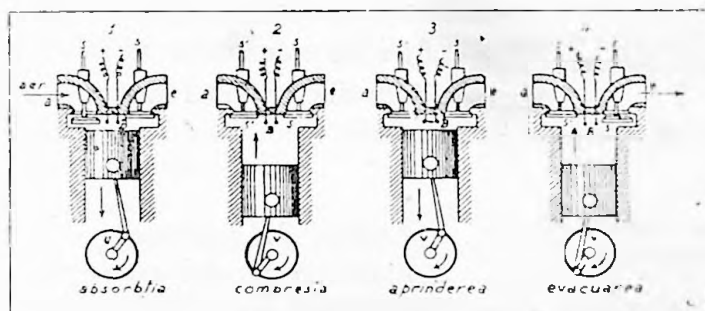


Fig. 77

două deschideri, în care intră niște dopuri conice de oțel *S* și *S'* numite supape.

Amestecul de aer și vapori inflamabili se face în carburator. Deschiderea cu supapa *S'* comunică prin tubul *a* cu un *carburator*, în care un curent de aer trece prin benzină și se încarcă cu vapori.

Deschiderea cu supapa *S* comunică cu exteriorul prin tubul *e*. Un sistem de angrenaje mișcă un dispozitiv, care, la momentul potrivit, deschide una sau alta din cele două supape.

Principiul funcționării este următorul :

In timpul întâi se introduce amestecul explosibil în piston.

Timpul 1 (admisieiunea). Presupunem pistonul în fundul cilindrului. Supapa S' numită de *admisieiune*, este deschisă. Iar supapa S (de *evacuare*) este închisă.

Când pistonul se retrage în cilindru, în locul lui rămâne un gol, pe care vine să-l umple amestecul explosibil de aer și vapori de benzină, din carburator.

In timpul 2 se face comprimarea amestecului explosibil.

Timpul 2 (compresiunea). Supapa de admisieiune se închide și cilindrul, care intră în piston, comprimă amestecul explosibil.

In timpul 3 are loc explosia.

Timpul 3 (explosia). Pistonul a ajuns în fundul cilindrului. În acest moment o scântee electrică se produce automat în B și aprinde amestecul explosibil, făcându-l să arunce pistonul afară.

In timpul 4 se face evacuarea gazelor rezultate din ardere.

Timpul 4 (evacuarea). Pistonul a ajuns la gura cilindrului. Supapa de evacuare se deschide și volanul, în virtutea vitezei căpătate, împinge pistonul înapoi în cilindru și-l face să alunge afară gazele rezultate din ardere.

Apci totul începe dela capăt.

Singurul timp motor este timpul 3.

Recapitulând, observăm că explozia se produce odată la fiecare două rotații ale volanului și că nu lucrează asupra pistonului, decât într-o jumătate de rotație, în timpul 3.

Rezultă că, în ce'elalte trei timpuri, volanul, în virtutea vitezei căpătate, trebuie să ducă singur motorul mai departe, până la viitoarea explozie.

De aceea, la aceste motoare, volanul trebuie să aibă dimensiuni mai mari decât la mașinile cu vapor și totuși smunciturile sunt încă foarte puternice.

Pentru a înlătura acest neajuns, se obișnuiește să se lege de axul motor pistoanele mai multor cilindri, cari acționează pe rând.

Obținem astfel o funcționare mai regulată și mai lipsită de smuncituri.

La motoarele de automobil numărul cilindrilor ajunge la 12, iar la cele de avion poate fi și mai mare.

Observații. 1) Un motor cu explozie nu poate să pornească singur și trebuie să-l ajutăm la început, învârtindu-l cu o manivelă sau cu un motor electric.

2) Explozia din cilindru produce o temperatură de aproape 2.000 de grade. Pentru ca motorul să nu se înroșească, trebuie să răcim cilindrul, făcând să circule în jurul lui un curent de apă rece.

3) Motoarele cu benzină sunt mai puțin economice decât mașinile cu vapor, dar au avantajul că ocupă un spațiu mai redus și de aceea au o întrebuințare întinsă, mai ales în mica industrie și la vehicule.

Un alt avantaj constă în aceea că pot fi puse în funcțiune în orice moment, pe când la mașinile cu vapor, încălzirea apei durează câteva ore.

TRANSFORMAREA LUCRULUI MECANIC ÎN CĂLDURĂ

Frecarea și lovirea
produc căldură.

Încălzirea corpurilor, prin frecare sau prin lovire, este cunoscută de mult.

Omul primitiv aprindea focul, frecând două lemne uscate și oricine știe că esia neunsă ia foc și că frecarea unui cuțit, de piatra tocilei, smulge așchii de oțel incandescente.

S'a observat de mult că, la sfredelirea unui tun, se dezvoltă atâta căldură, încât metalul ajunge să se înroșească; dar explicația acestor fenomene a fost găsită abia pe la 1842 de medicul german *Julius Robert Mayer*,¹⁾, care observând că lovirea și frecarea presupun o cheltuială de energie mecanică, a ajuns la concluzia că *în locul unei cantități de lucru mecanic*

1) *Julius Robert Mayer* (1814—1878), născut în orașelul *Heilbronn* din Germania. A studiat medicina, devenind medic de bord pe o corabie. Pe la 1841 s'a retras în orașul lui natal, ca să se ocupe de studii de fizică. Ideile lui, admise astăzi fără discuție, păreau pe atunci revoluționare și revistele de fizică nu voiau să le publice, pentru că fizicienii timpului admiteau «*principiul caloricului indistuctibil*» și credeau că o cantitate de căldură nu numai că nu se consumă, dar nici nu poate fi transformată.

O cantitate anumită de căldură corespunde unei anumite cantități de lucru mecanic și invers.

caloric equivalent.

Vom presupune că, pentru a produce o caloric mare, trebuie să consumăm lucrul mecanic J , exprimat kilogrammetri¹⁾.

Ca să producem Q calorii mari, va trebui să consumăm un lucru mecanic A , a cărui valoare va fi, evident, de Q ori mai mare. Așadar

$$(19) \quad \boxed{A = J Q} \quad \text{Kilogrammetri.}$$

Lucrul mecanic pe care trebuie să-l consumăm, ca să producem o caloric mare, se numește echivalent mecanic al caloriciei.

In această relație, termenul J , care exprimă lucrul mecanic, necesar ca să producem o caloric mare, se numește echivalent mecanic al caloriciei.

După cum, ca să producem un lucru mecanic, trebuie să cheltuim o cantitate de energie, tot așa, ca să producem căldură, trebuie să cheltuim energie. Experiența ne arată că lumina, căldura, electricitatea, etc. sunt forme diferite ale energiei și că, de câte ori dispăre o cantitate de energie, de o specie oarecare, apare în loc o cantitate anumită și întotdeauna aceiași de energie de altă specie.

Astfel, o mașină cu vaporii poate transforma energia calorică în energie mecanică. Dacă mașina învârtă un

1) Pentru definiția Kilogrammetrului, a se vedea nota de la pag. 141.

generator electric, energia mecanică trece în energie electrică. La rândul ei, aceasta poate alimenta o lampă electrică și se transformă în energie luminoasă și calorică.

Energia se transformă, dar nu se pierde.

Prin urmare energia se transformă, dar nu se pierde.

Acesta e principiul conservării energiei sau principiul echivalenței.

Partea fizicii, care se ocupă cu studiul transformărilor energiei, se numește «termodinamică».

Determinarea echivalentului mecanic al caloriei a fost făcută pentru prima oară în 1843 de Joule¹⁾.

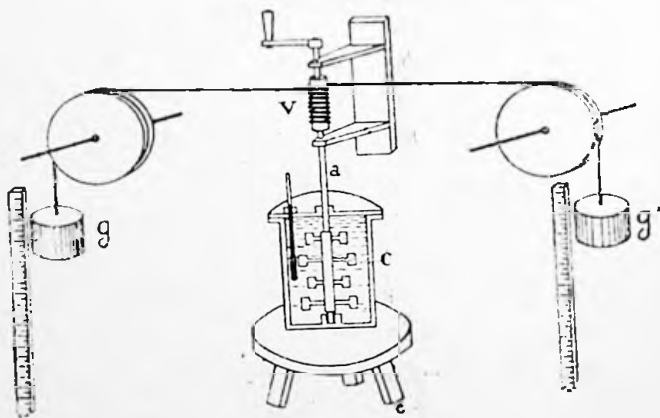


Fig. 78

1) James Prescott Joule (1818—1889), născut în Anglia la Salford, lângă Manchester. A fost un fabricant de bere, pe care-l pasionau cercetările științifice. S'a ocupat între altele cu dilatarea gazelor și cu diferite probleme de electricitate, dar lucrarea lui de căpetenie este măsura experimentală a echivalentului mecanic al caloriei.

transformând în căldură un lucru mecanic, absorbit p. în frecare și măsurând cantitatea de căldură, astfel produsă.

Aparatul lui Joule se compune dintr'un calorimetru C. (Fig. 78) în care căderea greutateilor g și g' , legate cu niște sfori, depănate pe un vârtej V , face să se învârtă o axă cu aripi a .

Înălțimea dela care cad greutateile fiind h , (exprimată în metri) și cele două greutateți cântărind împreună G kilograme, lucrul mecanic efectuat în cădere este

$$a = G h. \text{ Kilogrammetri}$$

După ce greutateile au ajuns la pământ, repetăm operația și avem încă odată lucrul mecanic a .

Pentru n căderi consecutive lucrul mecanic total A , efectuat de greutateți va fi, evident :

$$(20) \quad A = na = n G h \text{ Kilogrammetri.}$$

Frecarea aripiilor, de apa din calorimetru, desvoltă o cantitate de căldură, pe care o putem măsura prin metodele cunoscute ale calorimetriei.

Fie Q căldura desvoltată, exprimată în calorii mari. Aceste Q calorii corespund lucrului mecanic A . Rezultă că, unei singure calorii, îi va corespunde lucrul mecanic.

$$J = \frac{A}{Q}$$

de unde, ținând seama de relația (20), deducem că

$$J = \frac{n G h}{Q}$$

în care toate cantitățile din membrul al doilea pot fi măsurate direct.

Metoda lui Joule nu dă rezultate precise, pentru că nu ține seamă de frecările ce au loc între părțile aparatului, care stau afară din calorimetru și pe care nu le putem evalua.

Măsurile mai noi și mai precise, făcute prin alte metode, între alții și de defunctul profesor *Miculescu* dela Universitatea din București, au dus totdeauna la rezultatul :

Unei calorii mari îi
corespunde lucrul
mecanic $J = 426$ kgr.
m.

$$J = 426 \text{ Kilogrammetri.}$$

oricare ar fi procedeul prin care transformăm lucrul mecanic în căldură.

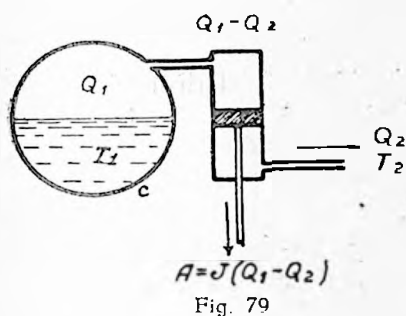
Notă: *Principiul echivalenței se mai numește și «principiul I al termodinamiceii».*

Principiul lui Carnot. Să presupunem că apa încălzită în cazanul unei mașini are temperatura absolută $T^{\circ}K$. și conține cantitatea de căldură Q_1 exprimată în calorii mari.

Vaporii cari se formează mișcă pistoanele mașinii și stăbat apoi în atmosferă.

La eșirea din piston, acești vaporii mai păstrează încă într'înșii o cantitate de căldură Q_2 și au temperatura absolută T_2 .

Diferența, între cantitatea de căldură Q_1 , luată de



la cazan și cantitatea de căldură Q_2 , care scapă din mașină odată cu vaporii, a fost consumată, ca să rezulte un lucru mecanic A .

(Pentru o mai bună înțelegere, a se vedea figura 79).

Conform principiului echivalenței, trebuie ca)

$$(21) \quad A = J (Q_1 - Q_2).$$

Să presupunem acum că în căldarea mașinii se găsesc, la un moment dat, M kilograme de apă, la temperatura T_1 . Dacă le-am răci până la zero absolut, am extrage din ele cantitatea de căldură

$$(22) \quad Q_1 = MT_1 \text{ calorii.}$$

Dacă aceiași apă, după ce scapă din pistonul mașinii la temperatura T_2 , am răci-o tot până la zero absolut, am extrage căldura

$$(23) \quad Q_2 = MT_2 \text{ calorii}$$

Impărțind, membru cu membru, relația (23) prin (22) avem

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{T_2}{T_1}$$

Schimbând semnele în ambii membri, această relație devine

$$\frac{-T_2}{T_1} = \frac{-Q_2}{Q_1}$$

și dacă aplicăm o proprietate a proporțiilor, obținem, adunând la numărătorul fiecărei fracții, numitorul respectiv.

$$\frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

De aci deducem

$$(24) \quad \boxed{Q_1 - Q_2 = Q_1 \frac{T_1 - T_2}{T_1}}$$

Din cantitatea de căldură Q_1 luată de o mașină de la căldare, numai porțiunea

$$Q_1 \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

poate fi transformată în lucru mecanic. Restul scapă netransformat.

Membrul întâi al acestei relații reprezintă, conform relației (21), cantitatea de căldură, pe care mașina o transformă în lucru mecanic.

Membrul al doilea, în care numărătorul fracțiunii este mai mic decât numitorul, ne lămurește că această cantitate este mai mică decât Q_1 . Așadar din cantitatea totală de căldură Q_1 luată de la apa din căldare, mașina reține și transformă în lucru mecanic numai porțiunea

$$Q_1 \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

Restul de căldură se împărăștie în spațiu și scapă netransformat.

Fracțiunea

$$\frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

Fracțiunea $\frac{T_1 - T_2}{T_1}$
se numește coeficient
economic al mașinii.

se numește «coeficient economic»
al mașinii.

Dacă temperatura T_2 , la eșirea
din mașină, ar fi zero absolut,
relația (24) ne-ar da :

$$Q_1 - Q_2 = Q_1 \frac{T_1 - 0}{T_1}$$

sau

$$Q_1 - Q_2 = Q_1$$

de unde

$$Q_2 = 0$$

În acest caz cantitatea de căldură Q_2 , care scapă
netransformată din mașină, ar fi nulă și toată căldura
luată din cazan ar trece în lucru mecanic.

Am văzut însă că zero absolut nu poate fi atins
(pag. 56)

Ca urmare, rezultă că un coeficient economic,

Pentru că zero ab-
solut de temperatură
nu poate fi atins, este
imposibil să transfor-
măm în lucru mecanic
toată căldura, conți-
nută în cazanul unei
mașini.

egal cu unitatea, este imposibil
de realizat și de aceea nu putem
transforma în lucru mecanic, decât
numai o parte din căldura conți-
nută în cazanul unei mașini.

Dacă mărim timpul a u a apei din cazan, sau dacă facem așa ca temperatura vaporilor, la eșirea din mașină, să fie cât mai scăzută cu putință, fracțiunea

$$\frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

crește și astfel îmbunătățim coeficientul economic al mașinii.

Așa se justifică, deoparte, supraîncălzirea vaporilor, înainte de intrarea în corpul de pompă, de altă parte, întrebuințarea condensatorului, ca mijloc de răcire cât mai energetică, la eșire.

*

* *

Experiența ne arată că aceste considerații se aplică nu numai la mașinile cu vaporii. Ele sunt valabile pentru toate mașinile, de orice speță, care transformă căldura în lucru mecanic.

Putem deci enunța următorul principiu general :

Toate mașinile, care funcționează între aceleași limite de temperatură, au același coeficient economic.

Toate mașinile care funcționează între aceleași limite de temperatură au același coeficient economic.

Acesta este *principiul al doilea al termodinamicii sau principiul lui Carnot*¹⁾.

1) *Sadi Carnot* (1786—1832), născut la Paris. A fost căpitan de geniu în armata franceză. Mort de holeră la 36 de ani, a lăsat după dînsul o operă de mare importanță, intitulată «*Réflexions sur la puissance motrice du feu*».

