

Fizică

8

**MINISTERUL EDUCAȚIEI
ȘI CERCETĂRII**

Gabriela Cone (coordonator)
Cristian Presură (coordonator)
Daniela Berchez
Karoly-Jozsef Bogdan
Gabriela Deliu
Petronela Angela Ioja
Aneta-Aurelia Mihalcsik
Daniela Țepeș



CUVÂNT-ÎNAINTE

*"Cel mai greu de înțeles lucru despre Univers
este că acesta poate fi înțeles".
ALBERT EINSTEIN*

Este evident pentru oricine că bucuria participării la un joc nu este deplină dacă nu cunoști regulile jocului, indiferent dacă este un joc cu mingea, un joc pe calculator sau un joc de societate. Dacă nu cunoști regulile jocului nu poți participa la bucuria celorlalți.

Așa cum un muzician aude sunete pe care o ureche neantrenată nu le aude, sau cum un bucătar simte în mâncare gusturi pe care alții nu le sesizează, tot așa o persoană care cunoaște regulile naturii poate aprecia mai bine natura care ne înconjoară. În viață trebuie nu doar să privești lumea cu ochii larg deschiși, ci trebuie să știi și ce să contempli.

Fizica te învață care sunt regulile fundamentale ale naturii. Ea studiază fapte, dar caută să descopere și relațiile dintre fapte.

De fapt, ce este fizica?

Fizica reprezintă un mod de gândire despre aspectele fizice ale naturii. La fel cum sunt arta, biologia, astronomia sau religia, care sunt tot moduri de a gândi despre natură, dar cu alte instrumente. Fizica nu este matematică. Începând cu secolul al XVII-lea, regulile din fizică sunt exprimate prin relații matematice, care au avantajul de a nu introduce ambiguități în formulare, cum se întâmplă de multe ori când aceleași reguli sunt exprimate în cuvinte. Însă fizica nu înseamnă să găsești formula potrivită în care să introduci valori numerice și să interpretezi rezultatul final. Aceasta este doar o problemă de matematică.

În fizică, regulile naturii fizice au fost descoperite în urma experienței umane cotidiene. După efectuarea a foarte multor experimente de același fel, în aceleași condiții și care au dus la aceleași concluzii, s-au putut formula reguli ale naturii, care au căpătat numele de *principii* sau *legi*. O regulă stabilită în acest mod este admisă de toată lumea, de aceea spunem că fizica este o știință experimentală.

În acest sens, la conceperea manualului, autorii au urmărit ca la începutul fiecărei lecții să propună unul sau mai multe experimente simple, care pot fi făcute de elevi cu mijloace ușor de obținut și din care să rezulte concluziile teoretice corespunzătoare.

Manualul conține multe exemple care reprezintă fapte studiate în mai multe ramuri ale științelor naturii (pe lângă fizică, în biologie, astronomie, chimie etc.). În multe cazuri, elevii sunt îndemnați să se documenteze singuri pe teme multidisciplinare și să scrie scurte eseuri pe temele respective.

Fiecare unitate conține probleme rezolvate și probleme propuse, cu răspunsuri la sfârșitul manualului. Pentru rezolvarea problemelor de fizică trebuie parcurși mai mulți pași:

- identificarea fenomenului a cărui aplicație este problema;
- aplicarea legii (sau legilor) care guvernează fenomenul;
- transformarea unităților de măsură a valorilor mărimilor fizice din enunț în unități SI;
- efectuarea calculelor numerice pentru mărimile cerute în enunț.

Conținutul manualului corespunde în totalitate programei școlare în vigoare. Autorii își exprimă speranța că atât elevii, cât și profesorii vor găsi în acest manual un prieten și un sprijin de nădejde în procesul de predare-învățare.

prof. dr. Gabriela Cone



James Prescott Joule



Nikolaus Otto



Rudolf Diesel

Charles Augustin
de Coulomb

Michael Faraday

CUPRINS

Ghid de utilizare a manualului	6
Competențe generale și competențe specifice	8
Test inițial	9

Fenomene termice

Fenomene termice

Mișcarea browniană (experimental). Agitația termică. Difuzia	12
Starea de încălzire. Echilibrul termic. Temperatura empirică	14
Căldura, mărime de proces	16
Transmiterea căldurii (prin conducție, convecție, radiație)	18
Coeficienți calorici. Calorimetrie	20
Stări de agregare, caracteristici	22
Transformări de stare de agregare – extindere	24
Studiul schimburilor de energie sub formă de căldură implicate de topirea gheții. Călduri latente – extindere interdisciplinară	26
Stabilirea temperaturii de echilibru în sisteme neomogene – extindere în tehnologie	28
Combustibili. Puterea calorică – extindere	30
Motorul termic – extindere în tehnologie.....	31
Probleme	34
Proiect	36
Test de evaluare	37

Fenomene electrice și magnetice

Electrostatica

Electrizarea. Sarcina electrică. Interacțiunea dintre corpurile electrizate	40
Legea lui Coulomb (identificarea experimentală a mărimilor care influențează forța electrică).....	42

Electrocinetica

Circuite electrice. Componentele unui circuit. Generatoare electrice	44
Intensitatea curentului electric. Măsurarea intensității curentului electric cu ampermetrul. Multimetrul	46
Tensiunea electrică. Măsurarea tensiunii electrice cu voltmetrul	48
Tensiunea electromotoare	49
Rezistența electrică	51
Legea lui Ohm	54
Probleme	57
Test de evaluare	59
Gruparea rezistoarelor	60
Gruparea generatoarelor identice – studiu experimental	64
Teoremele lui Kirchhoff – extindere	68
Energia și puterea electrică. Legea lui Joule	72
Transferul de putere într-un circuit electric simplu de curent continuu – extindere	76
Efectul chimic al curentului electric. Electroliza – extindere	78

Efectul magnetic al curentului electric

Studiul experimental (calitativ) al efectului magnetic. Electromagneți	80
Forța exercitată de un electromagnet în funcție de intensitatea curentului electric	83
Aplicații	84
Probleme	86
Proiect	88
Test de evaluare	89



Nikola Tesla

Fenomene optice

Introducere

Surse de lumină. Rază de lumină. Fascicul de lumină	92
Principiile propagării luminii	94
Propagarea luminii în diverse medii (absorbție, dispersie, culoarea corpurilor)	96

Reflexia luminii

Reflexia luminii. Legile reflexiei luminii	100
Aplicație experimentală a legilor reflexiei luminii. Oglinzi plane	102
Aplicații ale legilor reflexiei luminii în tehnologie – extindere	104

Refracția luminii

Indicele de refracție. Refracția luminii – evidențierea experimentală a fenomenului	106
Legile refracției luminii – extindere	109
Reflexia totală	110
Aplicații practice ale reflexiei totale. Fibra optică. Prisma cu reflexie totală	112

Lentile subțiri

Lentile subțiri	114
Construcția geometrică a imaginilor prin lentile subțiri	116
Determinarea formulelor lentilelor subțiri – extindere	119

Instrumente optice

Ochiul. Ochelarii	122
Lupa	126
Probleme	127
Proiect	128
Test de evaluare	129



André-Marie Ampère



Georg Simon Ohm

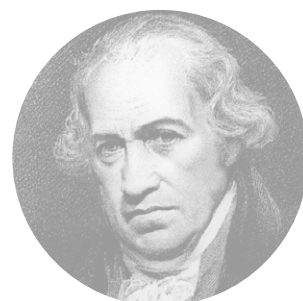


Gustav Robert Kirchhoff

Extindere. Energia și viața

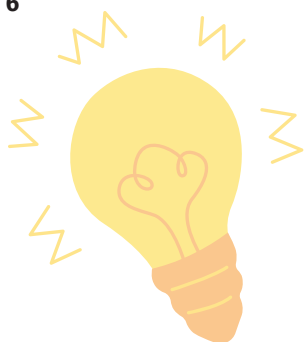
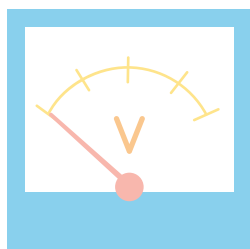
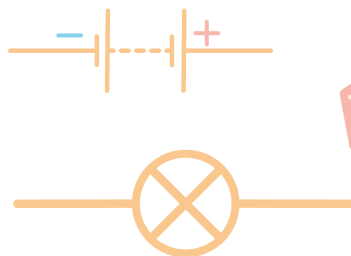
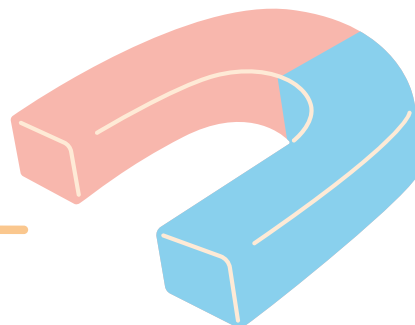
Forme de energie. Surse de energie

Forme de energie. Surse de energie	132
Transformarea și conservarea energiei în diferite sisteme	134
Probleme	137
Proiect	138
Test de evaluare	139



James Watt

Indicații și răspunsuri	141
Constante fizice	144



GHID DE UTILIZARE A MANUALULUI

Manualul *Fizică pentru clasa a VIII-a* este structurat în unități de învățare, care respectă domeniile și conținuturile existente în programa școlară. Lecțiile sunt însoțite de un număr considerabil de experimente, care determină formarea competențelor specifice cu care acestea sunt corelate. Există și lecții cu caracter de extindere, profesorul având posibilitatea să opteze pentru predarea lor în funcție de nivelul clasei. Manualul cuprinde un număr mare de probleme rezolvate, probleme propuse și teste de evaluare/autoevaluare. La finalul manualului se regăsesc răspunsuri la problemele propuse, precum și tabele cu constantele fizice necesare în rezolvarea problemelor. Unele lecții conțin și activități precum: proiecte, investigații, eseuri etc., care se atașează portofoliului personal. Structura unei lecții este următoarea: *Termeni-cheie*, *Ai observat că?*, *Amintește-ți!*, *Ce crezi?*, *Experimentează!*, *Reține!*, *Problemă rezolvată*, *Verifică dacă ai înțeles!*, *Aplică cele învățate!*, *Teme pentru portofoliu*, *Știi că?*

Titlul lecției

Termeni-cheie

Prezintă noțiunile noi introduse în lecție.

Ai observat că?

Ai remarcat în jurul tău fenomene/probleme la care ai meditat și te determină să gândești?

Ce crezi?

Exprimă-ți o părere!