Mișcarea perpetuă este o imposibilitate.

Perpetuum mobile. Una din problemele care au torturat mintea omenescă, maicuseamă în evul mediu, a fost accia de a se inventa o mașină care, odată pusă în mișcare, să nu se mai oprească niciodată și totuși să nu consume nimic. Azi ne dăm seama că o asemenea mașină ar contrazice principiul conservării energiei și de aceea nu poate exista. În adevăr, nu putem admite ca o mașină, oricum ar fi construită, să n'aibă frecări, fie cu aerul, fie a organelor mecanice între ele. Aceste frecări, oricât ar fi de mici, vor absorbi lucru mecanic, ca să-l transforme în căldură și mașina, neavând de unde compensa pierderile, va trebui să se oprească.

Chiar dacă, prin absurd, am admite că s'ar putea suprima cu desăvârșire frecările, o asemenea mașină n'ar fi de nici un folos, pentrucă neputând crea lucru mecanic din nimica, s'ar opri imediat ce am încerca să ne folosim de dânsa. Acest fel de mașină, care ar contrazice principiul I al termodinamicii, se numește „*perpetuum mobile de speța I*”.

Când toate încercările de-a o realiza s'au dovedit zadarnice, cercetările s'au îndreptat în altă direcție :

Apa mării conține o cantitate, practic nesfârșit, de căldură.

Dacă am putea construi o mașină, care cufundată în mare, ar scoate căldura și ar transforma-o în lucru mecanic, am realiza tot o specie de perpetuum mobile.

Mașina, cufundată în mare la o temperatură T_1 , ar trebui doar să ia din apă o cantitate de căldură Q_1 , s'o transforme, în parte, în lucru mecanic, iar restul netransformat Q_2 să-l arunce înapoi în mare, tot la temperatura T_1 .

Formula (24) aplicată acestei mașini ne-ar da :

$$Q_1 - Q_2 = Q_1 \frac{T_1 - T_1}{T_1} = 0$$

Așadar, în acest caz

$$Q_1 = Q_2.$$

și mașina ar svârli înapoi în mare toată căldura primită, fără s-o transforme în lucru mecanic.

Vedem deci că principiul al doilea al termodinamicii ne arată că o asemenea mașină, pe care o vom numi „*perpetuum mobile de speța II*” nu poate să existe.



Fără diferențe de temperatură, transformarea căldurii în lucru mecanic este imposibilă.

Mai mult încă : Principiul lui Carnot ne arată că, *acolo unde nu există diferențe de temperatură coeficientul economic*

$$\frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

nu poate fi decât nul și transformarea căldurii în lucru mecanic este imposibilă.

Observație. — De curând s'a găsit totuși mijlocul de a folosi energia calorifică din mare, fără a contrazice principiile termodinamicii.

În mările calde, de pildă în *Golful Mexic.*, apa de la suprafață ~~între~~ atinge temperatura de $+50^{\circ}$, pe când la 40 — 50 de metri adâncime, e cu câteva grade mai rece.

Dacă am construi o mașină, care să stea cu un capăt la suprafața mării, la o temperatură T_1 și cu celălalt capăt în adâncime, la o temperatură mai joasă T_2 , această mașină ar putea să funcționeze.

Mașina a fost construită în mic de *Georges Claude* ¹⁾ și la primele încercări a arătat că poate într-adevăr să funcționeze.

Altă mașină mai mare a fost însă distrusă de ciclonii cari

1) *Georges Claude*. Fizician și inventator francez contemporan.

bântuie prin regiunile equatoriale și de atunci încercările au fost părăsite, fiind prea costisitoare.

Era o mașină cu vapori, de un model special, în care apa fierbea la $+50^{\circ}$ sub presiune redusă, într'un cazan plutitor, iar vaporii mergeau să se condenseze în adânc.

Degradarea energiei. Principiul al doi'ea al termodinamiceii ne arată că, dintr'o cantitate oarecare de căldură, numai o parte poate fi transformată în lucru mecanic, pe când restul scapă netransformat. Așadar, dacă în cursul schimbărilor succesive, pe care le suferă, energia ajunge să treacă întâmplător prin faza de energie calorică, nu mai poate fi în întregime folosită ca lucru mecanic.

Energia calorică
este o energie degra-
dată.

De aceia vom zice că *energia calorică este o formă de energie degradată.*

Cunoscând acest lucru, enunțarea principului conservării energiei trebuie completată astfel :

Energia nu se pier-
de, dar se transfor-
mă și se degradează.

Energia nu se pierde, dar se transformă și se degradează.

Exemple numerice. Pistonul unei mașini cu vapori are cursa de 80 de centimetri și o suprafață de 2000 de cm^2 .

Presiunea vaporilor este de 10 kilograme pe centimetrul pătrat. Ea imprimă pistonului în cilindru 5 parcursuri pe secundă.

Ne propunem să calculăm puțința în cai a mașinii, neglijând frecările.

— Drumul total l , parcurs de piston într'o secundă, este

$$l = 5 \times 80 = 400 \text{ cm.} \quad (\text{sau } 0,40 \text{ m.})$$

— Presiunea pe centimetru patrat fiind de 10 kilograme, pe toată suprafața pistonului vom avea forța

$$F = 10 \times 2000 = 20.000 \text{ de Kilograme.}$$

— Lucrarea mecanică A , efectuată într-o secundă, fiind dată de produsul forței prin drumul parcurs, avem :

$$A = F \times l = 20.000 \times 0,40 = 8000 \text{ de kilogrammetri/sec.}$$

— De oarece unui cal-putiță îi corespund 75 de kilogrammetri pe secundă, urmează că putița mașinii noastre este de

$$\frac{8000}{75} = 106 \text{ cai}$$

2) Câte calorii mari transformă în lucru mecanic această mașină, dacă equivalentul mecanic al caloriciei este de 426 kilogrammetri ?

— Inlocuind datele în formula

$$A = J Q$$

avem

$$8000 = 426 \times Q$$

de unde

$$Q = \frac{8000}{426} = 18,7 \text{ calorii mari.}$$

3) Dacă vaporii au temperatura de $373^{\circ}K$ la intrarea în piston și $273^{\circ} K$ la eșirea din mașină, care este numărul de calorii mari, luate de la cazan în timp de o secundă ?

— Ne servim de formula

$$Q_1 - Q_2 = Q, \quad \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

După cum am calculat mai sus, căldura $Q_1 - Q_2$, transformată în lucru mecanic este de 18,7 calorii mari.

Făcând înlocuirile în formulă, avem deci :

$$18.7 = Q_1 \frac{373-273}{373}$$

de unde deducem

$$Q_1 = \frac{373 \times 18.7}{373 - 273} = 69,75 \text{ de calorii mari}$$

4) Care este coeficientul economic al mașinii ?

— Coeficientul economic e se calculează din formula

$$e = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

de unde, înlocuind datele, obținem

$$e = \frac{373 - 273}{373} = 0,26$$

5) Combustibilul care arde într-o mașină cu vaporii produce 800 de calorii mari pe secundă, din care numai 12% sunt luate de apa din cazan.

Temperatura vaporilor este de $450^\circ K$, la intrarea în cilindru și de $280^\circ K$ la eșire.

Ne propunem să calculăm putința în cai, de care dispunem, admițând că frecările absorb 50% din putința totală.

— Din cele 800 de calorii mari, apa din cazan absoarbe 12%, așadar

$$800 \times 0,12 = 96 \text{ calorii mari/sec.}$$

— Coeficientul economic al mașinii este

$$e = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{450 - 280}{450} = 0,38$$

— Din cele 96 de calorii mari, luate de la cazan, mașina transformă deci în lucru mecanic numai

$$96 \times 0,38 = 36 \text{ calorii mari/sec.}$$

Equivalentul mecanic al calorică fiind de 426 kilogrammetri, rezultă deci un lucru mecanic de

$$36 \times 426 = 15336 \text{ Kilogrammetri/sec.}$$

— Deoarece frecările absorb 50%, nu putem folosi decât

$$15336 \times 0.5 = 7668 \text{ Kilogrammetri/sec.}$$

— Sau, în cai puțină :

$$\frac{7668}{75} = 102 \text{ cai.}$$

LICHEFIEREA GAZELOR

Se știe că dacă presiunea exterioară ajunge să în-
treacă presiunea maximă a vaporilor saturați ai unui
lichid, aceștia se condensează.

Putem împlini această condiție, fie menținând o
presiune exterioară constantă și micșorând *tempera-*
tura, fie mărin *presiunea* și menținând temperatura
constantă. Pentru unele coruri, în stare gazoasă, ca
vaporii de apă sau de alcool, variațiile naturale ale
temperaturii mediului și ale presiunii atmosferice sunt
suficiente ca să producă condensarea.

Lichefierea unui gaz
se poate face uneori
prin comprimare, alte-
ori prin răcire, sau
prin comprimare și
răcire simultane.

Ca să lichefiem însă celelalte
gaze cunoscute, trebuie să le supu-
nem la presiuni mai mari decât
presiunea atmosferică, sau să re-
curgem la mijloace energice de
răcire.

Uneori combinăm aceste două procedee și răcim
gazul, comprimându-l și răcindu-l în același timp.

a) **Lichefierea prin simplă răcire la presiunea normală** reușește când mijloacele de răcire de care dispunem, sunt suficiente ca să coborâm presiunea vaporilor saturați la valoarea presiunii atmosferice.

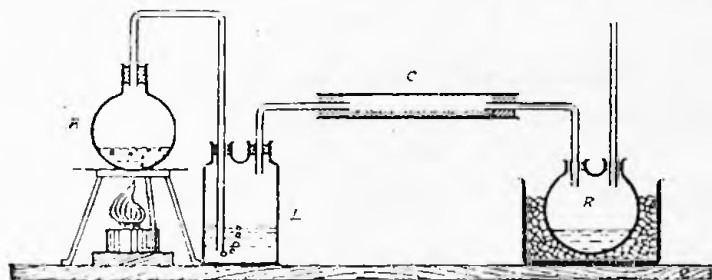


Fig. 80.

Prin acest procedeu ajungem să lichefiem, între altele, anhidrida sulfuroasă, răcind-o la -8°C . Operația se poate face în felul următor :

Anhidrida, preparată în balonul *B* (fig. 80), trece printr'un flacon cu apă *L*, unde lasă urmele de acid sulfuric, apoi printr'un tub *C* cu clorură de calciu, care reține vaporii de apă și străbate într'un balonaș *R*, cufundat în gheață cu sare, în care se condensează. Restul necondensat scapă în aer, prin tubul *T*.

Printr'un procedeu analog putem lichefia și amoniacul, care fierbe la -30° .

b) **Lichefierea prin comprimare** are loc în momentul în care presiunea gazului ajunge egală cu presiunea vaporilor saturați ai lichidului respectiv, la temperatura ordinară.

Aşa putem lichefia între altele :

Bioxidul de sulf la $+10^{\circ}$ sub 3.24 atmosfere presiune, sau la $+30^{\circ}$ sub 4.5 atmosfere.

Amoniacul la $+10^{\circ}$ sub 6 atmosfere, sau la $+20^{\circ}$ sub 8.4 atmosfere.

Bioxidul de carbon la 0° sub 35.4 atmosfere sau $+10^{\circ}$ sub 46 de atmosfere.

c) **Lichefierea prin răcire și comprimare** a fost practică pentru prima oară de *Faraday*.¹⁾

Într'un tub de sticlă rezistentă, îndoit la mijloc, (*Fig. 81*) se introduc în capătul *A* diverse

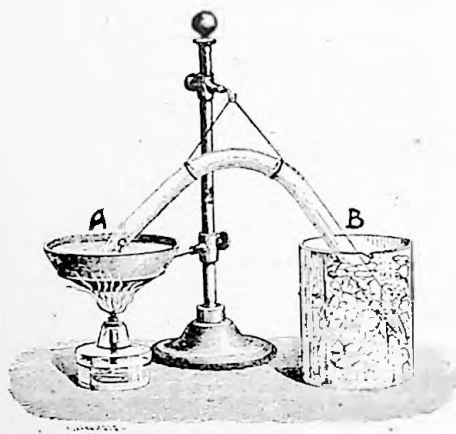


Fig. 81.

(După *Deschanel-Everett*).

substanțe chimice, care încălzite dau naștere gazu'ui pe care vrem să-l lichefiem, Apoi tubul se închide, topind sticla în flacără și capătul *B* se introduce într'un amestec refrigerent. Pe măsură ce cantitatea de gaz care se formează în tub crește, presiunea se

urcă și când ajunge egală cu presiunea vaporilor satu-

1) *Michel Faraday*. (1791—1867). Fizician și chimist englez autodidact. Din simplu ucenic de legătorie a ajuns unul din cei mai mari experimentatori din căți a avut omenirea. În afară de cercetările lui asupra gazelor, s'a ocupat cu problemele de electricitate, ajungând să găsească legile electrolizei și legile inducției, care acum stau la baza electrotehnicii moderne.

ranți. care corespunde temperaturii din *B*, lichefierea începe și gazul se condensează după principiul pere-telui rece, în capătul răcit al tubului.

Clorul, preparat prin încălzirea hidratului de clor cristalizat ($Cl + 8 H_2O$), a fost primul gaz lichefiat prin acest procedeu.

În al ă serie de experiențe, *Faraday* comprima gazul până la 50 de atmosfere, cu o pompă de compresie și-l răcea cu un amestec refrigerent, compus din anhidridă carbonică solidă, dizolvită în eter.

Evaporat sub clopotul unei mașini pneumatice, acest amestec coboară temperatura până la $-110^{\circ} C$.

Cu chipul acesta au putut fi lichefiate și chiar solidificate mai toate gazele cunoscute.

Iată și condițiile de lichefiere și solidificare la câteva gaze.

<i>Acid iodhidric</i>	{	lichid	0°	3.9 atmosfere	
		solid	-50°	1.0	..
<i>Tetrafluorură de Si.</i>		lichid	-110°	9.0	
<i>Bioxid de sulf</i>	{	lichid	0°	1.5	..
		solid	-76°	?	..
<i>Hidrogen sulfurat</i>	{	lichid	0°	10.0	..
		solid	-85°	1.8	..
<i>Bioxid de carbon</i>	{	lichid	0°	38.5	..
		solid	-57°	5.3	..
<i>Amoniac</i>	{	lichid	0°	4.4	..
		solid	-77°	?	..

Temperatură critică. *Faraday* n'a isbutit să liche-

fieze toate gazele cunoscute pe vremea lui, dar și-a dat seama dela început că nereușita nu se datorește decât lipsei mijloacelor de a obține o temperatură îndeajuns de coborâtă. ¹⁾).

Nu putem lichefia un gaz, dacă nu-i coborâm temperatura sub punctul critic, oricât l-am comprimăm.

de temperatură).

Presiunea, sub care obținem lichefierea la temperatura critică, se numește presiune critică.

După dânsul, cercetările au fost continuate de alții și astăzi se știe că *nu putem lichefia un gaz, dacă nu-i coborâm temperatura sub anumită limită, care se numește temperatură critică (sau punct critic*

Fiecare gaz are altă temperatură critică și presiunea sub care obținem lichefierea chiar la temperatura critică se numește presiune critică.

Pe măsură ce răcim gazul sub temperatura critică, ajungem să-l lichefiem la presiuni din-ce-în-ce mai mici și când temperatura s'a coborât în deajuns, îl putem lichefia chiar la presiunea atmosferică. Dar *dacă temperatura e mai ridicată decât temperatura critică, gazul nu poate fi lichefiat, oricât l-am comprima.*

Ca să obținem temperaturi îndeajuns de joase, dispunem astăzi de două metode practice, prin care putem lichefia și chiar solidifica toate gazele cunoscute.

1) Au rezistat lichefierii: oxigenul, azotul, hidrogenul, oxidul azotic, metanul și oxidul de carbon, care de aceia au fost numite gaze *permanente*.

Aceste metode sunt :

Răcirea produsă prin evaporarea bruscă a unui gaz lichefiat poate servi la lichefierea altui gaz, a cărui temperatură critică e mai joasă decât a primului.

a) **Metoda lichefierilor în cascadă.** Evaporând sub presiune redusă un gaz deja lichefiat, se produce o cădere de temperatură, pe care o putem folosi ca să lichefiem alt gaz, care cere, ca să poată fi lichefiat, o temperatură mai joasă decât primul.

La rândul lui, acest gaz ne dă, prin evaporare, o nouă cădere de temperatură și astfel realizăm temperaturi din-ce-în-ce mai joase.

De pildă, dacă evaporăm în vid anhidridă sulfuroasă lichidă, obținem o temperatură, destul de joasă ca să putem lichefia anhidrida carbonică și aceasta, la rândul ei, ne dă prin evaporare — 140° C.

Tot așa, evaporând succesiv clorura de metyl, etilenul, oxigenul, hidrogenul și heliul, putem atinge — 272° . În practică, fiecare din aceste gaze este lichefiat prin căderea de temperatură produsă de evaporarea gazului ce-l precede în serie.

Fiecare gaz, după ce s'a evaporat, intră din nou la lichefiat și poate servi la nesfârșit, fără să se împrășteie.

b) **Metoda destinderii adiabatică.** Când vrem să comprimăm un gaz, trebuie să lucrăm în contra forței lui de expansiune, deci să executăm un lucru mecanic. Acest lucru mecanic se transformă în căldură și tinde să ridice temperatura.

Ne putem convinge de acest lucru, ținând în mână o pompă de bicicletă, cu care comprimăm aer într'un

rezervor oarecare. Dacă pompăm destul de repede, temperatura se urcă, până când n'o mai putem suporta.

Dacă însă comprimarea se face cu încetul, căldura, pe măsură ce se desvoltă, este absorbită de mediul înconjurător și temperatura rămâne staționară.

Comprimarea este, în acest caz, «isotermă» și urmează legea lui *Boyle-Marionette*.

Când, din contra, micșorăm vo'lumul gazului, într'un timp așa de scurt încât căldura care se desvoltă să n'aibă când se împrăștia în spațiu, este ușor de înțeles că temperatura gazului trebuie să se ridice.

Dacă acum, după ce am comprimat gazul, așteptăm să reia temperatura mediului și facem operația inversă, lăsându-l să se destindă la loc, îl obligăm să lupte în contra presiunii atmosferice și deci să execute un lucru mecanic, care absoarbe căldură.

Când destinderea se face foarte repede, așa ca mediul înconjurător să n'aibă când compensa pierderea de căldură, este evident că gazul trebuie să cheltuiască din căldura lui proprie și de aceea se răcește.

O comprimare adiabetică urcă temperatura unui gaz, iar destinderea adiabetică o coboară. Comprimările adiabatice nu urmează legea lui *Boyle-Marionette*.

O astfel de comprimare (sau destindere), care nu dă timp gazului să primească sau să cedeze căldură mediului înconjurător se numește «adiabetică».

Comprimările și destinderile a-

diabatice se fac cu variație de temperatură și de aceea nu urmează legea lui *Boyle-Mariotte*.¹⁾

Urmărilor destinderii adiabatice le cunoaște de altfel oricine. Când suflăm cu putere asupra mâinii, se produce o destindere adiabatică și simțim răceală, cu toate că aerul iese cald din plămâni.

Tot așa vânturile care suflă din vale spre munte sunt vânturi reci, pentru că aerul care urcă muntele pătrunde spre regiuni cu presiune atmosferică mai scăzută, suferă o destindere adiabatică și se răcește²⁾.

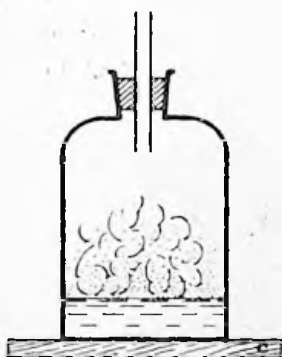


Fig. 82

Următcarea experiență, foarte simplă, ne arată de asemeni efectele destinderii adiabatice.

Într'un flacon de sticlă, cu o capacitate de 2–3 litri, astupat cu un dop, pătrunde un tub larg de sticlă (*Fig. 82*). Punem pe fundul flaconului o cantitate de 20–30 de centimetri cubi de alcool, suflăm cu putere aer înlăuntru, apoi astupăm repede tubul cu degetul.

Așteptăm ca aerul introdus să ia temperatura camerei. scuturăm flaconul, pentru ca atmosfera din el să se satureze cu vapori, apoi deschidem brusc tubul.

1) Pe acest principiu funcționează motorul *Diesel*, la care comprimarea adiabatică a unui amestec explosibil de aer și motorină pulverizată ridică temperatura până într'atâta, încât aprinderea se face dela sine, fără ajutorul scânteii electrice.

2) Cam cu 0.7–0.8 grade pentru fiecare sută de metri înălțime.

Destinderea adiabetică dă loc la o scădere de temperatură și vaporii de alcool se condensează sub forma unei neguri, care dispare foarte repede.

Condensarea nu se mai produce, dacă destinderea aerului se face cu încetul.

Coborârea, de temperatură dată de o destindere adiabetică poate fi întrebuințată la lichefierea gazelor.

*Cailletet*¹⁾ a fost cel dintâi, care a întrebuințat destinderea adiabetică a gazelor, ca mijloc de răcire pentru lichefierea lor.

Procedeul este foarte avantajos, pentru că o destindere dela 200 de atmosfere, până la

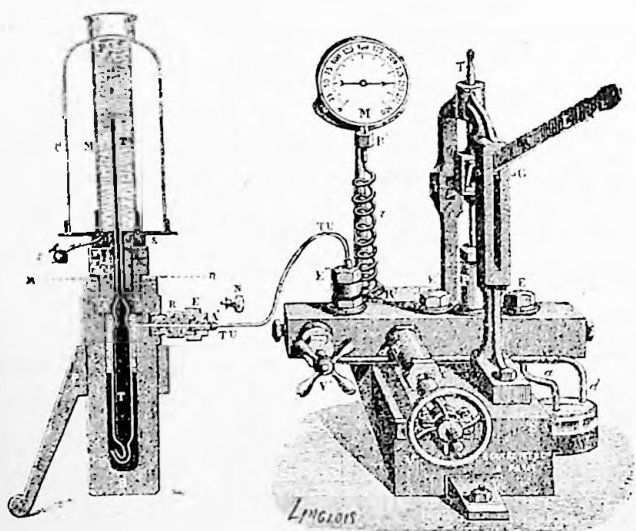


Fig. 83.

(Clișeu Ducretet)

1) *Paul Cailletet* (1832—1913) fizician și industriaș francez.

presiunea normală, poate produce o cădere de temperatură de aproape 200 de grade.

Aparatul lui se compune dintr-o pompă *P*, care pompează apă într'un rezervor de oțel *B* (*Fig. 83*). Pe fundul rezervorului se află o cantitate de mercur, în care stă cufundat capătul deschis al unui tub de sticlă, cu pereții groși *T*.

În tub se introduce gazul de studiat. Forțunea de tub care iese afară din rezervor pătrunde într'un manșon de sticlă *M*, în care turnăm apă rece sau un amestec refrigerent.

Apă pe care o pompăm în rezervor apasă asupra mercurului, îl împinge în tub și comprimă gazul. Rezervorul rezistă până la presiuni de peste 300 de atmosfere, pe care le măsurăm cu manometrul *M*.

Când am atins presiunea dorită, deschidem brusc robinetul *V* și dăm drumul apei să iasă din rezervor. Gazul se destinde adiabetic și se răcește, condensându-se pe pereții tubului, sub formă de picături mici care dispar foarte repede.

Cu acest procedeu *Cailletet* a isbutit să lichefieze toate gazele pe care nu le putuse lichefia *Faraday*.

O experiență foarte frumoasă, care arată cum se răcește un gaz în urma destinderii adiabatice se poate face cu o bombă de acid carbonic lichid, de felul acelor care se întrebuințează la fabricile de sifoane. (*Fig. 84*).

Așezăm bomba într-o poziție puțin înclinată, adaptăm la gura ei un sac de pânză groasă și dăm drumul gazului să iasă brusc afară.

Destinderea adiabetică scoboără temperatura și sacul se umple cu anhidridă carbonică, a cărei înfățișare aduce mult

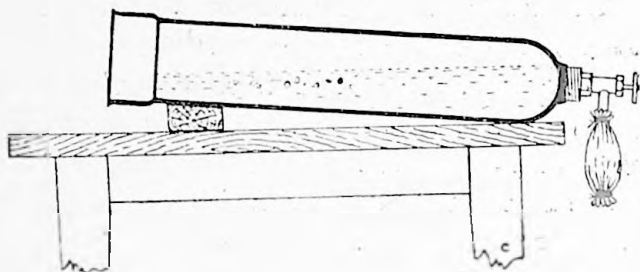


Fig. 84.

cu a zăpezii, dar pe care nu-i bine s'o strângem în mână, pentru că-i așa de rece, încât distruge țesuturile prin înghețare și produce răni dureroase.

Lichefierea industrială a aerului. Aparatul lui Caillëtet nu poate produce decât cantități foarte mici de gaz lichefiat și servește numai pentru experiențe de laborator.

Există însă mașini, care funcționează tot pe principiul de compresie adiabatică și ajung să dea până la câțiva litri de aer lichid pe oră.

În principiu, o mașină pentru fabricat aer lichid

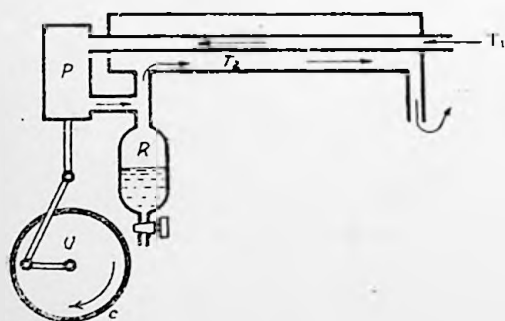


Fig. 85.

poate fi construită după schema din figura 85.

O pompă specială ia aerul din atmosferă și-l trimite sub presiune, printr'un tub T_1 , într'un cilindru cu piston, a-

nalog cu acela dela mașina cu vapori. Mișcând pistonul, aerul comprimat se destinde adiabetic și efectuează un lucru mecanic, care absoarbe căldură și-l răcește.¹⁾

Asfel răcit, circulă prin tubul T_2 și servește ca refrigerent pentru cantitățile noi de aer, care intră prin T_1 . Apoi revine la pompă, care-l comprimă din nou și-l trimite înapoi în mașină prin tubul T_1 .

Lichefierea industrială a aerului folosește efectul mai multor destinderi adiabatice succesive.

Cu chipul acesta, aerul care intră în mașină este din-ce-în-ce mai rece și răcirea continuă până când s'a atins temperatura de lichefiere.

Porțiunile de aer lichid care iau naștere se adună în rezervorul R .

Pistoanele mașinii trebuiesc unse. Cum toate uleiurile cunoscute îngheață la temperatura aerului lichid, nu putem întrebuința pentru ungere decât sau eterul de petrol, sau însuși aerul lichefiat.

Pe acest principiu funcționează mașina construită de inventatorul francez *Georges Claude*.

Mașina lui Linde *) se bazează tot pe principiul destinderii adiabatice. Ea se compune dintr'o pompă cu doi cilindri. (Fig. 86). În primul cilindru C_1 , aerul luat din atmosferă este comprimat la 16 atmosfere și trece într'al doilea cilindru C_2 , care urcă presiunea la 200 de atmosfere.

De oarece comprimarea produce căldură, atât cilindrii, cât și tuburile care pleacă dela pompă sunt răcite cu apă.

1) Lucrul mecanic efectuat de aerul care se destinde poate fi întrebuințat ca să ajute motorul pompei de compresiune.

2) *Karl von Linde*, Inginer și profesor la München.

Aerul comprimat trece apoi prin tubul $\{$, unde se usucă, circulă printr'un serpentin răcit cu un amestec refrigerent și pătrunde într'o serie de serpentine, vârlate concentric unul în altul.

După ce parcurge primul serpentin S_1 , trece prin robinetul r ,

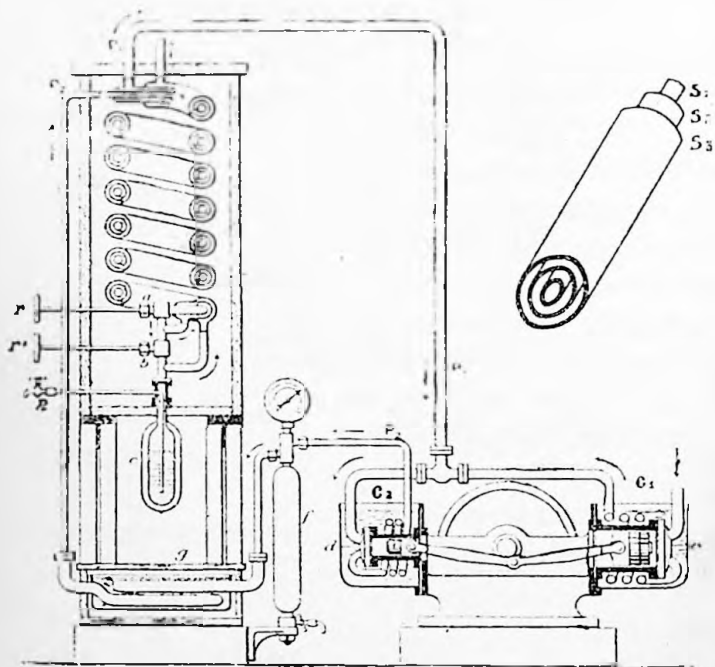


Fig. 86.
(După Lamotte)

se destinde adiabatic și să răcește. Astfel răcit, circulă printr'al doilea serpentin S_2 și servește ca refrigerent pentru primul. Apoi revine la pompă prin tubul P , și este din nou comprimat la 200 de atmosfere.

Cu chipul acesta, după mai multe destinderi succesive, aerul se răcește până aproape de temperatura de lichiefiere.

În acest moment deschidem robinetul r' și-i dăm drumul în atmosferă, prin serpentinul S_2 . Această ultimă destindere îl face să se lichefieză în mare parte. Lichidul se adună în rezervorul C , de unde presiunea îl alungă afară prin robinetul R .

Proprietățile și întrebuințările aerului lichid. Aerul lichid este un amestec incolor de azot lichid și oxigen lichid.

Nu-l putem păstra în vase închise, fiindcă prin evapora-

re desvoltă o presiune prea mare, dar îl putem păstra în vase speciale de sticlă, — numite vase *Dewar*¹⁾

— cu pereții dubli, între care s'a făcut vidul cât mai perfect cu putință (*Fig. 87*). Cu chipul acesta căldura nu poate pătrunde înăuntru nici prin con-

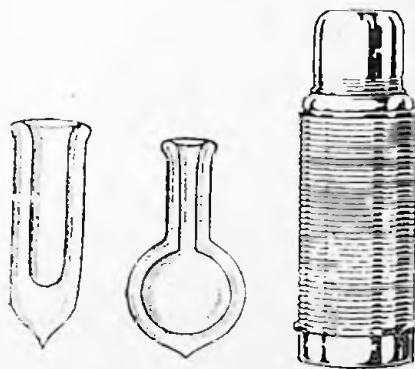


Fig. 87.

vecțiune, fiindcă am scos aerul, nici prin conductibilitate, fiindcă sticla e rău conducătoare. Pereții vasului sunt argintați pe dinăuntru, ca să oprească și căldura radiantă, reflectând-o.

Aceste vase sunt de altfel bine cunoscute, sub numele de vase «*Thermos*» și servesc în excursii, pentru păstrat băuturile calde sau reci.

1) Sir James Dewar. Fost profesor la Cambridge în Anglia.

Oxigenul lichid fierbe la -193° iar azotul la -180° .

De aceea putem separa din aerul lichid oxigenul de azot, prin distilare fracționată și obține astfel oxigen curat în cantitate mare, pentru trebuințele industriale și medicale.

Din aerul lichid se pot extrage prin distilare fracționată oxigenul, azotul și gazele nobile.