Amintește-ți

Îți vei reaminti noțiuni pe care le-ai studiat în anii anteriori sau în lecțiile anterioare.

Experimentează!

Vei realiza activități practice pentru a verifica o lege sau un fenomen fizic.

60 Fenomene electrice și magnetice – Electrocinetica UNITATEA 2

Termeni-cheie

- grupare serie
- grupare paralel
- rezistență echivalentă serie
- rezistență echivalentă paralel

Gruparea rezistoarelor

Ai observat că?
Pentru a folosi mai mulți consumatori în același timp, poți folosi un prelungitor.

Ce crezi?
Prăjitorul de pâine (fig.2) funcționează cu rezistențe electrice. Comparând cu ceea ce ai învățat deja la gruparea becurilor, ce crezi că se întâmplă dacă se arde o rezistență? Mai funcționează prăjitorul de pâine?

Amintește-ți
În clasa a VI-a ai învățat despre gruparea becurilor în serie și în paralel. Dacă la candelabru din figura 3 se arde un bec, celelalte becuri mai funcționează? Cum crezi că trebuie legate becurile din locuințe astfel încât arderea unui bec să nu influențeze funcționarea celorlalte?
Cum sunt legate becurile unei instalații pentru bradul de Crăciun? De ce?

Reține!
Orice porțiune a unui circuit electric comunică cu restul circuitului prin borne. Un rezistor este echivalent cu o grupare de rezistoare dacă, la aplicarea aceleiași tensiuni la bornele rezistorului echivalent ca și la bornele grupării, circulă un curent electric cu aceeași intensitate. Rezistența acestui rezistor se numește **rezistență echivalentă a grupării**.

Gruparea rezistoarelor în serie (în cascadă)

Experimentează!

- **Vei folosi:** trei rezistoare cu rezistențe electrice diferite, o sursă de tensiune, un ampermetru, un voltmetru și un întrerupător.
- **Ce ai de făcut?**
 - Realizează un circuit electric după montajul din figura 4, conform schemei electrice alăturate;
 - Leagă ampermetrul în diferite puncte ale circuitului și compară valorile indicate de aparat. Ce observi?
- **Atenție!** Ampermetrul se leagă întotdeauna în serie.
- Leagă un voltmetru, pe rând, la bornele fiecărui rezistor cu rezistențele R_1 , R_2 , R_3 și notează tensiunile U_1 , U_2 , U_3 .
- **Atenție!** Voltmetrul se leagă întotdeauna la capetele rezistorului.
- Leagă voltmetrul la bornele grupării formate din cele trei rezistoare și măsoară tensiunea U , conform schemei din figura 5.
- Notează valorile găsite într-un tabel de forma celui din figura 6.
- **Ce constăți?** Tensiunea electrică la bornele grupării este numeric egală cu suma tensiunilor celor trei rezistoare.
- **Cum îți explici?** Când rezistoarele sunt conectate în serie, curentul electric trece prin fiecare rezistor, fără a avea ramificații. Acest lucru înseamnă că intensitatea curentului electric este aceeași prin fiecare rezistor. Tensiunea totală se împarte între rezistoare proporțional cu valorile rezistențelor lor.

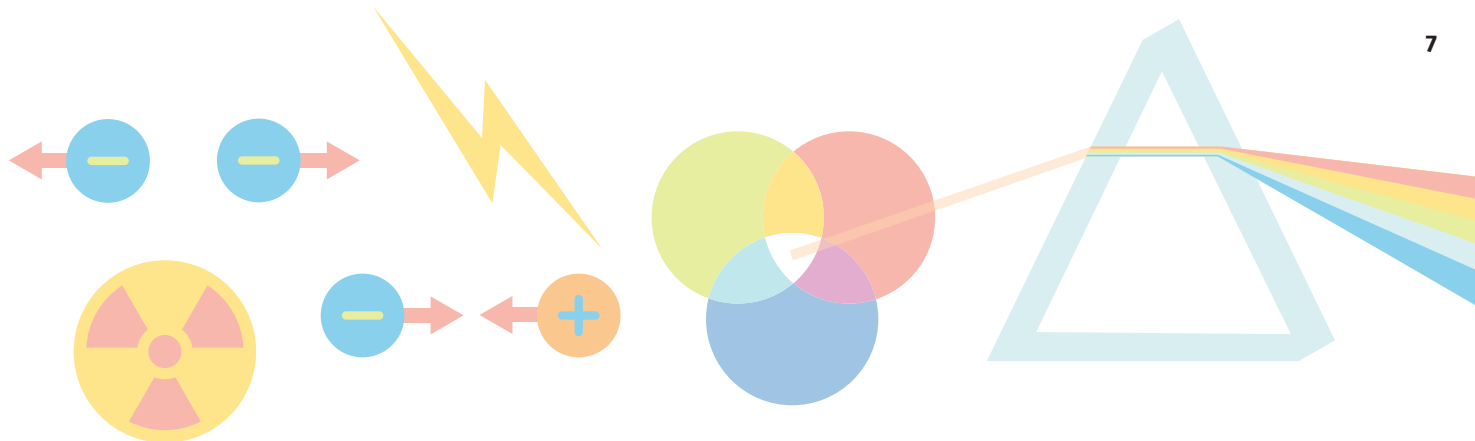
Fig.1 – Prolungitor

Fig.2 – Prăjitor de pâine

Fig.3 – Candelabru

Fig.4 – Montaj experimental – gruparea serie a rezistoarelor

Fig.5 – Rezistență echivalentă a grupării serie



Manualul cuprinde variantele tipărită și digitală



+



Simboluri folosite
în varianta digitală



Rezolvă



Privește



Vizionează

Titlul unității

UNITATEA 2 Fenomene electrice și magnetice – Electrocinetica **61**

Reține!

Doi sau mai multe rezistoare sunt conectate în serie dacă sunt așezate într-un circuit unul după altul, ca mărgelile pe un lanț sau ca o ghirlandă. Toți electronii care circulă prin circuit trec, rând pe rând, prin fiecare rezistor.

Un rezistor poate înlocui o grupare serie formată din mai multe rezistoare (trei, în cazul schemei prezentate) dacă, prin conectarea acestuia între aceleași puncte, nu se va modifica tensiunea electrică de la borne. Altfel spus, curentul electric prin rezistorul echivalent trebuie să aibă aceeași intensitate ca și intensitatea curentului prin sursa conectată între acele puncte.

Dacă vei scrie tensiunea electrică cu ajutorul *Legii lui Ohm* pentru o porțiune de circuit, atât pentru fiecare rezistor din gruparea serie, cât și pentru rezistorul echivalent (curenții electrici având aceeași intensitate), vei obține:

$$U_1 = I \cdot R_1; \quad U_2 = I \cdot R_2; \quad U_3 = I \cdot R_3;$$

$U = I \cdot R_{eq}$, unde R_{eq} reprezintă rezistența echivalentă a grupării serie.

Conform rezultatului experimental de mai sus, matematic poți scrie:

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

Făcând înlocuirea fiecărei tensiuni, vei obține:

$$I \cdot R_{eq} = I \cdot R_1 + I \cdot R_2 + I \cdot R_3 \text{ sau } I \cdot R_{eq} = I \cdot (R_1 + R_2 + R_3)$$

și împărțind cu I , vei obține relația pentru **rezistența echivalentă a grupării serie**:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$$

Dacă în circuit vei avea mai mult de trei rezistoare (n rezistoare), relația de mai sus poate fi generalizată:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

În concluzie, rezistența echivalentă a grupării serie a mai multor rezistoare este numeric egală cu suma algebrică a rezistențelor individuale.

Pentru n rezistoare cu rezistențe electrice egale:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n = n \cdot R$$

Rezistența echivalentă R_{eq} este întotdeauna mai mare decât oricare din rezistențele individuale.

Problemă rezolvată

Calculează rezistența echivalentă a unei grupări serie formate din patru rezistori cu rezistențele R , $2R$, $3R$ și $4R$. Efectuează apoi calculul pentru valoarea $R = 5 \Omega$.

Din relația pentru rezistența echivalentă a grupării serie:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$$

Înlocuind din datele problemei, obținem:

$$R_{eq} = R + 2R + 3R + 4R = 10R$$

și numeric: $R_{eq} = 10 \cdot 5 \Omega = 50 \Omega$.

Aplică cele învățate!

Patru felinare cu arc, având fiecare rezistența de $3,6 \Omega$, sunt legate în serie. Firele de legătură au rezistența de $1,2 \Omega$, iar reostatul are rezistența de $1,07 \Omega$. Determină rezistența întregului circuit.

$R (\Omega)$	$I (A)$	$U (V)$	$R_{echiv. (\Omega)}$
R_1			
R_2			
R_3			
R_n			

Fig.6

Știi că?

Dezavantaj al grupării în serie

În situația în care unul dintre rezistoarele grupării se arde sau prezintă o întrerupere, circuitul se deschide și celelalte rezistoare nu vor mai fi curcuse de curent electric.

Verifică dacă ai înțeles!

- 1 Compară rezistența echivalentă serie cu rezistențele individuale. Ce concluzie poți formula?
- 2 Dedu rezistența echivalentă a grupării serie dacă ai n rezistoare cu rezistențe electrice egale.
- 3 Investighează cu ajutorul laboratorului virtual Phet Colorado modul în care numărul de rezistoare legate în serie va influența intensitatea curentului electric și tensiunea electrică din circuit.

Reține!

Consolidează-ți noile noțiuni de conținut!

Știi că?

Vei descoperi curiozități și lucruri pe care nu le știai!

Verifică dacă ai înțeles!

Vei răspunde la întrebări simple și vei ști dacă ai înțeles lecția studiată.

Problemă rezolvată

Vei primi modele de rezolvare a unor probleme.

Aplică cele învățate!

Teme pentru portofoliu

Vei realiza diferite activități, vei redacta eseuri, vei face investigații etc. legate de tema propusă!