Tot prin distilare fracționată se pot extrage din aerul lichid gazele nobile, care servesc la umplerea becurilor electrice și a tuburilor de reclamă luminoasă¹⁾.

La noi în țară avem fabrici de aer lichid la București și Cernăuți.

Foarte multe corpuri, cufundate în aer lichid, își schimbă proprietățile. Astfel, la temperatura aerului lichid, căldura specifică a corpurilor devine foarte mică și rezistivitatea electrică a metalelor dispare. Metalul devine astfel «*supraconductibil*».

O bucată de carne, un fruct sau o floare, cufundate câteva minute în aer lichid se fac tari ca porțelanul; o placă de plumb moale se întărește și sună ca un clopot, iar mercurul se solidifică și putem bate cuie cu dânsul.

Dacă suflăm aerul din plămâni prin aer lichid, vedem cum anhidrida carbonică expirată se solidifică imediat, sub formă de fulgi albi și mărunți.

Aerul lichid întreține arderea cași aerul gazos.

1) La reclamele luminoase se întrebuințează mai ales neonul, care dă lumină roșie intensă.

Un chibrit aprins, introdus în aer lichid, continuă să ardă și anhidrida carbonică rezultată din ardere se solidifică imediat.

Instalații frigorifere. Gazele care se pot lichefia ușor prin simplă comprimare, de pildă clorura de metyl, bicxidul de carbon și mai ales amoniacul sunt foarte întrebuintate în instalațiile frigorifere, în care păstrăm la rece alimentele, precum și la fabricarea gheții artificiale.

O fabrică de gheață funcționează după principiul următor :

Instalațiile frigorifere folosesc răcirea produsă prin evaporarea unui gaz lichefiat, pe care apoi îl condensează din nou prin comprimare.

O pompă aspiratoare-respingătoare P (*fig. 88*) trage amoniac lichid dintr'un rezervor R și-l face să se evaporeze.

Evaporarea produce o scădere de temperatură și gazul, astfel răcit, circulă printr'un serpentin S_1 , cufundat într'un rezervor cu apă sărată, pe care plutesc mai multe vase de tablă V_1, V_2, V_3 , etc., pline cu apă curată.

Apa sărată îngheață mai greu, dar scăderea de temperatură ajunge ca să înghețe apa curată din vase.

Amoniacul gazos este apoi comprimat de aceeași pompă, în serpentinul răcit cu apă S_2 , unde se lichefiază din nou și curge înapoi în rezervorul R .

Cu chipul acesta, o cantitate oarecare de amoniac lichid poate servi timp îndelungat, fără să se piardă.

Dacă, în loc să trecem serpentinul S_1 prin apă sărată

Îl-am trece printr-o cameră căptușită cu plută sau cu altă substanță rău conducătoare de căldură, temperatura aerului din cameră s'ar coborâ deajuns, ca să putem păstra într'ânsa alimentele supuse stricăciunii. Pe acest principiu sunt făcute vapoarele și trenurile frigorifere, care permit populației nevoiașe din marile centre europene, să consume carne de vită, adusă din *Argentina* sau din *Australia*.

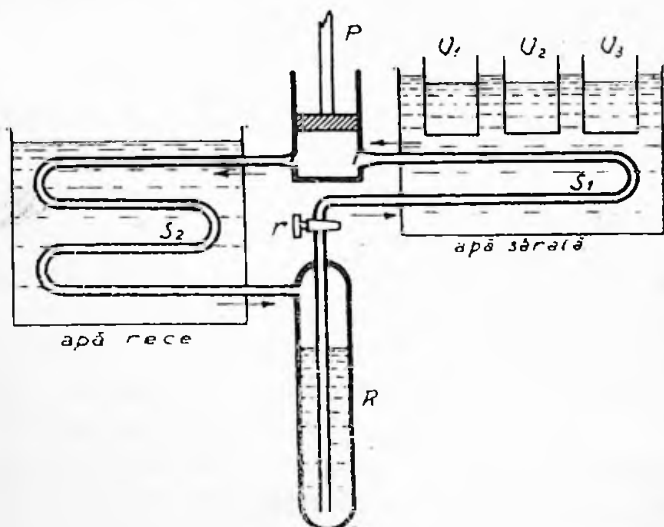


Fig. 88

Același sistem se întrebunează în țările calde, ca să răcorească locuințele în timpul verii.

NOȚIUNI DE METEOROLOGIE

Atmosfera (lectură)

Se știe că aerul atmosferic se compune din oxigen, azot, vapori de apă și o cantitate foarte mică de ozon, bioxid de carbon și gaze nobile.

Rolul oxigenului, de-a întreține viața și al azotului, de a domoli acțiunea oxigenului, sunt deajuns de bine cunoscute.

Bioxidul de carbon nu intră în compoziția atmosferei, decât în proporție foarte redusă și nu-l găsim decât în păturile inferioare. Totuși, fiindcă se bucură de însușirea de-a absorbi căldura radiantă, rolul lui în atmosferă are o importanță deosebită.

Se știe că pământul radiază căldura în spațiu și tinde să se răcească. Bioxidul de carbon absoarbe în mare parte această căldură și ridică temperatura atmosferei, care la rândul ei radiază căldura înapoi spre pământ. Pătura de bioxid de carbon formează astfel un strat izolator, care împiedică pământul să se răcească.

Același rol de protecție, în contra pierderilor de căldură, îl au și vaporii de apă. Cricine știe că frigul iernii se înăsprește, când cerul se înseninează.

Fizicianul *Svante Arrhenius*¹⁾ a calculat că dacă bioxidul de carbon ar dispărea din atmosferă, temperatura medie pe pământ ar scădea cu 17 grade.

Ca urmare, vaporii de apă din aer condensându-se la rândul lor, ar dispărea și cel de-al doilea înveliș de protecție și după aceea temperatura s'ar coborî atâta, încât nici o vietate n'ar mai putea să trăiască.

Nu se cunoaște exact înălțimea atmosferei.

Măsurând înălțimea la care meteoritele, în căderea lor, ajung de se aprind prin frecarea cu aerul, s'a găsit 70—80 de kilometri, dar auroarele polare au loc cel mai des la înălțimi de 100—110 kilometri și uneori iau naștere chiar la 700—800 de kilometri înălțime.

Fiindcă auroarele polare nu-s decât descărcări electrice, datorite radiațiilor solare și fiindcă asemenea descărcări nu se pot produce în vidul absolut, rezultă că atmosfera se întinde cel

1) *Svante Arrhenius* (născut la 1859) Profesor la Stockholm. Pentru lucrările lui a fost răsplătit cu premiul Nobel.

puțin până la înălțimea de 1000 de kilometri, dar nu se știe încă ce gaze ne găsesc la această înălțime.

Pentru păturile mai joase avem la dispoziție diverse mijloace de cercetare: între altele ascensiunile pe munți sau în balon și *baloanele-sondă*, care ridică cu ele aparate de înregistrare automată și cad apoi încet pe pământ, desumflându-se. S-a atins astfel înălțimea de 40 de kilometri.

Rezultatul măsurilor arată că, în zonele temperate, temperatura scade mereu până la înălțimea de aproximativ 11.000 de metri, unde atinge -55° . De aci înainte crește cu câteva grade, până pe la 12.000 de metri, apoi începe să scadă din nou.

Norii cei mai înalți — *cirus* — nu trec de 11.000 de metri în zona temperată. De aci înainte începe *stratosfera*, în care nu întâlnim nici un fel de curenți verticali. Dedesupt este *troposfera*, în care curenții verticali ridică norii de toate speciile. S'au măsurat în stratosferă, cu ajutorul baloanelor-sondă temperaturi de -90° .

Uneori se pot vedea în timpul nopții nori luminoși, a căror înălțime atinge 70—80 de kilometri. Nu se știe nici din ce sunt formați, nici de unde iau naștere. De altfel cunoștințele noastre asupra stratosferei sunt destul de reduse. Baloanele-sondă nu dau rezultate destul de precise. Abia de câțiva ani, de când profesorul belgian *Piccard* a isbutit să se urce la 18.000 de metri, oamenii de știință au început să vadă cu ochii ce se petrece în stratosferă.

Dar, din studiile publicate de *Piccard*, rezultă că, în starea actuală a tehnicii aeronautice, este aproape cu neputință ca un balon să poată ridica greutatea oamenilor și instrumentelor mai sus de 30.000 de metri.

Cercetările asupra stratosferei sunt foarte anevoioase, foarte costisitoare și mai ales foarte periculoase.

A fost o minune că *Piccard* a scăpat cu viața din prima lui ascensiune în stratosferă și în mintea tuturor este încă vie a-

mintirea savanților ruși, care s'au sdrobit căzând de la 20.000 de metri, pentrucă li-s'a desprins nacela de balon.



Cercetările asupra stratosferei au importanță deosebită nu numai pentru meteorologie. Ele vor aduce poate mai multă lumină asupra așa ziselor „*raze cosmice*”, care se pare că provin din spațiul interaștral și-s mult mai pătrunzătoare decât razele X.

Fenomenele care au loc în atmosferă se numesc *meteori*. Studiul lor constituie obiectul meteorologiei.

Obiectul meteorologiei — *Constanta solară*. Ploaia, ceața, vântul și toate fenomenele, care au loc în atmosferă, se numesc *meteori*. Partea fizicii, care se ocupă cu studiul meteo-ri-ilor se numește *meteorologie*.

Cum, în general, toate fenomenele meteorologice sunt direct legate de căldura solară, s'a căutat să se determine câtă căldură ne trimite soarele într'un timp

Când razele solare cad perpendicular pe suprafața pământului, pătrund în atmosferă cam două calorii mici pe cm^2 în timp de un minut.

anunit și s'a găsit că într'un loc, unde razele solare ar cădea perpendicular pe suprafața pământului, pătrund în atmosferă prin fiecare centimetru patrat cam *două calorii mici pe minut*. Aceasta este *constantă solară*.

Dacă razele soarelui cad oblic, cantitatea de căldură este cu atât mai mică, cu cât ele sunt mai înclinate. Din această căldură, atmosfera absoarbe o porțiune cu atât mai mare, cu cât e mai încărcată. Restul ajunge la suprafața pământului.

Se poate calcula că, în zona tropicală, căldura pri-

mită dela soare în timp de un an. ar ajunge să evaporeze o pătură de apă de doi metri înălțime.

La rândul lui, pământul radiază căldură în spațiu și tinde să se răcească.

Într-o regiune oarecare de pe glob. temperatura crește sau scade, după cum cantitatea de căldură primită dela soare este mai mare sau mai mică decât pierderea prin radiare.

Determinarea temperaturii locului. Măsurarea temperaturii aerului cere anumite precauțiuni. Termometrul nu trebuie să stea în bătaia soarelui, nici prea

aproape de suprafața pământului sau de clădiri, ca să nu ia căldură prin radiare.

De obicei se construiesc ladăposuri speciale de scânduri, bine ventilate și așezate pe stâlpi la 3—4 metri înălțime. (Fig. 89).

În unele stațiuni meteorologice se obișnuiește să se măsoare și temperatura păturilor dela

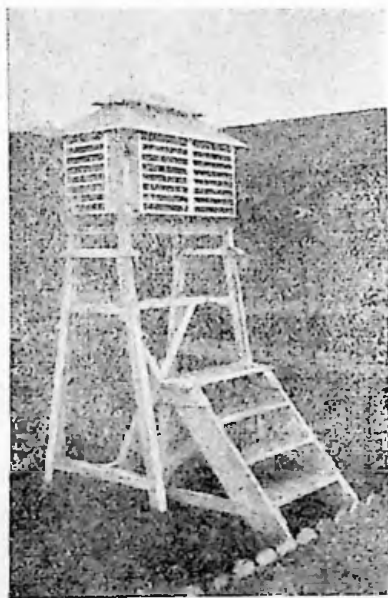


Fig. 89
(Clișeu «La Sc. et la Vic»).

suprafața pământului aflate în bătaia soarelui. În acest caz termometrul se acopere cu o pătură subțire de pământ.

Este bine să întrebuițăm termometre înregistra-toare, care ne arată variația temperaturii printr'o curbă continuă. (Fig. 12). Când nu dispunem decât de termometre obișnuite, observațiile trebuiesc făcute de mai multe ori pe zi.

De obicei temperatura locului începe să crească îndată după răsăritul soarelui, atinge un maximum pela ora 2 după masă și după aceea scade.

Dacă măsurăm temperatura, din oră în oră, timp de 24 de ore și împărțim prin 24 suma temperaturilor observate, obținem *temperatura medie a zilei*.

Tot așa, dacă adunăm temperaturile medii, observate în timp de 30 de zile și împărțim suma prin 30, avem *temperatura medie lunară*.

În sfârșit, cele 12 medii lunare, observate în cursul unui an, ne dau, pe aceiași cale, *temperatura medie anuală*, din care putem deduce apoi *temperatura medie a locului*, într'un timp mai îndelungat.

Tabloul de mai jos ne dă media temperaturilor lunare, observate în cursul anilor 1896—1915 la Iași.

<i>Ianuar</i>	— 4°.2	<i>Mai</i>	+ 16°.3	<i>Septembre</i>	+ 16°.3
<i>Februar</i>	-- 1°.6	<i>Iunie</i>	+ 19°.3	<i>Octombre</i>	+ 10°.4
<i>Mart</i>	+ 3°.2	<i>Iulie</i>	+ 21°.6	<i>Noembre</i>	+ 3°.6
<i>April</i>	+ 9°.6	<i>August</i>	+ 21°.1	<i>Decembre</i>	— 1°.3

Media temperaturilor anuale, înregistrate în acest interval, este + 9°.5.

Causele care modifică temperatura unei regiuni.

a) Latitudinea. Cu cât o regiune este mai depărtată de zona tropicală, cu atât e bătută mai oblic de soare.

De aceea, odată cu creșterea latitudinii, media anuală a temperaturilor scade.

De altă parte, în zona ecuatorială, unde zilele sunt mereu egale cu nopțile, temperaturile medii sunt aproape aceleași în toate zilele, în vreme ce la latitudini mai mari, schimbarea temperaturii medii, dela o lună la alta, e din-ce-în-ce mai însemnată.

b) Altitudinea. Temperatura scade pe măsură ce ne înălțăm în atmosferă. Când aerul este încărcat cu vaporii de apă, scăderea aceasta e mai mică, din cauză că vaporii, care se înalță, se condensează și pun în libertate căldura lor de condensare.

În mijlociu, până pe la 10.000 de metri înălțime, temperatura scade cu 0.7—0.8 grade pentru fiecare sută de metri.

c) Vecinătatea mării. Căldura specifică a apei este mai mare decât a celorlalte corpuri. De aceea marea se încălzește mai puțin în timpul verii și se răcește mai greu iarna, decât uscatul.

Totodată, evaporarea intensă din timpul căldurilor coboară temperatura, pe când iarna vaporii din atmosferă formează o pătură, care absoarbe căldura radiată de pământ, o împiedică de a se răspândi în spațiu și menține temperatura ridicată.

Ca urmare, ținuturile de pe coasta mării se bucură de obicei de o climă mai dulce decât continentul. Așa se explică de ce la *Nisa* înfloresc portocalii, în timp ce la *București*, aproape la aceeași latitudine, viscolește.

De altfel se știe că și la noi în țară *Balcicul* se bucură de o climă deosebită.

Notă. S'a crezut multă vreme că temperatura coastelor de apus ale Europei ar fi influențată de prezența *curentului golfului*, un fel de fluviu de apă caldă, care vine din *golful Mexic* și se pierde în regiunile nordice, după ce încarcă atmosfera cu vapori și formează astfel ploile și ceața.

Cercetările amănunțite, întreprinse sistematic de zece ani încoace¹⁾, au arătat că această credință era greșită.

Măsurându-se cu precizie temperatura apelor oceanului și

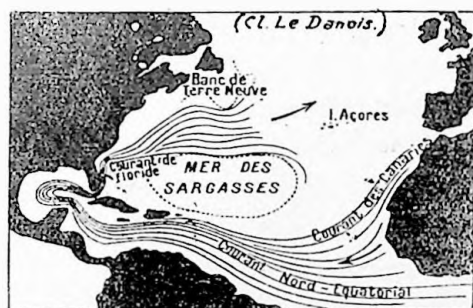


Fig. 90

Curentul golfului după ultimele cercetări
(După *Le Danois*)

gradul lor de salinitate, s'a ajuns la încheierea că "încălzirea coastelor Europei nu se datorește Curentului Golfului care, după cum arată figura 90, se pierde în apele oceanului la depărtare mare de Europa, ci unei revărsări pe întindere mare, a apelor dela tropice peste apele mai reci din zonele temperate.

1) Cercetările au fost făcute pe bordul vasului francez *«Pourquoi-Pas?»* sub comanda regretatului *Charcot*, de către doctorul *Le Danois*. În vara anului 1936, vasul acesta, anume înzestrat pentru cercetările științifice, a pierit în ocean împreună cu tot echipajul.

Acastă revărsare nu atinge totdeauna aceeași latitudine. În emisferul nordic ajunge uneori până dincolo de cercul polar. Alteori se oprește în nordul Scoției (Fig. 91).

Intinderea ei este strâns legată de intensitatea marcelor, de anotimp, de numărul de pete solare, (care să știe că trece prin maxime și minime la intervale regulate) și de alte fenomene astronomice.

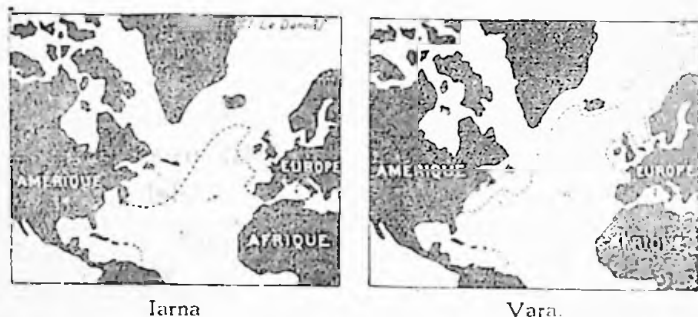


Fig. 91.

Revărsarea apelor tropicale spre zona temperată.
(După Le Danois).

d) Alte influențe Temperatura medie a unei regiuni mai este legată și de alte cauze. Astfel un ținut umed, cu vegetație bogată, este mai răcoros vara și mai călduros iarna, decât unul sterp și uscat.

Direcția vânturilor principale, vecinătatea, clădirilor mari în orașe, relieful solului influențează de asemenea asupra temperaturii unei regiuni.

Isotermele sunt niște curbe, care unesc punctele cu aceeași temperatură.

Linii isoterme. Dacă unim între ele, pe o hartă geografică, punctele cu aceeași temperatură medie, obținem niște curbe, care se numesc *isoterme*.

În construirea isotermelor putem lua temperaturile medii anuale, lunare, sau ale unei zile anumite.

După felul cum am ales aceste medii, isotermele pot fi deci *anuale*, *lunare* sau *diurne*.

Figura 92 arată isotermele anuale ale globului.

Dacă temperatura unei regiuni n'ar depinde decât de latitudine, aceste regiuni s'ar confunda cu paralelele geografice.

În emisferul sudic și în Oceanul Pacific, unde mările sunt întrerupte mai puțin de uscaturi, ele urmează chiar de aproape direcția paralelelor.

În schimb, în emisferul nordic, unde găsim continente întinse, isotermele sunt mult mai neregulate.

Equatorul termic nu este paralel cu cel geografic.

Din figura 92 se vede că isoterma anuală, care corespunde temperaturii medii celei mai ridicate de pe glob ($+28^{\circ}$), nu este paralelă cu equatorul geografic.

Această isotermă este *equatorul termic*.

De asemeni isoterma care corespunde temperaturii medii anuale celei mai joase de pe glob nu trece prin jurul polului geografic, ci închide o regiune din nordul Siberiei.

Se mai poate observa, din figura 92, că temperaturile medii anuale, în regiunile tropicale, sunt mai ridicate pe continent, decât pe ocean.

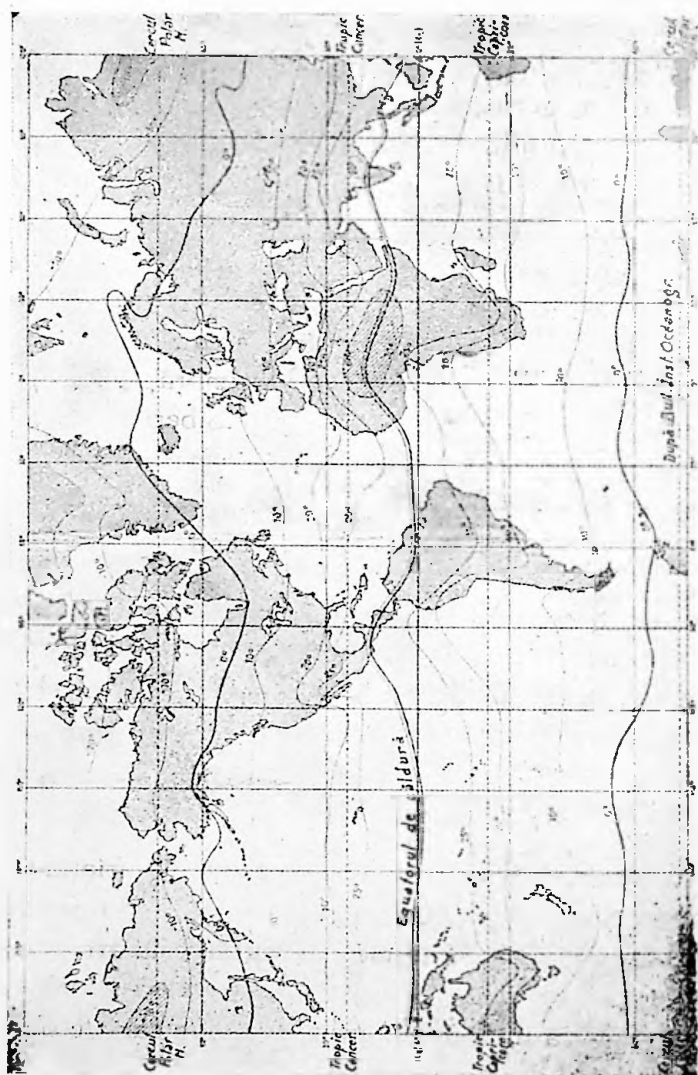


Fig. 92.

(După Bull. Inst. Océanogr.)

În schimb, în regiunile polare și temperate, temperatura medie pe ocean e mai ridicată decât pe continent.

În sfârșit, aceleași izoterme ne arată că Europa se bucură, la latitudine egală, de o climă mai caldă decât America. Faptul se datorește, curentului rece al *Labradorului* și curenților calzi din apropierea Europei.

Temperaturi extreme. Cea mai ridicată temperatură de pe glob o găsim în *Sahara*, unde termometrul se ridică până la $+57^{\circ}$ la umbră, iar cea mai coborâtă la *Verkoiansk*, în nordul Siberiei, unde s-a înregistrat -73° .¹⁾

Presiunea atmosferică.

Pentru a măsura presiunea atmosferică, ne servim de barometre. Barometrul metalic nu-i destul de precis și de aceea, în cercetările meteorologice, se întrebuintează aproape totdeauna barometrul cu mercur.

Înălțimea coloanei de mercur pe care o măsurăm trebuie să fie supusă la diferite corecții.

a) **Corecția de temperatură.** Odată cu variația temperaturii, atât coloana de mercur, cât și rigla gradată, cu care măsurăm lungimea ei, suferă dilatări și contracțiuni.

Rezultă că înălțimile barometrice, pe care le observăm, depind de temperatură.

1) De aceea localitatea a fost numită «*polul frigului*».

Pentru a îndepărta neînțelegerile, s'a convenit să se exprime presiunea atmosferică prin înălțimea, pe care ar avea-o coloana barometrică, dacă temperatura ar fi de 0° .

Corecția se poate face ușor, cunoscând coeficientul de dilatare al substanței din care e făcută rigla gradată.

De oarece rigla, cu care măsurăm înălțimea coloanei de mercur, a fost gradată la temperatura de 0° , rezultă că dacă la temperatura t citim pe ea înălțimea h , de fapt înălțimea adevărată este mai mare și are valoarea :

$$h (1 + \beta t).$$

unde β ¹⁾ este coeficientul de dilatare lineară al substanței din care-i făcută rigla.

De altă parte, λ ²⁾ fiind coeficientul de dilatare lineară al coloanei de mercur, înălțimea ei la temperatura t va fi

$$h_0 (1 + \lambda t)$$

și vom avea

$$h_0 (1 + \lambda t) = h (1 + \beta t)$$

de unde deducem valoarea lui h_0 .

b) Corecția de altitudine. Pentru a putea compara mai ușor observațiile barometrice, făcute în localități diferite, s'a convenit să se calculeze, de fiecare dată, care ar fi înălțimea coloanei de mercur, dacă locui în care facem observația s'a găsi la nivelul mării.

Corecția se face, întrebuițând tabele speciale gata

1) β = literă grecească, se citește *beta* mic.

2) λ = " " " " *lambda* mic.

În observațiile meteorologice presiunile barometrice sunt totdeauna supuse corecțiilor de temperatură și de altitudine.

calculate sau formule stabilite experimental.

În cercetările meteorologice observațiile barometrice sunt supuse totdeauna corecțiilor de temperatură și de altitudine.

Variațiile presiunii barometrice. Dacă, într'un loc anumit, facem observații barometrice din oră în oră,

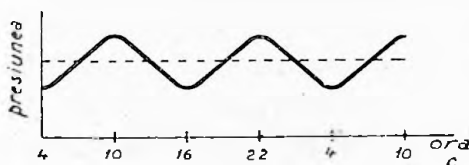


Fig. 93

constatăm că presiunea atmosferică suferă variații regulate, peste care se suprapun alie variații neregulate.

a) **Variațiile regulate.** Presiunea barometrică, într'un interval de 24 de ore, trece prin maxime și minime, din 6 în 6 ore.

Presiunea barometrică trece prin maxime și minime din 6 în 6 ore.

Primul maximum are loc pe la ora 10 dimineața. (Fig. 93). Apoi presiunea scade până la ora 16, crește iarăși până la ora 22 și scade din nou până la ora 4 dimineața.

Aceste variații ating câțiva milimetri în zona tropicală. În zonele temperate ele se observă mai greu, pentru că sunt mai mici, în comparație cu variațiile neregulate.

Deosebit de aceste variații, pe care le vom numi

Pe continente barometrul este în general mai urcat iarna decât vara.

variații diurne, presiunea atmosferică suferă și *variații anuale*, mai ales pe continente, unde barometrul este, de obicei, mai ridicat

iarna decât vara.

Ele se datoresc căldurii solare, care dilată aerul și-l face mai ușor.

Isobarele sunt curbe care unesc punctele cu aceeași presiune atmosferică.

Isobare. Dacă, după ce facem corecțiile de temperatură și de altitudine, unim între ele, pe o hartă geografică toate punctele cu

aceiași presiune atmosferică, obținem niște curbe, care de obicei se închid în jurul unei anumite regiuni. Aceste curbe se numesc *isobare*.

Isobarele pot fi :

- a) *Anuale* când se raportează la media anuală a presiunilor observate.
- b) *Lunare* când se raportează la mediile unei luni anumite.
- c) *Diurne* când luăm mediile observațiilor făcute în cursul unei zile
- d) *Orare* când conțin observațiile făcute simultan, la o oră anumită în toate punctele.

Figura 94 ne arată forma isobarelor anuale de pe suprafața globului.

Din ea, se poate vedea că există zone, în care presiunea atmosferică se menține la o medie anuală sub 760 de milimetri.

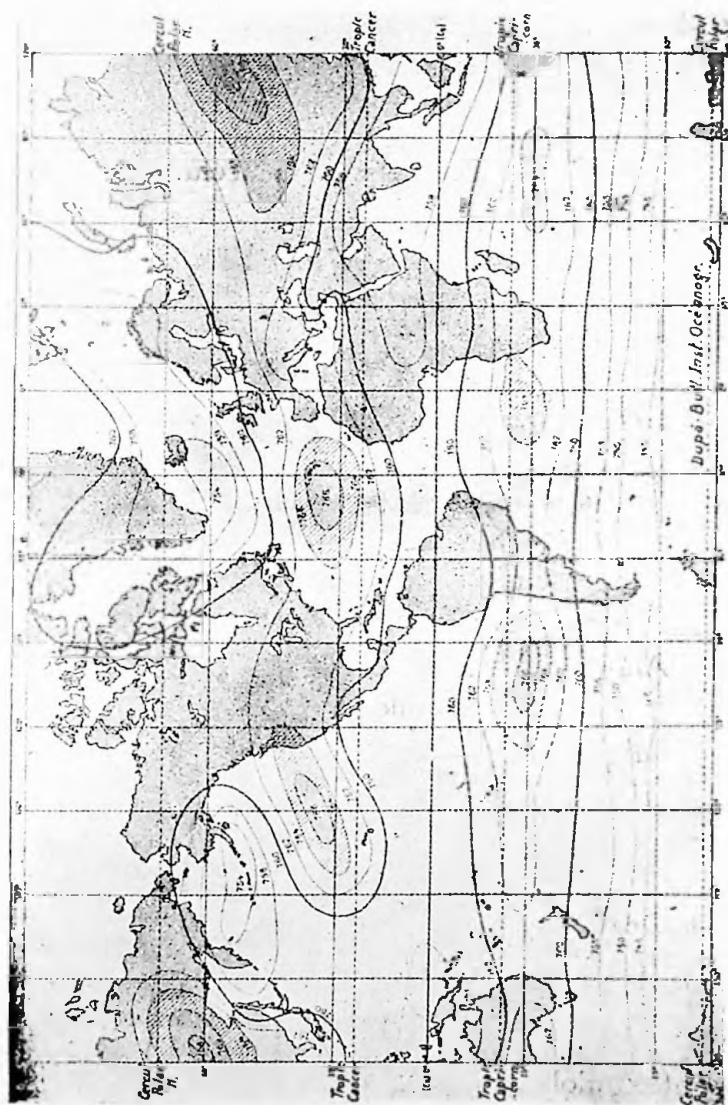


Fig. 94.
(După Bull. Inst. Oceanogr.)

Isobarele anuale ne arată că există zone cu presiune atmosferică redusă, numite cicloni permanenți și zone cu presiune ridicată, numite anticloni permanenți.

Asemenea zone, cu presiune redusă, se numesc *zone de depresiune permanentă* sau *cicloni permanenți*. Le găsim în special pe oceane, în preajma equatorului sau la latitudini mai mari de 50° precum și în regiunile continentale, cu temperaturi foarte ridicate.

de pildă în *Sahara*.

Punctul, din interiorul unei zone de depresiune, în care găsim presiunea cea mai joasă, se numește *centru de depresiune*.

De asemeni există zone, în care presiunea medie anuală e mai mare de 760 de milimetri.

Le găsim mai ales pe oceane, deoparte și de alta a equatorului, în preajma latitudinii de 30° .

Aceste zone, cu presiune ridicată, se numesc *anticloni permanenți*, iar punctul unde presiunea este maximă se numește *centru de presiune*.

Centrele de presiune și de depresiune se numesc centre de acțiune atmosferică.

Centrele de presiune și de depresiune se numesc *centre de acțiune atmosferică*.

b) Variațiile neregulate ale presiunii atmosferice. Isobarele anuale sau lunare nu dau decât situațiile ciclonilor sau anticiclonilor cari se mențin timp îndelungat într-o regiune anumită, fără să-și schimbe locul.

Există însă numeroase centre de acțiune atmosferică, ce apar la un moment dat într'un punct al glo-

bului, se mută din loc în loc cu viteză mai mare sau mai mică. (de obicei 9—12 km. pe oră) și apoi dispar.

Cercetările meteorologice au arătat că mai toate schimbările vremii, dela o zi la alta, se datoresc acestor cicloni și anticicloni vagabonzi.