COMPETENȚE GENERALE ȘI COMPETENȚE SPECIFICE

1 **Investigarea științifică structurată, în principal experimentală, a unor fenomene fizice simple, perceptibile**

- 1.1. Explorarea proprietăților și fenomenelor fizice în cadrul unor investigații științifice diverse (experimentale/teoretice)
- 1.2. Folosirea unor metode și instrumente pentru înregistrarea, organizarea și prelucrarea datelor experimentale și teoretice
- 1.3. Sintetizarea dovezilor obținute din investigații științifice în vederea susținerii cu argumente a unei explicații/generalizări

2 **Explicarea științifică a unor fenomene fizice simple și a unor aplicații tehnice ale acestora**

- 2.1. Încadrarea în clasele de fenomene fizice studiate a fenomenelor fizice complexe identificate în natură și în diferite aplicații tehnice
- 2.2. Explicarea de tip cauză-efect, utilizând un limbaj științific adecvat, a unor fenomene fizice simple identificate în natură și în diferite aplicații tehnice
- 2.3. Prevenirea unor posibile efecte negative asupra oamenilor și/sau asupra mediului ale unor fenomene fizice și/sau aplicații în tehnică ale acestora

3 **Interpretarea unor date și informații, obținute experimental sau din alte surse, privind fenomene fizice simple și aplicații tehnice ale acestora**

- 3.1. Extragerea de date științifice relevante din observații proprii și/sau din diverse surse
- 3.2. Organizarea datelor experimentale, științifice în diferite forme de prezentare
- 3.3. Evaluarea critică autonomă a datelor obținute și a evoluției propriei experiențe de învățare

4 **Rezolvarea de probleme/situații problemă prin metode specifice fizicii**

- 4.1. Utilizarea unor mărimi și a unor principii, teoreme, legi, modele fizice pentru a răspunde argumentat la probleme/situații-problemă de aplicare și/sau de raționament
- 4.2. Folosirea unor modele simple din diferite domenii ale fizicii în rezolvarea de probleme simple/situații problemă



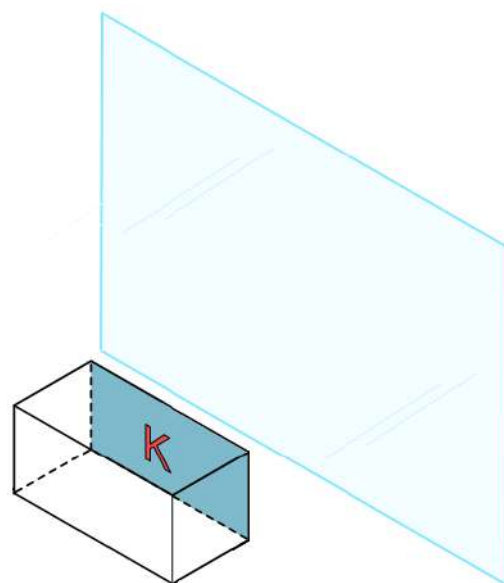
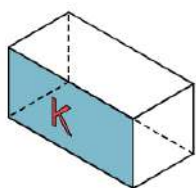
Test inițial

Citește cu atenție și alege varianta corectă:

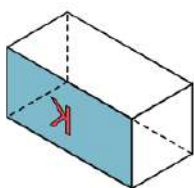
- Sarcina electrică totală a atomului este:
 - nulă, pentru că numărul de protoni este egal cu cel de electroni;
 - nulă, pentru că numărul de protoni este mai mare decât cel de electroni;
 - nulă, pentru că numărul de protoni este mai mic decât cel de electroni;
 - nulă, pentru că nu depinde de numărul protonilor sau electronilor din atom.
- Un corp electrizat care are un exces de 10 electroni are sarcina electrică:
 - pozitivă;
 - negativă;
 - nulă;
 - nu se poate stabili.
- Dinamul este un:
 - consumator;
 - întrerupător;
 - generator
 - instrument de măsură.

4. Un obiect de formă paralelipipedică pe care este inscripționată litera K se așază în fața unei oglinzi plane, ca în figura alăturată.

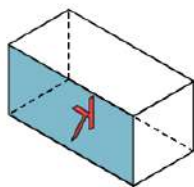
Care dintre figurile de mai jos indică corect obiectul, dacă acesta este rotit astfel încât partea colorată a acestuia să fie îndreptată spre oglindă? (Baza obiectului rămâne în contact cu suprafața pe care se sprijină inițial în timpul rotirii).



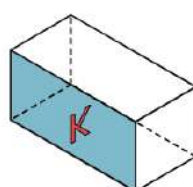
a) A



b) B

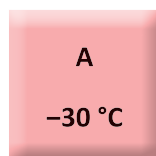
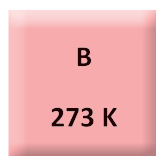
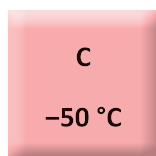
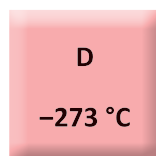
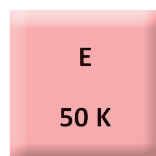


c) C



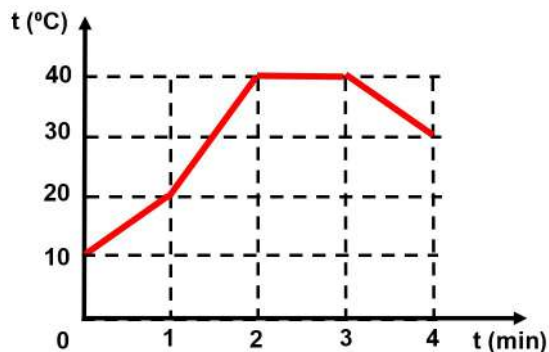
d) D

5. Corpurile din figură au temperaturile inscripționate pe ele. Scrie literele corespunzătoare corpurilor, în ordinea crescătoare a temperaturii acestora.



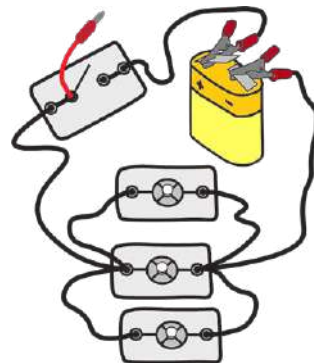
6. Temperatura unui corp se schimbă în timp, așa cum arată graficul din figură.

- Când atinge corpul temperatura de 20°C ?
- Cât timp se încălzește corpul?
- Cât timp are corpul temperatura de 40°C ?
- Cu câte grade crește temperatura corpului între minutele 1 și 2?
- În ce interval de timp crește temperatura corpului cel mai repede?
- Când are corpul temperatura de 30°C ?



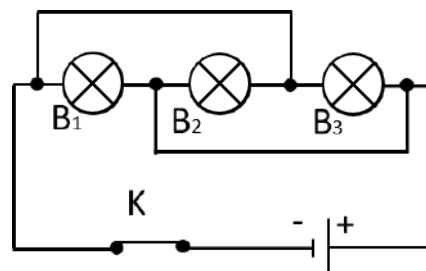
7. Se dă circuitul electric din figura alăturată:

- Reprezintă circuitul electric, folosind simbolurile convenționale.
- Circuitul este închis sau deschis?
- Cum sunt grupate becurile?
- Ce avantaj prezintă acest mod de grupare a becurilor?
- Identifică numărul conductoarelor de legătură utilizate la realizarea acestui circuit electric.



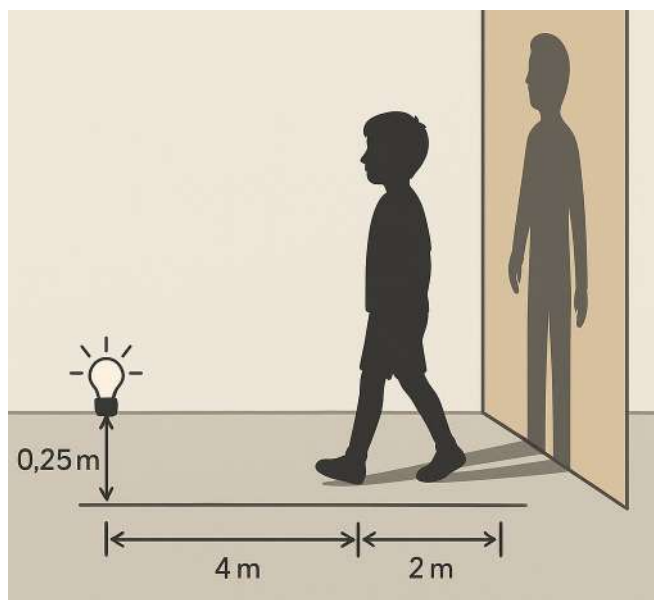
8. Analizează circuitul din figura alăturată:

- Cum sunt conectate becurile B_1 , B_2 și B_3 ?
- Ce se întâmplă cu becurile B_1 și B_2 dacă becul B_3 se arde?



9. O sursă de lumină punctiformă, situată la 25 cm deasupra solului, se află la distanța de 4 m de un copil cu înălțimea de 1,45 m. În spatele copilului, la 2 m față de acesta, se află un perete vertical.

- Ce înălțime are umbra copilului pe perete?
- Ce se întâmplă cu mărimea umbrei atunci când copilul se apropie de sursă?



1



Fenomene termice



În această unitate vei primi răspuns la următoarele întrebări:

- ▶ Care este diferența dintre căldură și temperatură?
- ▶ Ce legătură au moleculele cu fenomenele termice?
- ▶ Cum ajunge căldura de la Soare la Pământ?
- ▶ Cum păstrează termosul temperatura lichidului din interior constantă?
- ▶ Într-o cameră cu temperatura de zero grade Celsius, se topește gheața sau îngheață apa?
- ▶ Se poate transforma căldura în lucru mecanic?
- ▶ Cum funcționează motoarele termice? Mai au ele viitor?

Mișcarea browniană (experimental). Agitația termică. Difuzia

Termeni-cheie

- moleculă
- agitație termică
- difuzie
- mișcare browniană



Fig. 1 - Fire de praf luate de razele de soare



Fig. 2 - Difuzia ceaiului în apă rece și în apă caldă

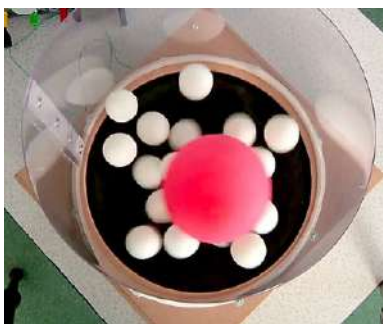


Fig. 3 - Dispozitiv pentru demonstrarea mișcării browniene



Știi că?

✓ Procesul de difuzie are loc și în solide, dar este mult mai lent. Dacă se presează puternic două plăci metalice aduse la incandescență, după un timp ele se sudează spontan. Fabricarea oțelului de Damasc, folosit și în săbiile de samurai, are la bază un proces similar, numit *forjare la cald*.

Ai observat că?