Ciclonii aduc vreme rea. Ei coboară temperatura în timpul verii și o ridică în timpul iernii.

De obicei ciclonii, pe unde trec, duc cu dânșii vreme rea, cer acoperit, ploaie vânt și umezeală.

Pe timp de iarnă, trecerea unui ciclon urcă temperatura atmosferei.

Vara, din contra, o coboară.

Invers, trecerea unui anticiclon înseninează cerul, aduce frig și îngheț iarna și arșiță în timpul verii.

De aceea, ca să putem prevedea din timp schimbările vremii, este important să cunoaștem în orice moment situația atmosferei, într-o regiune cât mai întinsă. Stațiunile meteorologice principale, cum e de pildă aceea dela *București-Filaret*, primesc de câteva ori pe

Comparând situația isobarelor dela o zi la alta, putem prevedea schimbările vremii.

zi indicații telegrafice dela alte stațiuni mai mici și le comunică în toată lumea, prin posturile de telegrafie fără fir, ca să servească la întocmirea *hărților meteorologice diurne*.

Comparând situația isobarelor, dela o zi la alta, ne putem da seama de drumul pe care-l urmează ciclonii și anticiclonii, deci prevedea, în oarecare măsură, schimbarea vremii, cu 24 de ore înainte.

Vom reveni mai departe asupra metodelor de prevedere a timpului.

Vânturi

Mișcarea aerului, dintr-o regiune spre altă regiune, se numește *vânt*.

După vitesa, cu care se mișcă, vântul poate fi *calm*, *violent*, *furtună* sau *uragan*¹⁾.

Vântul apasă asupra oricărui obstacol, cu o forță proporțională cu patratul vitesei.

Mișcarea aerului cauzează o apăsare asupra obstacolelor pe care le întâlnește în cale și experiența ne arată că această apăsare crește proporțional cu patratul vitesei vântului.

Așadar, dacă vitesa crește de 10 ori, apăsarea crește de 100 de ori.

Un calcul simplu ne arată că, dacă un vânt de un metru pe secundă apasă asupra unui obstacol cu o forță de 10 kilograme, un alt vânt, de 15 metri pe secundă, ar apăsa pe același obstacol cu o forță de 15×15 ori mai mare, deci cu 2.550 kg. În aceste condiții, este ușor de înțeles de ce forța vântului ajunge uneori să smulgă copacii și chiar să dărâme orașe întregi.

În meteorologie vitesa vântului se exprimă, fie în

1) Nu trebuie confundată vitesa vântului, care suflă în jurul unei depresiuni, cu vitesa cu care însăși depresiunea se mișcă din loc în loc.

metri pe secundă, fie după o scară convențională cu șase trepte.

Tabloul de mai jos cuprinde vitezele și denumirile fiecărei trepte.

<i>Tăria vântului</i>	1	2	3	4	5	6
<i>Viteza în m/sec.</i>	3	6	10	14	20	40
<i>Forța vântului</i>	<i>slab</i>	<i>mijlociu</i>	<i>tare</i>	<i>furtună</i>	<i>vijlie</i>	<i>uragan</i>
<i>Efecte.</i>	<i>mișcă frunzele copacilor</i>	<i>mișcă crengile mici</i>	<i>mișcă crengile mari.</i>	<i>îndoie copacii mici</i>	<i>rupe crengile copacilor</i>	<i>distruge clădiri și scoate copacii din rădăcină.</i>

Viteza vântului se măsoară cu niște aparate speciale numite *anemometre*.

Unul din cele mai întrebuințate este anemometrul lui *Robinson*, care se compune din niște emisfere așezate la capetele unei cruci, care se învârtă în jurul unui ax vertical. (*Fig. 95*). De oarece presiunea vântului e mai mare pe partea concavă, decât pe cea convexă a emisferelor, crucea se învârtă, cu convexitatea înainte.

Un sistem de cadrane gradate arată numărul de rotații pe secundă, de unde putem deduce viteza vântului.

Anemometrele sunt aparate cu care măsurăm viteza vântului.

Direcția vântului se determină în diferite feluri. Cel mai simplu mijloc este să ne udăm degetul cu

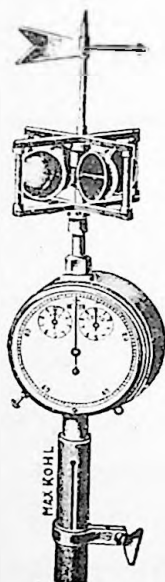


Fig. 95.

apă și să-l ținem în bătaia vântului. Din cauza evaporării degetul se răcește mai tare, în partea de unde bate vântul.

În stațiunile meteorologice se întrebuițează aparate numite *giruete*.

Asemenea aparate, de o construcție primitivă, le vedem așezate de multe ori și pe biserici sau pe case. (Fig. 96).



Fig. 96

Vânturile iau naștere din cauza diferenței de temperatură între două regiuni. Ele sunt efecte mecanice ale energiei solare.

Origina vânturilor. Vânturile sunt curenți de convecțiune, cari iau naștere din cauza diferenței de temperatură, între două regiuni.

Experiența de la pagina 122, care arată propagarea căldurii prin convecțiune la lichide, lămurește foarte bine și mecanismul formării vânturilor.

Într-o regiune mai caldă, aerul se dilată și se urcă spre păturile superioare ale atmosferei, de unde se revarsă peste regiunile mai reci. (Fig. 97).

În locul lui rămâne un spațiu cu presiune redusă și astfel ia naștere o zonă de depresiune.

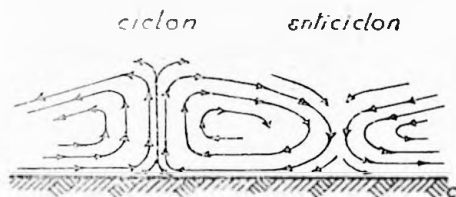


Fig. 97.

Într'un ciclon avem totdeauna vânturi care suflă pe la suprafața pământului, spre centrul de depresiune și vânturi care se depărtează de centru, prin păturile superioare ale atmosferei.

Într'un anticiclon, lucrurile se petrec exact invers :

La suprafața pământului găsim vânturi care tind să se depărteze de centru, pe când, în regiunile superioare atmosferice, vânturile se apropie de centru. (vezi figura).

Influența rotației pământului. Să ne închipuim o zonă de depresiune în care, pentru simplificare, vom presupune că isobarele au forma unor cercuri concentrice.

La suprafața pământului, curenții de aer tind să se îndrepte spre centrul depresiunii, ca să umple golul.

Mișcarea păturilor de aer este însă deviată, din cauza rotației pământului și de aceea vântul, în loc să

sofie direct spre centrul depresiunii, se învâрте în jurul lui după

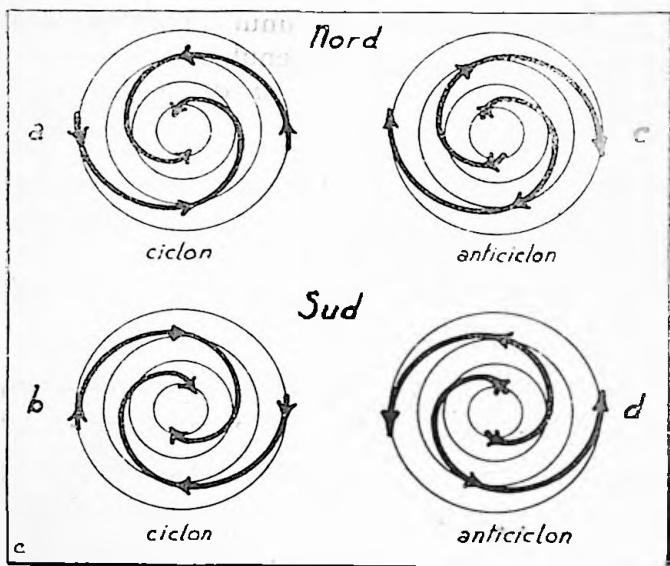


Fig. 98.

se învârtă după o spirală, în jurul unui centru de depresiune.

Sensul mișcării este acela al acelor ceasornicului în emisfera sudică și invers în cel nordică.

Observatorul care stă cu fața la vânt are depresiunea în dreapta, când se află în emisfera nordică și în stânga, dacă se găsește în emisfera sudică.

o spirală, în sensul acelor ceasornicului când depresiunea se găsește în emisfera sudică al pământului și în sens invers acelor ceasornicului, la depresiunile din emisfera nordică¹⁾. (Fig. 98).

Din examinarea figurii se vede ușor că un observator, care stă cu fața în bătaia vântului, are depresiunea spre dreapta lui, dacă se află în emisfera nordică și spre stânga lui, dacă se găsește în emisfera sudică.

1) Putem verifica ușor că apa care curge printr-o deschidere practică la fundul unui vas formează un vârtej, care se învârtă după aceeași lege, tot din cauza rotației pământului.

Vânturile se depărtează de centrul unui anticiclou, după o spirală, în sensul acelor ceasornicului, în emisfera nordică și invers acelor ceasornicului, în emisfera sudică.

În jurul unui anticiclou se petrece fenomenul invers. Vânturile se depărtează de centru după o spirală, în sensul acelor ceasornicului, în emisfera nordică și în sensul invers acelor ceasornicului, în emisfera sudică.



Fig. 99. (După A. Berger)

Am văzut că, de pildă în Oceanul Atlantic, găsim un anticiclön permanent la latitudinea de 30° , în preajma insulelor Azore. În jurul acestui anticiclön, vântul se învâрте după o spirală, așa cum am arătat mai sus.

Figura 99 arată sensul vânturilor dominante, pe Oceanul Atlantic. Din examinarea ei putem înțelege ușor originea vânturilor *Alizee*, care suflă dinspre zonele temperate spre equator. Aceiași figură ne arată de ce *Cristofor Columb* a găsit vânturi favorabile, care l-au dus de pe coastele Spaniei spre America Centrală și de ce trecerea Atlanticului în avion se poate face mai lesne din Statele-Unite spre Europa decât în sensul invers.

Prezența anticiclōn-
nilor de o parte și de
alta a equatorului
explică originea vânt-
urilor alizee.

Aerul, adus de alizee la equator, dă de o regiune caldă, se dilată și se ridică în sus, revărsându-se asupra regiunilor temperate. Rezultă astfel *contra-alizeele*, care suflă prin păturile superioare ale atmosferei, dela equator spre poli.

Vânturi periodice. Vânturile care-și schimbă sensul la intervale de timp regulate se numesc vânturi periodice.

Ca exemple putem cita :

1) *Brizole*, care bat în timpul zilei dela mare spre uscat și în timpul nopții dela uscat spre mare. Explicația e simplă. Ziua uscatul e mai cald decât

marea. Aerul care se dilată se urcă în atmosferă și-i înlocuit cu aerul rece, care vine dela mare.

Noaptea, din contra, uscatul e mai rece decât marea și vântul se inversează.

2) Musonii, cari se observă pe coastele Indiei și suflă iarna dela uscat spre mare și vara dela mare spre uscat, au o explicație analoagă.

Vânturi neregulate. Peste vânturile regulate sau periodice se suprapun alte vânturi, cauzate de variațiile neregulate ale presiunii atmosferice. Acestea sunt *vânturi neregulate*.

Crivățul, Austrul, Zefirul etc. fac parte din această categorie.

Tifonii (numiți în Japonia «*Taifun*»), iau naștere în zonele tropicale, mai ales în Antile și în marea Chinei.

Zona de depresiune, care îi întreține, are numai 200—400 de kilometri diametru și în centrul ei barometrul se coboară uneori sub 720 de milimetri. Depresiunile de acest fel se mișcă din loc în loc până când ajung în mările temperate, unde dispar. Vântul care le însoțește capătă o vitesă așa de mare, încât distruge așezările omenești și produce pagube enorme.

Trombele sunt depresiuni atmosferice, care nu ocupă decât o zonă de câteva sute de metri.

În jurul acestei zone, aerul capătă o mișcare de rotație atât de violentă, încât ajunge să distrugă tot ce-i stă în cale.

Orașe întregi au fost pustiite astfel în câteva minute. Efectul lor de distrugere se datorește nu numai violenței vântului, ci și faptului că sosirea trombei este însoțită de o cădere așa de bruscă a presiunii atmosferice, încât aerul din interiorul clădirilor, ne mai având timp să iasă, ca să compenseze diferența de presiune, smulge acoperișul și sparge ușile și ferestrele¹⁾.



Fig. 100

Efectele unei trombe. (După A. Berger).

Fel de fel de obiecte, praf, pietre, oameni și animale sunt purtate pe sus cu sgomot mare, cu fulgere și trăsnete.

După ce a parcurs câțiva kilometri, tromba «se

1) Un calcul simplu ne arată, că dacă presiunea atmosferică ar cădea brusc cu $\frac{1}{4}$ din valoarea ei normală, presiunea aerului din casă ar ajunge să apese pe fiecare centimetru patrat de perete, cu 250 de grame mai tare decât cea de afară.

Pe o ușă de un metru patrat diferența de presiune ar atinge astfel 2500 de kilograme, suficientă ca s'o smulgă din loc.

sparge», leapădă tot ce cărase cu dânsa și apoi dispare. (Fig. 100).



Fig. 101
Trombă marină (după A. Berger).

Uneori trombele iau naștere pe mare. Atunci apa mării formează un con, care se înalță din-ce-în-ce, în timp ce norii se coboară, ca un al doilea con cu vârful în jos. Cele două conuri se împreunează și dela suprafața mării, până la înălțimea norilor se ridică o coloană de apă enormă.

(Fig. 101).

S'a constatat că apa din această coloană nu-i nicio dată sărată, ceea ce arată că ea nu provine din mare, ci din atmosferă. Nu se cunoaște explicația exactă a formării trombelor.

Trombe de dimensiuni mai mici apar câteodată și în România, dar fenomenul este destul de rar.

Norii și ploaia.

Am văzut că, într-o zonă de depresiune, există totdeauna curenți ascendenți, cari transportă aer de jos. Înspre păturile superioare atmosferice.

Aerul care se urcă se destinde adiabetic, se răcește și, ca urmare, vaporii de apă pe care-i conține se condensează, sub formă de picături și formează norii.

De aceea, în zonele de depresiune, cerul este mai totdeauna acoperit.

Când cantitatea de vaporii din atmosferă este suficientă, condensarea dă picături mari, care cad înapoi pe pământ, sub formă de ploaie.

De multe ori însă, norii cari se formează nu conțin decât picături extrem de mici, pe care curenții ascendenți le împiedică să cadă pe pământ. Vânturile din straturile superioare atmosferice, care se știe că tind să se depărteze de centru! depresiunii, scot aceste picături din zona depresiunii și a curenților ascendenți.

În cuprinsul unei depresiuni, curenții ascendenți ridică aerul umed, îl fac să se destindă adiabetic și provoacă condensarea vaporilor sub formă de nori și de ploaie.

Ele încep atunci să cadă încet spre pământ, trec prin straturile de jos mai calde, se evaporază înainte de-a atinge pământul și norul dispare.

În acest timp depresiunea se mută din loc în loc și pe unde trece continuă să fabrice nori, transportând

mereu cantități noi de aer încărcat cu vapori, spre păturile de sus ale atmosferei.

Formarea norilor nu încetează decât când dispăre depresiunea.

Norii sunt alimentați de depresiune pe la partea interioară și se consumă neconținut la partea de sus. Ei nu vin din depărtare, ei se formează în preajma locului unde se găsește.

Așadar nu trebuie să ne închipuim că norii vin aduși de vânturi din depărtare. Ei se formează în preajma locului unde se găsesc, alimentați mereu pe la bază de curenții de aer și se consumă pe la partea superioară, din cauză că vânturile din păturile de sus ale atmosferei tind să-i scoată din zona depresiunii.

Nunumai curenții ascendenți, din zonele de depresiune, formează norii. De multe ori un vânt cald și umed ajunge să pătrundă într-o regiune cu temperatură scăzută și astfel vaporii de apă se condensează.

Când condensarea se produce în straturile de sus ale atmosferei, rezultă norii și ploaia ; când are loc în păturile dela suprafața pământului formează ceața.