- Dacă deschizi o sticlă cu parfum într-un colț al camerei, după câteva minute mirosul se va simți în toată camera.
- Dacă scapi o picătură de colorant alimentar într-un pahar cu apă, după o oră toată apa va fi colorată uniform.



Ce crezi?

De ce un fir de praf, privit timp îndelungat într-o cameră însorită, pare „a sfida” gravitația, iar mișcarea acestuia nu încetează niciodată?

Experimentează!

1. Mișcarea invizibilă (fig. 2)

- **Vei folosi:** o ceașcă transparentă cu apă rece, o ceașcă transparentă cu apă fierbinte, 2 pliculețe cu ceai.
- **Ce ai de făcut?** Introdu simultan cele 2 pliculețe în cele 2 cești.
- **Ce constăți?** Ceaiul se amestecă cu apa spontan (fără intervenția noastră). Procesul are loc mult mai rapid în apa fierbinte decât în cea rece.
- **Cum îți explici?** Pentru a explica fenomenul observat, trebuie să admitem că există o mișcare spontană și invizibilă în interiorul apei și că intensitatea acestei mișcări crește cu temperatura.

2. Jocul moleculelor (fig. 3)

- **Vei folosi:** generator de frecvență, difuzor, folie transparentă PVC, 15-20 mingi de ping-pong, un balon mic colorat.
- **Ce ai de făcut?** Construiește, din folia transparentă, un cilindru cu diametrul egal cu cel al difuzorului. Conectează difuzorul la generatorul de frecvență. Pune cilindru pe difuzor, apoi și mingile de ping-pong, și pornește difuzorul. Observă agitația mingilor, datorată vibrațiilor difuzorului. Pune apoi și balonul colorat pe care l-ai umflat. Urmărește numai mișcarea balonului.
- **Ce constăți?** Numeroasele mingi de ping-pong, aflate în mișcare haotică, ciocnesc balonul, care își schimbă în permanență direcția de mișcare, urmând o traiectorie de forma unei linii frânte.
- **Cum îți explici?** Balonul se mișcă încontinuu și dezordonat, pentru că impactul mingilor asupra lui nu se compensează niciodată. Poți face o legătură între acest experiment și mișcarea firelor de praf în razele solare?

Reține!

Experimentele și fenomenele anterioare pot fi explicate pe baza **modelului microscopic** al corpurilor. **Ipotezele modelului** sunt:

- Toate corpurile (solide, lichide și gazoase) sunt formate dintr-un număr foarte mare de molecule. De exemplu, un gram de apă conține $34\,400\,000\,000\,000\,000\,000\,000 = 3,34 \cdot 10^{22}$ molecule.

- Moleculele fiecărui corp se mișcă încontinuu și haotic, mișcarea aceasta fiind numită **agitație termică**.

Între două ciocniri, moleculele gazelor se mișcă rectiliniu și uniform, rezultând în final o mișcare haotică (dezordonată) în zig-zag. Moleculele corpurilor solide oscilează în jurul pozițiilor lor de echilibru. Mișcarea moleculelor unui lichid este o combinație între cele două mișcări.

- Viteza medie a mișcării de agitație termică crește cu temperatura.

Pe baza acestui model vom explica în continuare două fenomene termice: fenomenul de difuzie (fig.4) și mișcarea browniană (fig.5).

Difuzia este fenomenul de pătrundere a moleculelor unei substanțe printre moleculele altei substanțe. Fenomenul are loc spontan.

Gazele difuzează mai repede, lichidele mai încet, dar fenomenul are loc și la solide. Viteza de difuzie crește cu temperatura.

Mișcarea browniană este mișcarea spontană, dezordonată și continuă a unor particule aflate în suspensie într-un fluid.

Intensitatea mișcării browniene crește cu temperatura. Denumirea mișcării vine de la numele botanistului scoțian Robert Brown care, în 1828, studia la microscop particule de polen în suspensie în apă și a constatat că mișcarea lor haotică nu încetează niciodată. Explicația are la bază mișcarea de agitație termică a moleculelor de apă, care lovindu-se de particulele de polen le imprimă și acestora o mișcare haotică.

Difuzia și mișcarea browniană sunt dovezi experimentale ale mișcării de agitație termică a moleculelor.

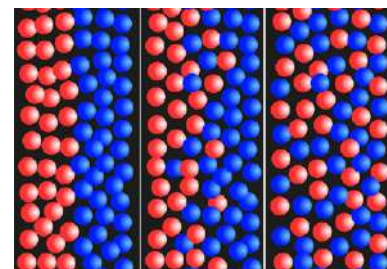


Fig. 4 - Evoluția difuziei în timp (de la stânga spre dreapta)

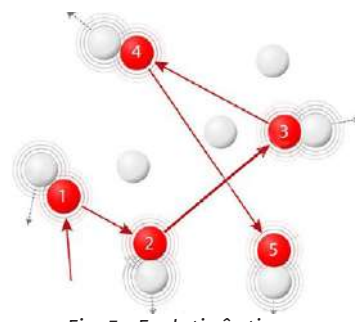


Fig. 5 - Evoluția în timp a mișcării browniene



Știi că?

✓ Cea mai mică moleculă (molecula de hidrogen) are diametrul de aproximativ 10^{-10} m, iar cea mai mare (molecula PG5) de 10^{-8} m. Dacă am mări această lume microscopică de 10 milioane de ori, molecula de hidrogen ar deveni cât o cireasă, molecula PG5 cât tot cireșul, iar cireșul cât planeta Jupiter (140 000 km).



✓ La temperatura camerei, viteza medie de agitație termică a moleculelor de azot din aer este de aproximativ 500 m/s, în timp ce viteza moleculelor de hidrogen este de 2000 m/s.

✓ Mișcarea browniană a fost observată, înaintea lui Robert Brown, de olandezul Jan Ingenhousz, dar acesta nu și-a dat seama de importanța descoperirii lui. Explicația teoretică a fenomenului a fost dată de Albert Einstein, abia în anul 1905.

Verifică dacă ai înțeles!

- 1 De ce, după scurt timp de la deschiderea unei sticle cu băutură carbogazoasă, aceasta devine „plată”?
- 2 Cum se modifică viteza medie a moleculelor unui gaz prin încălzire?
- 3 Se mișcă moleculele la $0\,^{\circ}\text{C}$? Dar la $-20\,^{\circ}\text{C}$?
- 4 Picătura de colorant difuzează mai repede în apă caldă sau rece?
- 5 Există o temperatură la care moleculele se opresc din mișcare?
- 6 Ce fenomen fizic stă la baza lipirii metalelor prin forjare?

Temă pentru portofoliu

Care este rolul difuziei în răspândirea poluanților în natură?



Termeni-cheie

- echilibru termic
- tranzitivitate
- temperatură empirică
- etalonare

$$t_F = \frac{9}{5} t_C + 32$$

$$t_C = \frac{5}{9} (t_F - 32)$$

Fig. 1 – Formule de transformare între gradele Celsius în Fahrenheit



Fig. 2 – Mama apreciază temperatura cu mâna, dar o măsoară cu termometrul

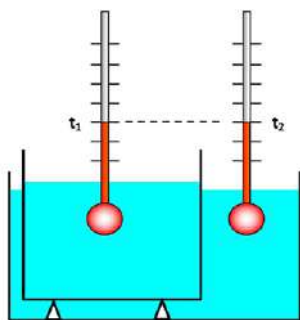


Fig. 3 – Un termoscop simplu

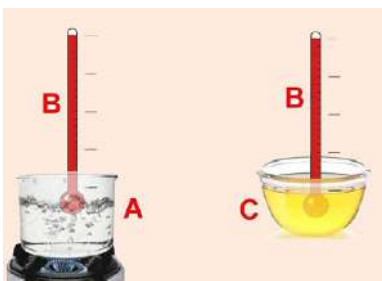


Fig. 4 – Ce temperatură are uleiul?



Fig. 5 – Atmosfera Pământului nu este în echilibru termic

Starea de încălzire. Echilibrul termic. Temperatura empirică

Amintește-ți

Nu toate corpurile au aceeași stare de încălzire: unele sunt mai calde, altele mai reci. Starea de încălzire a corpurilor poate fi comparată pe baza efectelor produse. Efecte posibile ale încălzirii sunt: schimbarea volumului (dilatarea), schimbarea stării de agregare, schimbarea culorii, schimbarea senzației pe care o produce corpul la atingere etc.

Temperatura este mărimea fizică fundamentală care măsoară starea de încălzire a corpurilor. Termometrul este instrumentul de măsură a temperaturii. Termometrul poate fi etalonat în diferite scări de temperatură (Celsius, Fahrenheit, Kelvin). Vezi figura 1!



Ce crezi?

Cum funcționează termometrul? În ce condiții măsoară el corect (fig.2)? Ai putea să îți construiești și tu unul?

Experimentează!

Echilibrul termic (fig.3)

● **Vei folosi:** două vase metalice (unul mai mic și unul mai mare), apă rece, apă caldă, două termometre.

● **Ce ai de făcut?** Introdu apă caldă în ambele vase, așază vasul mic în interiorul celui mare și urmărește cum se modifică temperatura apei în cele două vase. Repetă experimentul, turnând apă rece în ambele vase, iar apoi turnând apă rece într-un vas și apă caldă în celălalt.

● **Ce constăți?** Atunci când punem în contact termic corpuri cu temperaturi identice, temperaturile lor nu se modifică.

Atunci când punem în contact termic corpuri cu temperaturi diferite, temperaturile lor se modifică până devin egale.

● **Cum îți explici?** Puse în contact termic, corpurile cu temperaturi diferite au tendința de a-și egaliza temperaturile. Înainte de a ajunge în această stare de echilibru, corpurile nu sunt în echilibru.

Reține!

Două corpuri sunt în echilibru termic dacă, puse în contact termic, temperatura lor nu se schimbă.

Echilibrul termic are o proprietate numită **tranzitivitate**. Conform acesteia, dacă avem trei corpuri, A, B, C, și știm că A este în echilibru termic cu B, iar B este în echilibru termic cu C, putem fi siguri că A este în echilibru termic cu C. Această proprietate ne permite să măsurăm temperatura, adică să comparăm temperatura unui corp A cu temperatura unui „corp etalon” C prin intermediul unui al treilea corp B, termometrul (fig.4).

Un corp este în echilibru termic (cu el însuși) dacă diferențele lui părți au aceeași temperatură și această temperatură nu se schimbă în timp.

Pământul (fig.5), corpul omenesc, un băț de chibrit aprins etc. sunt exemple de corpuri care au părți cu temperaturi diferite, deci nu sunt în echilibru termic. În cazul acestor corpuri este foarte dificil și riscant să definim noțiunea de temperatură.

Din acest motiv, în continuare ne vom referi doar la temperatura corpurilor aflate în echilibru termic.

Temperatura empirică

Pentru a măsura temperatura, trebuie să găsim un fenomen fizic (de exemplu, dilatarea) în care o mărime fizică măsurabilă ușor (de exemplu, volumul) să depindă de temperatură după o lege simplă (de exemplu, liniară). Alegând fenomenul și substanța termometrică, definim o *scară empirică de temperaturi*. Scările Celsius și Fahrenheit, pe care le-ai studiat în clasa a VI-a, au fost stabilite cu ajutorul fenomenului de dilatare, substanța termometrică fiind mercurul.

Termometrul neetalonat se numește *termoscop*.

Etapele etalonării unui termoscop în scara Celsius (fig.6):

A. Se introduce termoscopul în apă cu gheață, aflate în echilibru termic, se marchează nivelul lichidului termometric și se notează cu 0 °C.

B. Se introduce termoscopul în apă care fierbe, se marchează nivelul lichidului termometric și se notează cu 100 °C.

C. Se împarte intervalul dintre cele două marcaje în 100 de părți egale, obținând astfel diviziunea de 1 grad. Cu diviziunea obținută se continuă etalonarea sub 0 °C și peste 100 °C.

Atenție! Acest experiment nu poate fi realizat în laboratoarele școlare, deoarece mercurul este toxic.

Scara Kelvin

Cercetările întreprinse în prima jumătate a secolului al XIX-lea au dus la concluzia că niciun corp nu poate fi răcit sub temperatura de -273,15 °C. Pornind de la această constatare, lordul Kelvin a propus introducerea unei noi scări de temperatură, care să aibă doar valori pozitive (fig.7). Scara Kelvin are originea la -273,15 °C și păstrează diviziunea scării Celsius. Astfel, formula de transformare între valorile celor două scări este:

$$T_K = t_C + 273,15, \text{ respectiv } t_C = T_K - 273,15$$

Kelvinul a devenit și unitatea de măsură fundamentală a temperaturii.

$$[T]_{SI} = K$$

Interpretarea microscopică a temperaturii

Conform modelului microscopic al corpurilor, temperatura absolută este direct proporțională cu energia cinetică medie a mișcării de agitație termică a moleculelor corpului. Energia medie a moleculelor (și implicit temperatura) poate să crească, dacă corpul primește energie și să scadă, dacă cedează. La temperatura de 0 K moleculele nu mai au energie cinetică, deci se opresc din mișcare. Așa putem înțelege ușor de ce nu poate fi răcit un corp sub această temperatură.

Verifică dacă ai înțeles!

- 1 De ce avem nevoie de termometru pentru a măsura temperatura? De ce nu este suficient să ne bazăm pe ceea ce simțim (fig.2)?
- 2 Poate fi în echilibru termic apa cu paharul în care se află?
- 3 Omul este un corp aflat în echilibru termic?
- 4 Care este mai sensibil, termometrul cu tub subțire sau cel cu tub gros?
- 5 Care sunt punctele fixe ale scării Celsius?
- 6 Poate fi folosită apa ca substanță termometrică? *Vezi anomalia apei!*
- 7 Poți transforma temperatura de -200 °C în kelvini? Dar -300 °C?
- 8 De câte ori crește energia cinetică medie a moleculelor unui corp, dacă acesta își dublează temperatura absolută? Dar viteza medie?

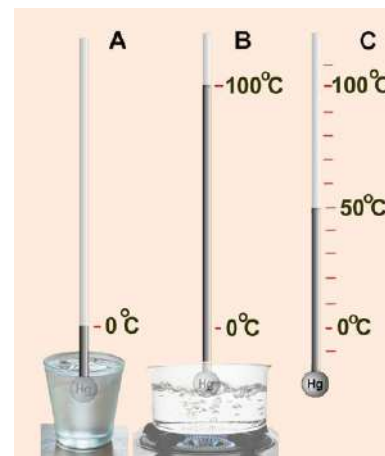


Fig. 6 - Etalonarea termoscopului în scara Celsius

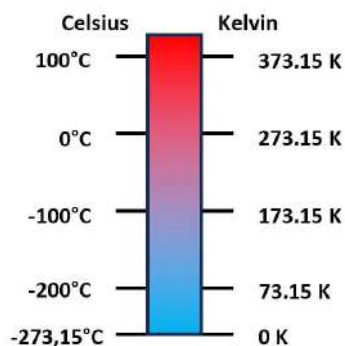


Fig. 7 - Corespondența temperaturilor în scările Celsius și Kelvin



Știi că?

✓ Există termometre care măsoară temperatura unui corp fără să intre în contact termic cu el, pe baza radiației pe care acesta o emite.



✓ Cea mai mică temperatură obținută vreodată într-un laborator este de 38 pK = $3,8 \cdot 10^{-11}$ K, iar cea mai mare este de 5,5 TK = $5,5 \cdot 10^{12}$ K.



Temă pentru portofoliu

Realizează un termoscop simplu folosind o sticlă, un pai, plastilină și apă colorată și încearcă să îl etalonezi folosind un termometru. Atașează în portofoliu fotografii care surprind etapele de realizare a termometrului.

Termeni-cheie

- căldură
- energie internă
- parametru de stare
- parametru de proces



Fig. 1 – Dacă s-a răcit, apa din vană poate fi reîncălzită cu apă fierbinte



Fig. 2 – Prin frecare, vârful chibritului se încălzește până la temperatura de aprindere a substanței din gămălia acestuia



Fig. 3 – Căldura degajată de arderea unor combustibili poate avea efecte devastatoare

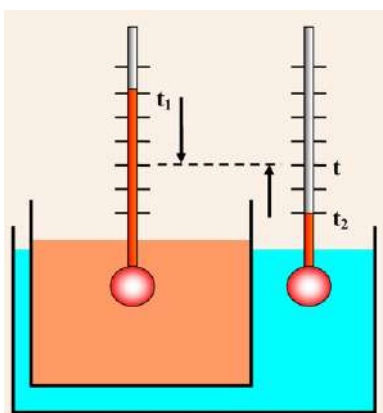


Fig. 4 – Dispozitiv experimental pentru studierea încălzirii și răcirii

Căldura, mărime de proces

Ai observat că?

- Dacă pornești robinetul cu apă caldă, apa rece din vană se încălzește, iar apa caldă de la robinet odată ajunsă în vană se răcește (fig.1).
- Prin ardere, combustibilii pot produce multă căldură.
- Dacă îți freci mâinile, acestea se încălzesc.
- Majoritatea aparatelor electrice se încălzesc în timpul funcționării.

Ce crezi?

Căldura și temperatura reprezintă același lucru?

Experimentează!

Încălzire-răcire (fig.4)

● **Vei folosi:** un vas mai mare, un vas mai mic (se pot folosi cele două vase ale unui calorimetru), apă caldă, apă rece, cântar, termometru.

● **Ce ai de făcut?** Măsoară o cantitate m_1 de apă caldă și o cantitate egală $m_2 = m_1$ de apă rece. Toarnă apă rece în vasul mai mare și apă caldă în vasul mai mic. Măsoară temperatura apei în cele două vase. Introdu vasul mai mic în vasul mai mare și măsoară temperatura apei în cele două vase din 30 în 30 de secunde. Înaintea fiecărei măsurători agită puțin apa. Notează valorile obținute într-un tabel asemănător celui de mai jos și reprezintă pe același grafic variația temperaturii celor două corpuri în funcție de timp. Repetă experimentul cu cantități diferite ($m_1 < m_2$) de apă.

t (min)	$m_1 = m_2$		$m_1 < m_2$	
	t_1 (°C)	t_2 (°C)	t_1 (°C)	t_2 (°C)
0				

● **Ce constăți?** În ambele cazuri temperatura apei calde scade, iar a celei reci crește, inițial mai repede, apoi mai lent. După un timp, cele două ajung la echilibru termic.

În primul caz (când $m_1 = m_2$) temperatura de echilibru este aproape de media aritmetică a celor două temperaturi inițiale (fig.5).

În al doilea caz (când $m_1 < m_2$) temperatura de echilibru este mai aproape de temperatura apei reci (fig.6).

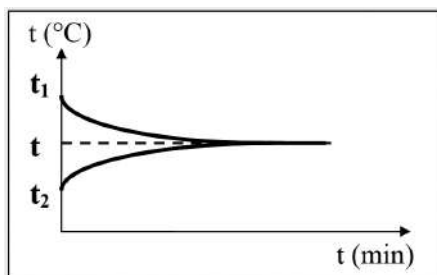


Fig. 5 – Cantități egale de apă

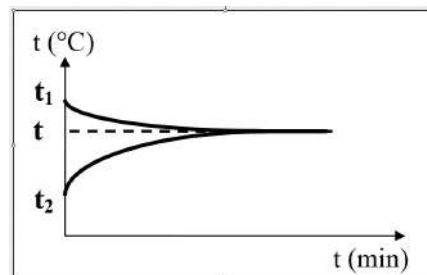


Fig. 6 – Cantități diferite de apă

● **Cum îți explici?** Apa mai caldă dă energie apei mai reci, fără să existe și transfer de molecule între corpuri. Astfel, energia cinetică medie a moleculelor apei calde scade, iar cea a apei reci crește, până când se egalează. În acest moment și temperaturile (care sunt o măsură a energiei cinetice medii a moleculelor celor două corpuri) devin egale.

Reține!

Cantitatea de căldură (mai scurt, **căldura**) este energia care se transmite între două corpuri, la nivel microscopic.

Căldura se notează cu Q și se măsoară în jouli: $[Q]_{SI} = J$.

Cantitatea de căldură este un **parametru de proces**, la fel ca lucrul mecanic, deoarece are sens să vorbim despre ea numai în timpul unui proces în care corpul trece dintr-o stare în alta.

Alți parametri, cum ar fi temperatura, masa, volumul sau densitatea, sunt **parametrii de stare**, deoarece caracterizează corpul într-o stare dată.

Interpretarea microscopică a căldurii

Dacă un corp mai cald poate transfera energie unui corp mai rece, înseamnă că acel corp cald avea energie înmagazinată în interiorul său la nivel molecular. Această energie (numită **energie internă**) este suma energiilor cinetice și potențiale ale tuturor moleculelor care alcătuiesc corpul.

Energia internă este un parametru de stare, la fel ca temperatura.