Ploile de relief rezultă din cauza urcării pe coastele munților a aerului umed adus de vânturi din vale.

Așa se explică, între altele, de ce în regiunile muntoase plouă mai mult decât în câmpie.

De multe ori vântul suflă spre munte, obligă aerul să urce povârnișul, să pătrundă în regiuni cu presiune atmosferică mai mică și să se răcească prin destindere adiabatică.

Destinderea produce, după cum se știe, condensarea vaporilor și ploaie.

Aceste ploi, caracteristice regiunilor muntoase, se numesc *ploi de relief*.

În *Himalaya* și în *Hawai* ploile de relief aduc, în cursul unui an, o cantitate de apă care ar putea forma o pătură de 12 metri înălțime.

Clasificarea norilor. După forma pe care o au și după înălțimea la care plutesc în atmosferă, norii se împart în patru tipuri principale :



Fig. 102 a

Sus : *Cirrus*, jos : *cumulus*.

1) *Cirrus*.
(Fig. 102 a).
plutesc în atmosferă la 8.000—12.000 de metri înălțime. Au culoarea albă, seamănă cu fulgii de pasăre și sunt formați din acele mărunte de gheață, pe care curenții ascendenți le împiedică să cadă¹⁾.

De multe ori sunt așa de subțiri și de străve-

1) Fotografiiile de nori sunt reproduse după articolul lui P. Ch. E. Deppermann din revista «*Photographie und Forschung*» a Societății *Zeiss Ikon-Dresden*.

zii, încât nu-i putem vedea în timpul zilei, dar noaptea împrăstie lumina lunii și fac să apară în jurul ei un cerc luminos, cu toate culorile curcubeului, care se numește «halo».



Fig. 102 b
Stratus.

Vorii aceștia prevestesc de multe ori sosirea unei depresiuni, deci vânt și ploaie.

2) *Stratus* (fig. 102 b), se pot vedea cel mai adesea toamna, la apusul soarelui, ca niște fâșii orizontale, lungi și colorate în albastru închis.

Înălțimea lor obișnuită este între nivelul solului și 800 de metri ¹⁾, dar uneori îi găsim și la 6.000—7.000 de metri. În acest caz se numesc «*altostratus*».

1) Ceața este un stratus la înălțime mică.

3) Cumulus (*fig. 102 c*) sunt nori albi cari, priviți de jos, seamănă cu lâna scărmanată. În popor li se zice «Oite».



Fig. 102 c
Cumulus.

Înălțimea lor obișnuită este cam de 2.000 de metri, dar de multe ori îi găsim chiar la 7.000 de metri. În acest caz se numesc «alto-cumulus».

Vin înaintea norilor de ploaie sau plutesc izolați în atmosferă. Când sunt izolați prevestesc timp frumos. Li vedem apărând uneori din senin ici și colo pe cer, în cursul dimineții și se înmulțesc până către seară. Apoi dispar, cum au apărut. Formarea lor se datorește curenților ascendenți locali, cari iau naștere din cauza încălzirii suprafeței pământului.

Spre seară, când pământul se răcește, curenții as-

cendenți încetează și norii, ne mai fiind alimentați, dispar.



Fig. 102 d
Nimbus.

4) *Nimbus* (Fig. 102 d), sunt nori de ploaie, cenușii închis și fără formă caracteristică. Plutesc de obicei la 600—1.000 de metri.

Notă. De multe ori norii au aparențe, care amintesc două sau mai multe specii diferite. Îi vom numi după cazuri : *cirro-stratus*, *strato-cumulus*, *cumulo-nimbus* și așa mai departe.

Precipitații. 1) Ploaia este căderea apei sub formă de picături. Explicația ei am dat-o mai sus.



Fig. 103

Ca să măsurăm cantitatea de ploaie care cade asupra unei regiuni într'un timp anumit, ne servim de aparate numite *pluviometre*.

Există diferite modele de pluviometre. În principiu sunt făcute dintr'un vas cilindric de tablă, prevăzut cu o pâlnie de suprafață

cunoscută și cu un tub de nivel. (Fig. 103).

Cantitatea de ploaie căzută într'un loc se măsoară cu pluviometrul.

S'a calculat că dacă toată apa din ploile căzute în cursul unui an, s'ar împrăștia egal pe tot globul ar rezulta o pătură de 90 de centimetri înălțime.

Iată media precipitațiilor înregistrate la Iași în cursul anilor 1896 – 1915 (în milimetri).

<i>Ianuarie</i>	<i>Februarie</i>	<i>Martie</i>	<i>Aprilie</i>
28.1	25.1	37.7	43.5
<i>Mai</i>	<i>Iunie</i>	<i>Iulie</i>	<i>August</i>
55.9	77.3	61.0	48.9
<i>Septembrie</i>	<i>Octombrie</i>	<i>Noembrie</i>	<i>Decembrie</i>
46.8	34.3	30.9	21.8

Media anuală : 534 mm.

Ploile de durată scurtă și foarte abundente se numesc *averse*. Cea mai mare aversă, cunoscută până acum în toată lumea și citată ca exemplu în tratatele de meteorologie¹⁾, a fost aceea din 7 Iulie 1889 dela *Curtea-de-Argheș*, când au căzut 25 de centimetri de apă în 20 de minute.

2) Zăpada provine din solidificarea picături'or de apă din nori și se compune din cristali foarte frumoși de gheață, cu atât mai mari și mai regulați, cu cât ninge mai lin și tihnit. (*Fig. 104*).

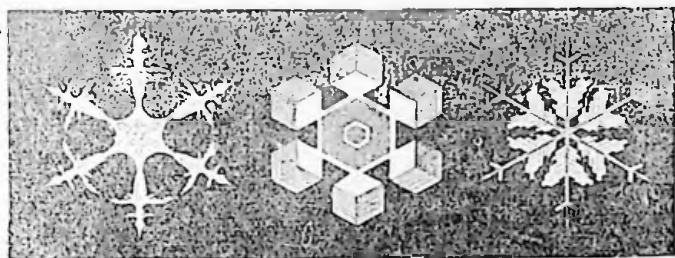


Fig. 104

li putem observa ușor, punându-i pe o stofă neagră. În regiunile polare și pe munții înalți găsim zăpadă în tot timpul anului. În regiunile temperate aduce mari servicii, pentrucă acopere pământul cu un strat izolator și apără de îngheț rădăcinile plantelor, în timpul gerului.

3) Măzăricea. Când în regiunile, unde se formează zăpada, nu-i așa de rece, încât să înghețe toată

1) Vezi: *Angot — Traité de météorologie*.

apa, vântul lipește fulgii de zăpadă unii de alții, ca niște loabe mărunte de mazăre și formează *măzăricea*.

Boabele de măzăriche sunt fărâmicioase. Dacă le strivim în mână, putem observa ușor fulgii de zăpadă, încâlciți unul într'altul.

Măzărichea cade mai mult toamna și primăvara.

4) Grindina este formată din bulgări de ghiață, cari uneori pot să treacă de un kilogram, dar de obicei boabele sunt de mărimea alunei.

Dacă tăiem un bob de grindină, observăm că este format din mai multe pături concentrice suprapuse, ceea ce dovedește că bu'gării de ghiață, odată formați, nu cad imediat pe pământ, ci rămân în regiunile superioare timp mai îndelungat și culeg pe dâșii noi cantități de apă, care se solidifică. Acest lucru nu e cu puțință decât dacă în păturile superioare ale atmosferei există curenți ascendenți, destul de puternici ca să împiedice boabele să cadă, înainte de a atinge o greutate anumită. Explicația exactă a fenomenului nu se cunoaște.

Grindina este un meteor care, în regiunile temperate, are loc primăvara și vara, aproape totdeauna în timpul zilei, când căldura e mai mare și foarte rar în timpul nopții.

De obicei vine înaintea unei furtuni, dar se întâmplă uneori să vie și odată cu furtuna, sau chiar după dânsa.

5) Roua. În nopțile senine de vară, răcirea suprafeței pământului prin radiare provoacă condensarea vaporilor din aer, care se depun sub formă lichidă, după principul lui *Watt* și formează roua.

Când cerul este acoperit, norii împiedică pierderea de căldură prin radiare și roua nu se mai formează.

6) Bruma este roua înghețată. Fenomenul se produce în nopțile senine de toamnă și primăvară.

7) Poleiul. Când ploaia cade pe pământul rece, îngheață sub forma unei pojghițe subțiri și lunecoase și formează *poleiul*.

Higrometrie

Evaporarea continuă a apei mării, a lacurilor și a râurilor, transpirația plantelor și animalelor, evaporarea apei de ploaie, aduce neconținut vaporii de apă în atmosferă.

În momentul când, într-o regiune oarecare, acești vaporii au atins saturația, condensarea lor produce precipitații. Se înțelege ușor că, deoarece presiunea maximă la vaporii de saturație crește cu temperatura, vom avea o cantitate mai mare de vaporii de apă în atmosferă în timpul verii, decât iarna.

Totuși formarea precipitațiilor nu latărnă atâta de cantitatea *absolută* de vaporii din atmosferă, cât de gradul lor de saturație.

În adevăr, cu cât suntem mai aproape de saturație, cu atât e mai probabil ca o mică variație de temperatură să condenseze vaporii și să producă precipitații.

Dacă notăm cu p presiunea vaporilor cari se găsesc în aer la un moment dat și cu p' presiunea maximă a vaporilor saturați, la aceeași temperatură, este evident că formarea precipitațiilor depinde de raportul

$$\frac{p}{p'}$$

Umiditatea sau starea higrometrică se exprimă prin raportul între presiunea vaporilor de apă din aer și presiunea maximă a vaporilor saturați la aceeași temperatură.

și este cu atât mai probabilă, cu cât acest raport se apropie de unitate.

Raportul p/p' se numește *stare higrometrică* sau *umiditate* și determinarea lui se face cu aparate speciale, numite *higrometre*.

Higroscoape. În observațiile care nu urmăresc o precizie deosebită, ne putem face o idee aproximativă despre gradul de umiditate al aerului, folosind aparate simple, numite *higroscoape*, care se bazează pe schimbările suferite de anumite substanțe la umezeală.

Sunt destul de cunoscute păpușile îmbrăcate cu rochii impregnate cu săruri de cobalt, care devin *albastre* la uscăciune și *roze* la umezeală.

Părul sau strunele de vicărie se lungesc la umezeală și se scurtează la uscăciune.

Pe acest principiu se construiesc higoscoape,

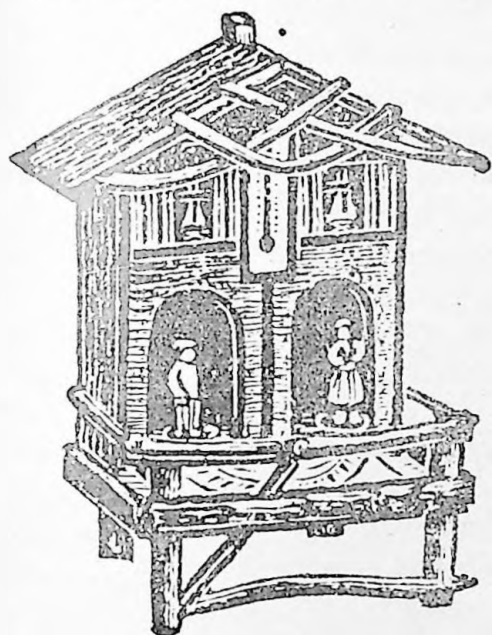


Fig. 105

pe, de felul ace-
luia din figura
105, în care iese
la ușă femeia,
când e vreme fru-
moasă și bărba-
tul, când e vreme
umedă.

În observațiile
meteorologice ne
servim însă de
aparate mai pre-
cise, care arată
numeric gradul
de umiditate.
Vom descrie
două tipuri :

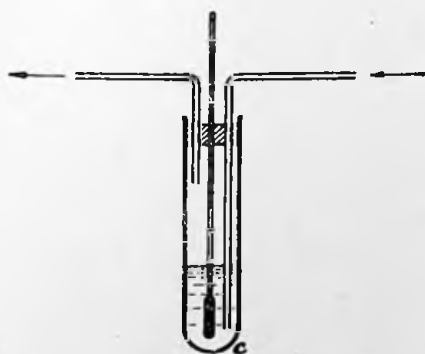


Fig. 106

1) **Higrometrul cu condensare.** Se bazează pe principiul peretelui rece al lui Watt.

Intr'o eprubetă, pu-
nem o cantitate de eter
și suflăm printr'ânsul un
curent de aer, cu un su-
flaiu sau cu o pară de
cauciuc. (Fig. 106).

Evaporarea eterului produce răceală și la un moment dat, vedem cum pereții eprubetei se aburesc pe dinafară, din cauza condensării vaporilor din aer. În acest moment am atins «*punctul de rouă*» și temperatura eprubetei, arătată de un termometru cufundat înăuntru, este aceea la care vaporii de apă, aflați în atmosferă în momentul experienței, devin saturați.

Ca să măsurăm starea higrometrică, coborâm temperatura într'un punct până când vaporii din aer devin saturați.

Notăm această temperatură și căutăm în tabele speciale care este presiunea corespunzătoare a vaporilor saturați.

Un al doilea termometru ne arată temperatura exterioară a mediului și aceleași tabele ne dau presiunea vaporilor saturați la această temperatură.

Raportul acestor presiuni reprezintă prin definiție starea higrometrică.

Tabela presiunilor maxime ale vaporilor saturați de apă la diferite temperaturi.

Temp.	Forța elastică maximă în mm.	Circulația în gr. la 1 m ³	Temp.	Forța elastică maximă în mm.	Circulația în gr. la 1 m ³
0°	4,58	4,6	16°	13,63	13,65
1°	4,92	4,93	17°	14,22	14,53
2°	5,29	5,30	18°	15,46	15,48
3°	5,68	5,69	19°	16,46	16,4
4°	6,09	6,10	20°	17,51	17,53
5°	6,54	6,55	21°	18,62	18,64
6°	7,01	7,03	22°	19,79	19,80
7°	7,51	7,52	23°	21,02	21,04
8°	8,04	8,05	24°	22,32	22,32
9°	8,61	8,62	25°	22, 2	22,6
10°	9,21	9,23	26°	25,13	25,55
11°	9,84	9,86	27°	26,65	26,89
12°	10,51	10,52	28°	28,25	29,45
13°	11,23	11,25	29°	29,95	30,15
14°	11,98	12,—	30°	31,11	31,05
15°	12,72	12,73			

Exemplu. La punctul de rouă, termometrul cufundat în eter ne arată + 4°, iar temperatura aerului e de + 20°.

Tabela de mai sus ne arată că la $+4^{\circ}$ presiunea maximă a vaporilor de apă este de 6.09 mm., iar la $+20^{\circ}$ este de 17.51 mm. Așadar în acest caz umiditatea este

$$\frac{6,09}{17,51} = 0,34$$

Rezultatele se exprimă de obicei în procente și de aceea vom zice că umiditatea în cazul de față este de 34%.

Notă. Pe un perete transparent de sticlă, punctul de rouă este destul de greu de observat cu precizie. De aceea s'au făcut acestui higrometru diferite modificări, între care importantă este aceea la care pereții vasului cu eter sunt argințați sau auriți. Pe luciul metalului abureala este mult mai ușor de observat.

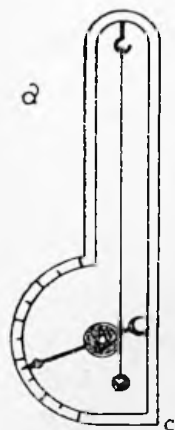


Fig. 107 a

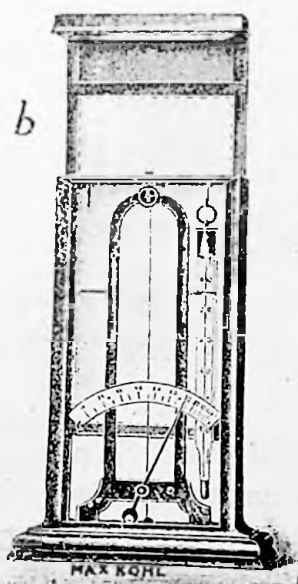


Fig. 107 b

2) **Higrometrul cu păr** se bazează pe lungirea firelor de păr la umezeală.