Procese în care este implicată căldura

1. Contactul termic între un corp cald și unul rece (fig.7)

Dacă punem în contact termic un corp cald cu unul rece (ca în experimentul introductiv), corpul cald dă căldură corpului rece. Spunem despre corpul cald că „cedează căldură”, iar despre cel rece că „primește căldură”.

În timpul acestui proces, energia internă a corpului cald scade, iar a celui rece crește.

2. Arderea unui combustibil (fig.8)

Energia eliberată în timpul arderii provine din energia potențială înmagazinată în moleculele combustibilului în perioada sa de formare. La combustibilii fosili, aceste molecule erau părți ale unor plante și s-au format prin fotosinteză, înmagazinând energia soarelui. În timpul arderii, energia potențială se transformă în energie cinetică, ducând la creșterea temperaturii substanțelor rezultate. Dacă aceste substanțe foarte calde intră în contact cu corpuri mai reci, are loc un transfer de căldură.

3. Frecarea (fig.9)

Energia eliberată în timpul frecării provine din lucrul mecanic efectuat pentru a învinge forța de frecare. Fenomenul poate fi înțeles urmărind figura 9, unde am reprezentat la nivel microscopic suprafața de contact dintre două corpuri care se freacă. Corpul de jos (roșu) stă pe loc, iar cel de sus (albastru) se mișcă spre stânga. Moleculele care intră în contact „se agață”, deformându-și legăturile cu celelalte moleculele din interiorul corpului. După ce se eliberează, moleculele încep să oscileze din cauza forțelor elastice care tind să le readucă în poziția inițială de echilibru. Mișcarea oscilatorie presupune și energie cinetică suplimentară, deci o temperatură mai mare.

4. Încălzirea electrică (fig.10)

Trecerea curentului electric prin metale duce la încălzirea acestora. Energia termică eliberată provine de la generatorul electric care alimentează circuitul. Acesta pune în mișcare electroni liberi din metal. În mișcarea lor, electronii se lovesc de ionii pozitivi, transmițându-le energie.

Verifică dacă ai înțeles!

Alege varianta corectă:

- 1 Un corp are energia de 1 kJ sau căldura unui corp este de 1 kJ?
- 2 În timpul încălzirii, un corp primește căldură sau primește temperatură?
- 3 Cantitatea de căldură necesară pentru a încălzi 1 kg de apă cu 1 °C este de 4180 J sau 1 kcal?



Știi că?

Multă vreme, unitatea de măsură a căldurii a fost caloria. Caloria este egală cu cantitatea de căldură necesară pentru a încălzi 1 g de apă cu 1 °C. James Prescott Joule a fost primul care a făcut legătura dintre energia termică și cea mecanică, stabilind echivalentul mecanic al căldurii: 1 cal = 4,18 J. Caloria se folosește și în prezent pentru exprimarea conținutului energetic al alimentelor.

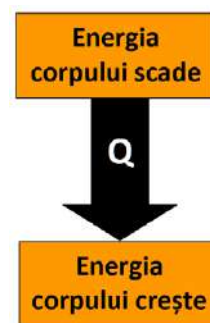


Fig. 7 – Transfer de căldură de la un corp mai cald (sus) la unul mai rece

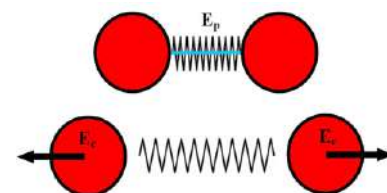


Fig. 8 – Modelul eliberării energiei potențiale înmagazinate într-o moleculă biatomică în timpul arderii

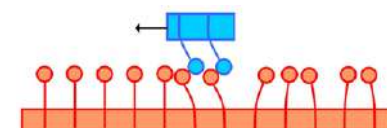


Fig. 9 – Modelul microscopic al producerii de energie cinetică moleculară prin frecare

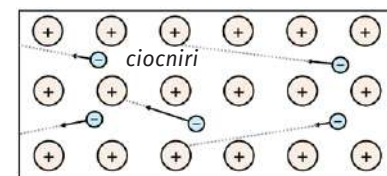


Fig. 10 – Modelul microscopic al producerii de energie cinetică moleculară cu ajutorul curentului electric



Aplică cele învățate!

Enumeră cinci deosebiri între căldură și temperatură.

Termeni-cheie

- conducție
- convecție
- radiație
- izolator termic
- conductor termic

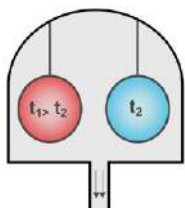


Fig. 1 – Două corpuri: unul cald și unul rece, în vid

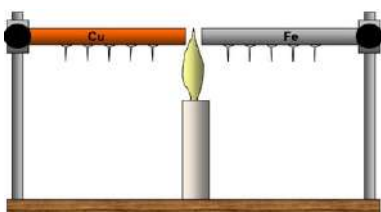


Fig. 2 – Propagarea căldurii prin conducție



Știi că?

- ✓ Apa conduce de 30 de ori mai bine căldura decât aerul.
- ✓ Diamantul conduce de 5 ori mai bine căldura decât cuprul.
- ✓ Pentru a le proteja de căldura imensă ce se degajă prin frecare la reintrarea în atmosferă, suprafața exterioară a navetelor spațiale este acoperită cu un izolator ceramic special, care poate fi ținut în mână chiar dacă este încălzit la incandescență.



Fig. 3 – Propagarea căldurii prin convecție

Transmiterea căldurii (prin conducție, convecție, radiație)



Ai observat că?

- Iarna oamenii se îmbracă în haine mai groase decât vara.
- Apa la temperatura de 20 °C pare mai rece decât aerul la 20 °C.
- Medicii învelesc răniții într-o folie metalizată subțire pentru a-i feri de hipotermie.



Ce crezi?

Dacă am suspenda, la mică distanță, două corpuri cu temperaturi diferite într-o incintă perfect vidată, acestea ar putea ajunge la echilibru termic (fig.1)?

A. Transmiterea căldurii prin conducție



Experimentează!

Când moleculele mai rapide își strunesc vecinii mai lenți

- **Vei folosi:** două bare, una de cupru și una de fier, un suport pentru fixarea barelor, o lumânare, 10 cuie, ceară.
- **Ce ai de făcut?** Fixează barele în suport. Lipește cu ceară cuiele de cele două bare orizontale, la distanțe egale. Așază lumânarea sub capătul comun al barelor, astfel încât acestea să fie încălzite la fel (fig.2).
- **Ce constăți?** După un timp, cuiele încep să cadă unul după altul, începând cu cuiul cel mai apropiat de lumânare, lipit pe bara de cupru, și terminând cu cuiul cel mai îndepărtat de lumânare, lipit pe bara de fier.
- **Cum îți explici?** Căldura se propagă prin cele două bare din aproape în aproape, de la lumânare spre capetele neîncălzite. Prin bara de cupru căldura se propagă mai repede.



Reține!

Propagarea căldurii prin conducție presupune transmiterea mișcării de agitație termică de la moleculă la moleculă.

Conducția termică este caracteristică tuturor stărilor de agregare. Nu toate substanțele conduc la fel de bine căldura. Sunt bune conductoare termice acele substanțe care conduc bine și curentul electric, de exemplu metalele. Dintre substanțele uzuale, cel mai bun izolator termic este aerul.



Propagarea energiei din aproape în aproape

B. Transmiterea căldurii prin convecție



Experimentează!

Când moleculele mai rapide pleacă

- **Vei folosi:** un pahar cu apă rece, o sticlă cu apă caldă, colorant.
- **Ce ai de făcut?** Colorează apa caldă cu colorantul. Introdu complet și încet sticlă (neastupată) cu apă caldă în paharul cu apă rece (fig.3).

● **Ce constăți?** Apa caldă se ridică în pahar, apa rece coborând în locul ei.
 ● **Cum îți explici?** Datorită dilatării, apa caldă are densitate mai mică decât apa rece și forța arhimedică o ridică la suprafață. Apa rece suferă procesul invers. Apa caldă transportă, în afară de substanță, și energie termică, ceea ce în final va duce la stabilirea echilibrului termic în pahar.

Reține!

Propagarea căldurii prin convecție presupune transferul maselor calde de fluid din zonele calde spre cele reci și a celor reci invers.

Convecția creează curenți, de obicei ascendenți și descendenți, fiind caracteristică doar fluidelor.

C. Transmiterea căldurii prin radiație

Experimentează!

Când moleculele nu fac nimic

● **Vei folosi:** două doze de aluminiu, una vopsită în negru, cealaltă șlefuită până la nivelul metalului, o zi cu soare.

● **Ce ai de făcut?** Pune cele două doze la soare, iar după un minut prinde-le în mână.

● **Ce constăți?** Ambele doze s-au încălzit, dar cea neagră este mai caldă decât cea cu suprafața metalică.

● **Cum îți explici?** Soarele radiază căldură, încălzind și corpuri aflate la mare distanță. Radiația termică este reflectată de metalele lucioase și absorbită de corpurile negre, la fel ca lumina.

Observație. În locul soarelui poți folosi un radiator electric (fig.4), dar nu te apropia de el la distanță mai mică de 1 m!

Reține!

Căldura se poate propaga și în absența moleculelor, prin radiație. Radiația termică se propagă și în vid cu aceeași viteză ca lumina.

Puterea radiată de un corp (căldura radiată într-o secundă) crește cu temperatura corpului. Cât timp Pământul își păstrează temperatura medie, căldura radiată de Pământ este egală cu căldura primită de la Soare.

Verifică dacă ai înțeles!

- 1 Sub ce formă se propagă căldura în corpurile solide, lichide, respectiv gazoase? Dar în vid?
- 2 Care formă de propagare a căldurii are nevoie de prezența moleculelor?
- 3 Cu ce viteză se propagă radiația termică?
- 4 De ce sunt hainele pufoase atât de bune izolatoare termice?
- 5 Cum ajunge căldura de la Soare la Pământ?
- 6 Cum crezi că este mai corect să spunem: *corpurile negre atrag căldura* sau *corpurile negre absorb căldura*?
- 7 Cum este posibil ca Soarele să radieze tot atâta căldură spre Pământ, câtă căldură radiază Pământul în spațiu, cu toate că Soarele este de aproximativ 20 de ori mai cald decât Pământul?



Știi că?

Prin metoda Schlieren, inventată în 1864 de fizicianul german August Toepler, pot fi vizualizați curenții de convecție din aer.



În imaginea Schlieren de mai sus se pot observa curenții de aer cald care se ridică de la flacăra unei brichete.

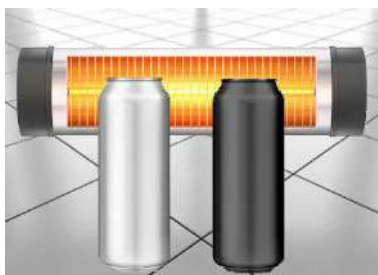


Fig. 4 - Propagarea căldurii prin radiație



Știi că?

Vasul Dewar (variantea profesională a termosului) este făcut astfel încât să reducă la minimum transferul de căldură între lichidul din vas și mediul exterior. Construcția vasului împiedică propagarea căldurii prin toate formele ei (fig.5). Vidul dintre pereții dubli ai vasului împiedică transmiterea căldurii prin conducție și convecție. Pereții argințați ai vasului reflectă căldura și spre exterior și spre interior, împiedicând propagarea prin radiație. Pereții foarte subțiri reduc transferul căldurii prin conducție de-a lungul pereților.



Fig. 5 - Structura vasului Dewar



Temă pentru portofoliu

Realizează o schemă din care să rezulte sensul și modalitatea de propagare a căldurii pe Pământ.

Termeni-cheie

- capacitate calorică
- căldură specifică
- calorimetru



Știi că?

✓ Hidrogenul are cea mai mare căldură specifică ($14\,300 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$), iar uraniul are cea mai mică căldură specifică ($116 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$).

✓ Pentru a determina căldura degajată prin arderea combustibililor se folosește un calorimetru special, numit *bombă calorimetrică*.



✓ Sistemul de detecție al acceleratoarelor de particule se numește tot calorimetru, deoarece măsoară energia particulelor care intră în detector. Masa unui astfel de calorimetru poate ajunge la o mie de tone.

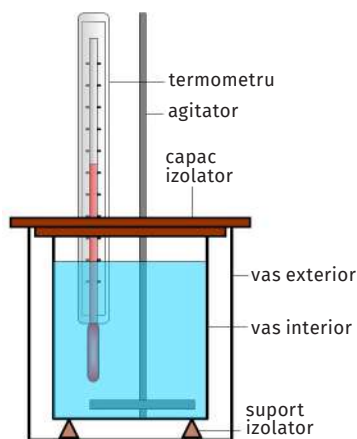


Fig. 1 - Calorimetru cu accesorii (termometru și agitator)

Coeficienți calorigici. Calorimetrie

Ai observat că?

La malul mării, variațiile de temperatură între noapte și zi sunt mult mai mici decât în deșert. Clima oceanică este mai blândă decât cea continentală, deoarece apa își schimbă temperatura mai lent decât solul.

Ce crezi?

- Ce înseamnă că un corp se încălzește mai ușor decât altul?
- Ce înseamnă că fierul se încălzește mai ușor decât apa?

Reține!

Capacitatea calorică a unui corp este mărimea fizică scalară numeric egală cu cantitatea de căldură necesară pentru a încălzi acel corp cu un grad.

Capacitatea calorică se notează cu litera C . Cunoscând capacitatea calorică, putem calcula și căldura necesară pentru a încălzi corpul de la temperatura T_1 la T_2 , calculând mai întâi variația temperaturii $\Delta T = T_2 - T_1$.

$$Q = C \cdot \Delta T, \text{ de unde } C = \frac{Q}{\Delta T}, \text{ iar } [C]_{SI} = \frac{[Q]_{SI}}{[\Delta T]_{SI}} = \frac{\text{J}}{\text{K}}.$$

Căldura specifică a unei substanțe este mărimea fizică scalară numeric egală cu cantitatea de căldură necesară pentru a încălzi un kilogram din acea substanță cu un grad.

Căldura specifică se notează cu litera c .

Cunoscând căldura specifică și masa corpului, m , putem calcula și căldura necesară pentru a încălzi corpul cu ΔT :

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T, \text{ de unde } c = \frac{Q}{m \cdot \Delta T}, \text{ iar } [c]_{SI} = \frac{[Q]_{SI}}{[m]_{SI} \cdot [\Delta T]_{SI}} = \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}.$$

Observații:

- Capacitatea calorică este o proprietate a corpurilor.
- Corpurile cu capacitate calorică mare se încălzesc greu.
- Căldura specifică este o proprietate a substanțelor și valoarea acesteia se găsește în tabele (pag. 144).
- Când corpul este format dintr-o singură substanță, capacitatea sa calorică este produsul dintre masa corpului și căldura specifică a substanței, $C = m \cdot c$.
- Intervalul de temperatură este același în scara Celsius și Kelvin, $\Delta t = \Delta T$.
- Când corpul se răcește, cantitatea de căldură primită este negativă (corpul nu primește, ci cedează căldură).

Calorimetria se ocupă cu măsurarea cantității de căldură. Experimentele din calorimetrie se efectuează într-un **calorimetru**, care este un vas termoizolat (un fel de vas Dewar), ce permite schimbul de căldură între corpurile puse în el, dar nu permite schimbul de căldură cu exteriorul. Calorimetrul este prevăzut cu termometru și agitator cu care se omogenizează temperatura (fig. 1).

Ecuatia de bază a calorimetriei. Deoarece calorimetrul nu schimbă energie cu mediul exterior, suma căldurilor cedate de corpurile calde din el trebuie să fie egală cu suma căldurilor primite de corpurile reci aflate în el.

$$Q_{\text{primit}} = |Q_{\text{cedat}}| \text{ sau } Q_{\text{primit}} + Q_{\text{cedat}} = 0$$

Această ecuație va fi folosită în continuare la rezolvarea tuturor problemelor de calorimetrie.

Problemă rezolvată

Într-un calorimetru cu capacitatea calorică de $500 \frac{\text{J}}{\text{K}}$, introducem 500 g de apă cu temperatura de 20°C și o bucată de fier cu masa de 1 kg și temperatura de 200°C .

- Estimează (fără calcule) temperatura finală de echilibru.
- Determină temperatura de echilibru. Compară rezultatul cu estimarea ta.
- Pornind de la situația prezentată în problemă, precizează câte alte probleme pot fi rezolvate cu aceeași ecuație.

Rezolvare:

$$\begin{aligned} C &= 500 \frac{\text{J}}{\text{K}} \\ m_1 &= 500 \text{ g} = 0,5 \text{ kg} \\ t_1 &= 20^\circ\text{C} \\ m_2 &= 1 \text{ kg} \\ t_2 &= 200^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Datele luate din tabel

$$c_1 = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$c_2 = 460 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

- t (estimat) = ?
- t (calculat) = ?
- nr. probleme = ?

b) Căldura primită de apă: $Q_1 = m_1 c_1 (t - t_1)$, cea cedată de fier: $|Q_2| = m_2 c_2 (t_2 - t)$, iar cea primită de calorimetru: $Q_3 = C(t - t_1)$. Înlocuind în ecuația de bază a calorimetriei: $Q_1 + Q_3 = |Q_2|$, obținem:

$$m_1 c_1 (t - t_1) + C(t - t_1) = m_2 c_2 (t_2 - t) \quad (1),$$

cu soluția:

$$t = \frac{m_1 c_1 t_1 + m_2 c_2 t_2 + C t_1}{m_1 c_1 + m_2 c_2 + C} = 47,06^\circ\text{C}$$

Dacă ai estimat că temperatura de echilibru este mult mai mare, nu ai ținut cont de faptul că apa se încălzește de 10 ori mai greu decât fierul.

c) Ecuația notată (1) are 8 variabile. Oricare dintre ele poate fi calculată dacă se dau valorile celorlalte șapte, deci mai sunt 7 probleme posibile. Una dintre ele va fi aplicată în experimentul următor.

James
Prescot
Joule

(1818 – 1889)



Fizician englez, cu contribuții importante în domeniul fenomenelor termice și electrotermice. A studiat transformarea lucrului mecanic în căldură, contribuind la fundamentarea ideii de conservare a energiei. A măsurat pentru prima dată echivalentul mecanic al caloriei. În domeniul electricității, a descoperit legea care îi poartă numele și descrie fenomenul de producere a căldurii cu ajutorul curentului electric. În semn de respect pentru activitatea sa, unitatea de măsură a energiei, căldurii și lucrului mecanic îi poartă numele.

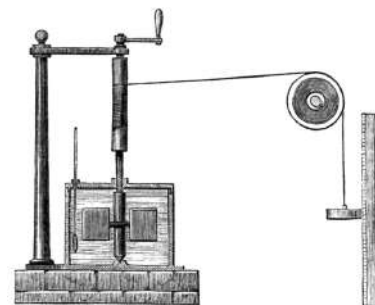


Fig. 2 - Calorimetrul cu care Joule a determinat echivalentul mecanic al caloriei. Înțelegi cum funcționează?

Experimentează!

Determinarea căldurii specifice a unei substanțe (fig.3)

● **Vei folosi:** un corp metalic, calorimetru, apă rece, apă caldă, cilindru gradat, termometru, balanță.

● **Ce ai de făcut?** Introdu 150 mL de apă rece în calorimetru. Măsoară temperatura apei reci. Cântărește corpul metalic, apoi introdu-l în apă caldă. După realizarea echilibrului termic, măsoară temperatura apei calde, apoi pune corpul în calorimetru și măsoară temperatura de echilibru a amestecului. Calculează căldura specifică a metalului, folosind ecuația (1). Notează datele măsurate și valorile calculate într-un tabel de forma:

Nr. crt	$m_{\text{apă}}$ (g)	m_{corp} (g)	$t_{\text{apă}}$ ($^\circ\text{C}$)	t_{corp} ($^\circ\text{C}$)	t_{final} ($^\circ\text{C}$)	c_{corp} (J/kg · K)	c_{mediu} (J/kg · K)

Precizează sursele posibile de erori.

● **Ce constă?** Indiferent de masa de apă folosită, valoarea căldurii specifice este aproximativ aceeași.

Verifică dacă ai înțeles!

- Ce semnificație fizică are o capacitate calorică de $50 \frac{\text{J}}{\text{K}}$?
- Ce semnificație fizică are o căldură specifică de $4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$?
- Ce semnificație fizică și ce unitate de măsură are produsul $c \cdot \Delta t$?
- Calculează căldura necesară pentru a încălzi 5 kg de apă cu 10°C .
- Cât lucru mecanic a efectuat greutatea corpului din experimentul lui Joule, dacă cele 97 kg de apă din calorimetru s-au încălzit de la $12,8433^\circ\text{C}$ la $13,2078^\circ\text{C}$?