Un fir de păr întins pe un cadru de metal, mișcă un ac indicator. (Fig. 107 a și b).

Gradația se face prin comparație cu un higrometru de condensare.

Noțiuni de prevederea timpului.

Am arătat că, în general, depresiunile atmosferice aduc vreme rea, cu cer acoperit, ploaie și vânt.

În zona lor de acțiune temperatura se urcă în timpul iernii și se coboară în timpul verii.

Anticiclonele, din contra, aduc cer senin, ger în timpul iernii și arșiță în timpul verii.

Schimbările vremii se datoresc mișcării zonelor de depresiune și anticiclonice, urmărite prin telegraf de stațiunile meteorologice și înscrise în fiecare zi pe hărțile sinoptice.

Toate încercările făcute, pentru a stabili cu mult înaintea situația centrelor de acțiune atmosferică și drumurile pe care le vor urma, n'au dus la nici un rezultat.

Prevederea timpului, cu luni sau chiar cu ani înainte, este astăzi imposibilă și nimeni nu trebuie să ia în serios profețiile din almanahuri și gromolnice.

Avem însă mijlocul să prevedem schimbările timpului în Europa cu 24 sau chiar cu 48 de ore înainte, folosind reguli scoase din observație. Din aceste reguli, vom da mai jos un rezumat, cât mai redus cu putință.

1) **Caracterul depresiunilor.** Să presupunem o zonă de depresiune, care înaintează în sensul săgeții (*Fig. 108*). Diametrul unei astfel de zone este de obicei de câteva sute de kilometri, dar uneori poate întrece două mii de kilometri. Vom presupune că ne aflăm în emisfera nordică.

Observația ne arată că, în regiunile ocupate de marginea frontală și sudică a depresiunii, apar norii de tipul cirus și că, pe măsură ce ne apropiem de

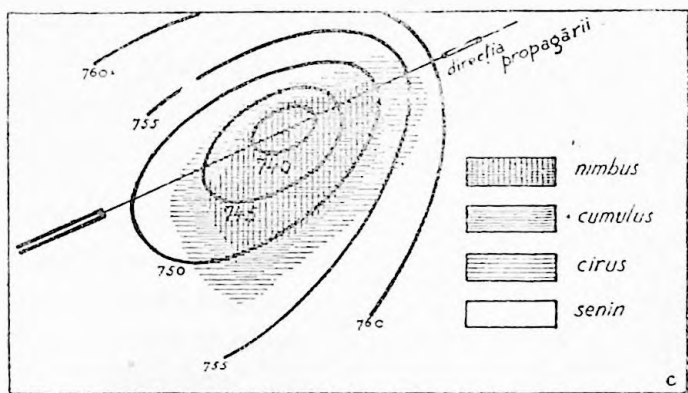


Fig. 108

centru. apar treptat nori cumulus, nimbus și ploaia.

După ce am trecut de centru, *nebulositatea*¹⁾ începe să scadă și în partea de nord a depresiunii sau înapoia centrului, cerul este de obicei senin.

Ploaia și cerul acoperit apar în regiunile frontale și sudice ale depresiunilor.

Așadar, dacă centrul depresiunii trece la sud de locul în care ne aflăm, e probabil că timpul se va menține senin.

Dacă, din contra, va trece pe la nord sau chiar prin locul, în care ne găsim, vom avea ploaie și vreme rea.

2) Vânturile din jurul depresiunii, după regulile stabilite, se învârt în spirală, în sens invers acelor ceasornicului, apropiindu-se de centru.

1) *Nebulositate* = desimea norilor.

Vânturile prea puternice anunță dispariția depresiunilor; vânturile prea slabe, accentuarea lor.

Așadar, dacă reprezentăm prin săgeți sensul vântului în diferite puncte de observație, aceste săgeți se dispun, față de isobare, așa cum arată figura 109.

Cunoscând diferența de presiune, între centru și un punct situat la anumită distanță de centru, putem

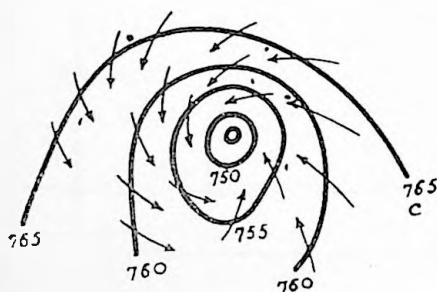


Fig. 109

calcula, din anumite formule scoase din practică, viteza aproximativă a vântului.

Când vântul este în realitate mai slab, decât prevederile din calcul, ne putem aștepta ca depresiunea să se accentueze; când, din contra, este mai puternic, e semn că depresiunea tinde să se umple și să dispară.

3) **Drumul depresiunilor.** De cele mai multe ori depresiunile sosesc în Europa gata formate de pe Atlantic, traversează continentul și dispar în nordul Rusiei.

Altele se formează chiar pe continent, în special în Pirinei sau în sudul Alpiilor, ori vin de pe Mediterana.

Altele se formează chiar pe continent, în special în Pirinei sau în sudul Alpiilor, ori vin de pe Mediterana.

Am arătat că în mijlociu viteza lor este de 8-12 Kilometri pe oră, dar se întâmplă ca o depresiune să înainteze mult mai repede sau chiar să stea pe loc câteva zile.

Uneori, după ce a mers un timp într-o direcție, depresiunea se oprește și se întoarce de unde a venit sau se împarte în alte depresiuni mai mici, care se învârt una în jurul alteia. (Depresiuni satelite).

În ce privește drumul probabil, pe care-l va urma centrul, iată câteva reguli simple și ușor de aplicat, care dau rezultate destul de bune.

a) *Depresiunile se îndreaptă de obicei spre regiunile, în care cu o zi mai înainte s'a observat cea mai mare scădere barometrică.*

b) *Creșterea vitezei vântului într-o regiune și în special vânturile puternice din straturile de sus ale atmosferei anunță sosirea unei depresiuni¹⁾.*

c) *Depresiunile tind să se îndrepte spre regiunea apropiată în care găsesc temperatura cea mai joasă, sau în care temperatura a variat cel mai mult în ultimele 24 de ore.*

d) *Studînd repartiția norilor în cuprinsul unei depresiuni și ținînd seamă că nebulozitatea este maximă în regiunile frontale, sudice și centrale, ne putem da seama de direcția ei de propagare.*

e) *Apariția norilor cirus ne vestește de multe ori sosirea unei depresiuni. Direcția centrului este cam aceea de unde vin norii.*

1) Viteza vântului în păturile de sus se măsoară cu balonașe cărora le dăm drumul să se înalțe și le urmărim de jos cu luneta.

f) Zonele de depresiune tind să ocolească regiunile ocupate de un anticiclon.

Vom căuta să aplicăm aceste reguli pe harta meteorologică din figura 110.

Isobarele sunt trase cu linii pline și isotermele punctat. Cifrele arată presiunile și temperaturile respective, iar în josul figurii sunt lămurite diferitele semne convenționale. Pe această hartă vedem o depresiune, care venind de pe ocean, a ajuns în sudul Irlandei.

Violența vântului ne arată că depresiunea nu va dăinui multă vreme și observând isotermele, putem prevedea că se va îndrepta către Elveția, unde găsește temperatura cea mai joasă (-5°).

Cunoscând acest lucru, putem anunța pentru a doua zi următorul buletin meteorologic :

„In centrul și în sudul Franței temperatura va crește, depresiunea va fi în scădere, cerul acoperit, vântul puternic, poaie. In Elveția, apropierea depresiunii va face să se urce temperatura și va aduce tendință de înourare¹⁾).

„In România, în urma înaintării zonei anticiclonice aflate la sud de isobara 760, timpul se va menține senin, cu vânt slab și temperatura în scădere.

„Depresiunea, care a plecat cu o zi înainte din sudul Mării Baltice, va face ca în această regiune să apară în curând o zonă cu cer senin și temperatură scăzută, care nu va dura multă vreme, pentru că va atrage într'acolo zona de depresiune din apus, obligată să ocolească anticiclonul din Sudul Europei”.

1) Apropierea unei depresiuni urcă temperatura în timpul iernii și o scade în timpul verii. În cazul de față suntem în Ianuarie.

Fig. 110

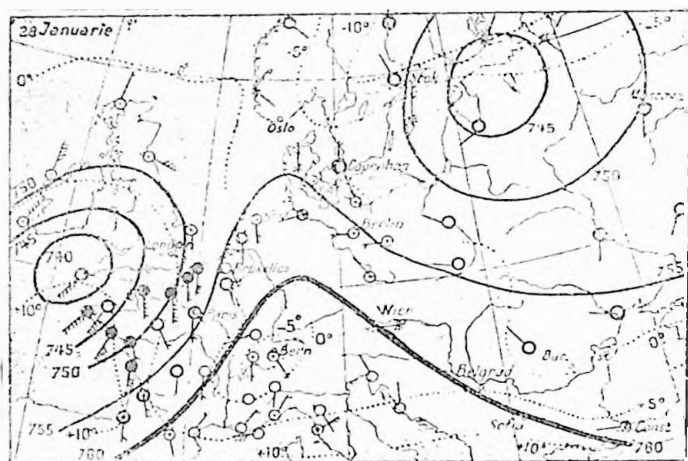
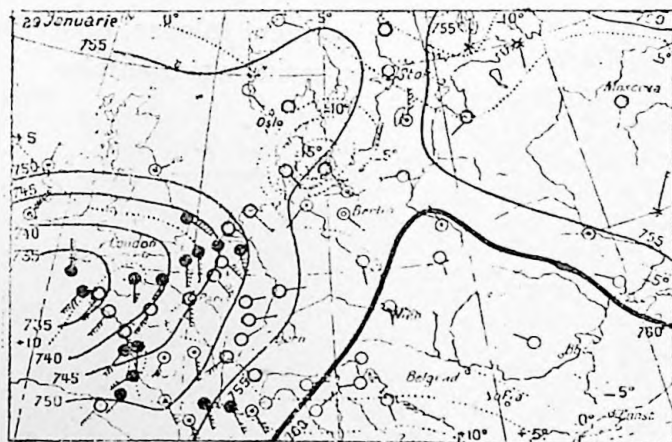


Fig. 111



Prevederi locale. Fără o hartă meteorologică, prevederea timpului este mult mai puțin exactă.

Din observațiile locale, făcute sistematic, într'un timp mai îndelungat, notând indicațiile barometrului, termometrului și higrometrului, cercetând mersul norilor cirus, putem deduce legi speciale pentru locul în care ne aflăm, care ne dau uneori rezultate destul de bune.

Când barometrul scade repede și vântul crește, înseamnă că ne găsim în calea centrului depresiunii. Dacă scăderea barometrică este înceată și de mică importanță, înseamnă că ne aflăm departe de centru și vremea nu se va schimba.

Dacă barometrul se urcă, înseamnă că centrul a trecut și că vine vremea bună.

Umezirea sării, durerile reumatice, arată umezeală și apropierea ploii.

Putem trage de asemeni foloase, observând mișcările și apucăturile animalelor și plantelor.

TABLA DE MATERIE

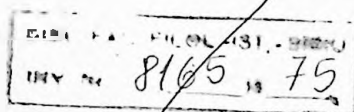
TEMPERATURA ȘI DILATAREA CORPURILOR	7
Noțiunea de temperatură	7
Dilatarea corpurilor	7
Cazul corpurilor solide	8
Cazul corpurilor lichide	9
Cazul gazelor	10
Temperaturi fixe	11
Termometre	11
Gradarea termometrului, scări termometrice	13
Corecțiuni termometrice	17
Termometrul cu alcool	18
Termometre de maximă și minimă	18
Termometrul medical	20
Termometre înregistratoare	21
 COEFICIENȚI DE DILATARE	22
Dilatarea lineară	22
Dilatarea în volum	26
Aplicații ale dilatării	29
Variația densității cu temperatura	31
Dilatarea lichidelor	32
Dilatarea apei	35

DILATAREA ȘI COMPRIMAREA GAZELOR	37
Legea lui Boyle-Mariotte	37
Legile lui Gay-Lussac	40
Relația $p_v = p_0 v_0 (1 + \alpha t)$	43
Termometrul cu gaz	46
Considerații generale asupra gazelor	48
Mișcarea Browniană	51
Gaze perfecte și gaze reale	52
Temperaturi absolute	54
CĂLDURI SPECIFICE-CALORIMETRIE	58
Ecuația căldurilor specifice	61
Calorimetrie	62
Căldura specifică a gazelor	67
SCHIMBĂRI DE STARE	69
Topirea corpurilor	69
Temperatura de topire	70
Temperatura de topire a aliajelor	72
Solidificarea	73
Influența presiunii asupra topirii	74
Căldura de topire	77
Determinarea căldurii de topire	78
Evaporarea	80
Evaporarea în vid	81
Principiul peretelui rece	83
Evaporarea în gaze	85
Evaporarea în aer liber	86
Fenomene anexe evaporării	89
Căldura de evaporare	91
Fierberea	92
Influența aerului dizolvit	94
Influența presiunii	95

Calefacția	98
Distilarea	99
STUDIUL SOLUȚIILOR	102
Influența temperaturii	104
Căldura de dizolvire	104
Soluții Coloidale	106
Fenomene de difuziune	106
Presiune osmotică-osmoză	107
Înghețarea soluțiilor	112
Fierberea și înghețarea soluțiilor	112
Fierberea soluțiilor	114
Amestecuri frigorifere	115
Cristalizarea	116
PROPAGAREA CĂLDURII	118
Propagarea prin conductibilitate	118
Propagarea prin curenți	122
Propagarea prin radiație	123
Absorbția și difuziunea căldurii	125
MAȘINA CU VAPORI	126
Cazanul	127
Pistonul, cilindrul și organele de distribuție	131
Organele de transmisie a mișcării	133
Condensatorul	135
LOCOMOTIVA (lectură)	136
TURBINE CU VAPORI	140

MOTOARE CU EXPLOZIE	142
.	
TRANSFORMAREA LUCRULUI MECANIC IN CĂLDURĂ	146
Principiul echivalenței	146
Determinarea echivalentului mecanic al caloriei	148
Principiul lui Carnot	155
Perpetuum mobile	155
Degradarea energiei	157
.	
LICHEFIEREA GAZELOR	160
Lichefierea prin răcire	161
Lichefierea prin comprimare	161
Lichefierea prin răcire și comprimare	162
Puncte critice	163
Metoda lichefierilor in cascadă	165
Metoda destinderii adiabatică	165
Lichefierea industrială a aerului	170
Mașina lui Linde	171
Proprietățile aerului lichid	173
Instalații frigorifere	175
.	
NOȚIUNI DE METEOROLOGIE	176
ATMOSFERA (lectură)	176
Constanta solară	179
Determinarea temperaturii locului	180
Isoterme	184
Presiunea atmosferică	187
Corecția de temperatură a barometrului	187
Corecția de altitudine a barometrului	188
Variațiile presiunii barometrice	189
Variațiile regulate ale presiunii	189
Variațiile neregulate ale presiunii	192

Vânturi	194
Origina vânturilor	196
Influența rotației pământului	197
Vânturi regulate și periodice	200
Vânturi neregulate	201
Norii și ploaia	204
Clasificarea norilor	206
Precipitații	209
Higrometrie	213
Higrometre în general	214
Higrometrul cu condensare	215
Higrometrul cu păr	217
Noțiuni de prevederea timpului	218
Caracterul depresiunilor	218
Vânturile din cuprinsul depresiunilor	219
Drumul depresiunilor	220
Prevederi locale	224



„BUCOVINA” I. E. TOROUȚIU, BUCUREȘTI

11

Aprobat cu ordinul No. 99 din 13 Aprilie 1937

Taxa timbrului didactic de
5% s'a plătit direct Casei
Corpului Didactic conform
Dec. nr. 16.916—1935.

Prețul cărții Lei 89.30

Taxa 5% C. C. D. „ 4.70

Total Lei 94.—

Lei 3 —