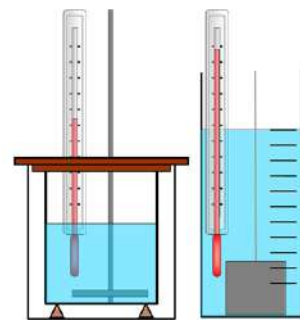


Fig. 3 - Dispozitiv experimental pentru determinarea căldurii specifice a unui corp



Aplică cele învățate!

Folosind ecuația (1) din problema rezolvată, găsește o metodă de determinare a capacității calorice a calorimetrului cu accesorii. Valoarea calculată va putea fi folosită în experimentul de determinare a căldurii specifice a unei substanțe, pentru a obține un rezultat mai exact.

Termeni-cheie

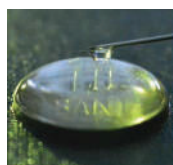
- stare de agregare
- forțe intermoleculare
- structură moleculară
- ordine, dezordine
- cristal



Fig. 1 - Formarea picăturii de apă



apă



ulei



spirt

Fig. 2 - Forțele intermoleculare împiedică lichidele să curgă de pe monedă

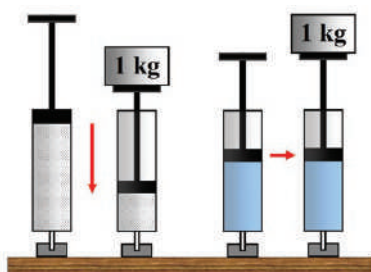


Fig. 3 - Aerul poate fi comprimat, apa nu

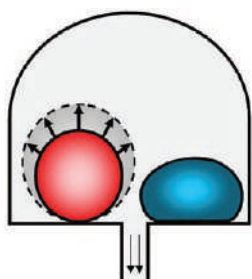


Fig. 4 - Care balon conține aer?

Stări de agregare, caracteristici

Ai observat că?

● Picăturile de apă au formă aproape sferică. Atunci când o picătură se desprinde de robinet, o parte din următoarea este deja acolo. Picătura nu „se rupe” de țeavă, ci de restul apei (fig.1).

● Dacă întinzi un resort, forțele de atracție dintre moleculele resortului îl readuc la forma inițială.

Ce crezi?

Este adevărat că densitatea solidelor este mai mare decât cea a lichidelor, iar densitatea lichidelor este mai mare decât cea a gazelor?

Amintește-ți

Starea de agregare este o formă de organizare a materiei, omogenă din punct de vedere al proprietăților fizice și chimice.

Corpurile se găsesc în una din cele trei stări de agregare: solidă, lichidă sau gazoasă. Corpurile solide au formă proprie și volum propriu. Corpurile lichide au volum propriu, dar nu au formă proprie (iau forma vasului în care se găsesc). Corpurile gazoase nu au nici volum propriu, nici formă proprie.

Experimentează!

1. Câte picături pot sta pe o monedă? (fig.2)

● **Vei folosi:** 3 monede uscate de 10 bani, o pipetă sau o seringă fără ac, trei lichide: apă, ulei sau glicerină, alcool sau spirt medicinal.

● **Ce ai de făcut?** Picură lent apă pe moneda așezată pe masă, până când apa curge de pe monedă. Repetă experiența cu alcool și ulei.

● **Ce constăți?** Lichidele rămân pe monedă chiar dacă nivelul lor depășește marginile ei. Înainte de a curge, lichidele vor avea o suprafață bombată, uleiul cel mai mult, iar alcoolul cel mai puțin.

● **Cum îți explici?** Moleculele lichidului se atrag, încercând să ia formă sferică, dar greutatea se opune acestei tendințe. La apă, forțele de atracție dintre molecule sunt mai mari decât la alcool și mai mici decât la ulei.

2. Compresibilitatea gazelor și a lichidelor (fig.3)

● **Vei folosi:** două seringi (fără ac) și puțină apă.

● **Ce ai de făcut?** Trage apă într-o seringă și aer în cealaltă. Astupă cu degetul orificiul seringii și încearcă să comprimi substanța din interior.

● **Ce constăți?** Apa nu poate fi comprimată, în timp ce aerul da.

● **Cum îți explici?** Aerul are densitate mică, spațiul dintre molecule putând fi redus prin comprimare. Apa are densitate atât de mare, încât moleculele „se ating” și nu se pot apropia mai mult.

3. Expansiunea gazelor și a lichidelor (fig.4)

● **Vei folosi:** două baloane, o pompă de vid, apă.

● **Ce ai de făcut?** Umflă parțial unul dintre baloane cu aer. Introdu în celălalt balon cam același volum de apă, fără aer. Așază cele două baloane sub clopotul pompei de vid și pune pompa în funcțiune.

● **Ce constăți?** Balonul cu aer își mărește volumul, iar balonul cu apă nu.

● **Cum îți explici?** Aerul nu are volum propriu, el ocupă tot volumul pe care îl are la dispoziție. Apa are volum propriu, deoarece forțele de atracție dintre molecule nu permit îndepărtarea lor.

Reține!

Din experimentele anterioare rezultă că între moleculele substanțelor există forțe de atracție a căror intensitate scade cu distanța.

Faptul că (la o substanță dată) densitatea lichidului diferă doar puțin de densitatea solidului ne duce la concluzia că moleculele corpurilor solide și lichide interacționează la fel de puternic, distanța medie dintre molecule fiind aproape la fel de mică.

Cum densitatea gazelor este mult mai mică (de aproximativ 1000 de ori) decât cea a lichidelor sau a solidelor, moleculele gazelor interacționează foarte slab, distanța medie dintre molecule fiind mult mai mare (de aproximativ 10 ori!).

● **Corpurile aflate în stare gazoasă au o structură total dezordonată**, moleculele mișcându-se independent și haotic în toate direcțiile.

● **Corpurile aflate în stare solidă au o structură ordonată**, moleculele formând rețele cristaline cu diferite grade de simetrie. Mișcarea moleculelor este limitată la oscilații în jurul pozițiilor de echilibru aflate în nodurile rețelei cristaline.

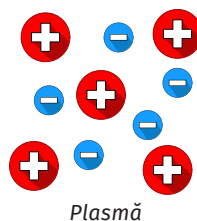
● **Corpurile aflate în stare lichidă au o structură dezordonată**, moleculele fiind ținute împreună de forțe de atracție puternice, dar mișcându-se unele față de altele.

În afară de forțele de interacțiune dintre molecule, structura în care se organizează moleculele unui corp (starea de agregare) este influențată puternic și de intensitatea mișcării de agitație termică, adică de temperatură. Modificând temperatura, se poate schimba starea de agregare.



Fig. 5 - Structurile moleculare ale celor trei stări de agregare!

Dacă gazul este încălzit la temperaturi foarte mari, el se ionizează, devenind plasmă. Unii cercetători numesc această stare *a patra stare de agregare a materiei*. Soarele este un corp aflat în stare de plasmă.



Verifică dacă ai înțeles!

- 1 Care este cea mai ordonată stare de agregare (fig.5)?
- 2 Ce se întâmplă cu gradul de ordonare a moleculelor prin încălzire?
- 3 Care sunt stările de agregare caracterizate prin forțe intermoleculare puternice?
- 4 Există și alte stări de agregare în afara celor trei cunoscute?

Aplică cele învățate!

Ar mai putea fi deosebiți oamenii, dacă corpul lor ar fi în stare lichidă? Dacă nu, de ce nu? Dacă da, pe baza căror proprietăți? Cum ar arăta hainele noastre în acest caz? Dar dacă am fi corpuri gazoase?

Știi că?

✓ Apa nu curge din vas dacă îi lipim gura cu o plasă de țânțari.

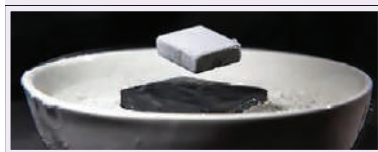


✓ Biluțele magnetice se comportă ca moleculele dipolare de apă, deci pot fi folosite pentru a realiza structuri asemănătoare fulgilor de zăpadă.



✓ Există și corpuri solide amorphe, care au volum și formă proprii, dar nu au o structură cristalină ordonată și nu se tocesc la o anumită temperatură, ci se înmoaie treptat, prin încălzire. De aceea, unii le numesc lichide foarte vâscoase (ca mierea). Sticla este o substanță amorfă. Unii spun că sticla curge încet, deoarece sticla din geamurile catedralelor foarte vechi este mai groasă la bază (fapt verificat prin măsurători). Cauza adevărată a acestei diferențe trebuie căutată însă în tehnologia de fabricare și de montare. Sticla nu curge!

✓ La temperaturi apropiate de 0 K, unele substanțe trec în stare supraconductoare. Mercurul trece în această stare la 4,2 K. Supraconductorul are proprietăți neobișnuite: conduce perfect curentul electric și respinge magnetul care se apropie de el (indiferent cu care pol). Este aceasta o transformare de stare de agregare?



Termeni-cheie

- topire – solidificare
- vaporizare – condensare
- sublimare – desublimare



Fig. 1 – Oala de fiert sub presiune

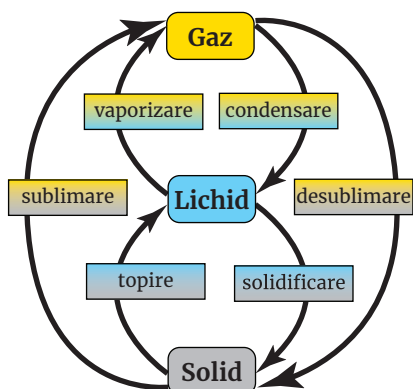


Fig. 2 – Diagrama transformărilor de stare

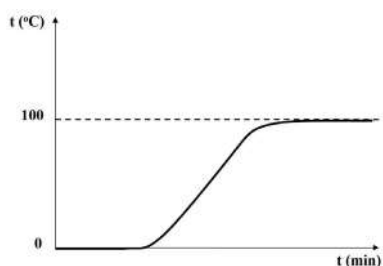


Fig. 3 – Încălzirea apei la presiunea de 1 atm

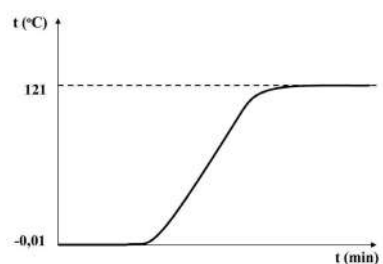


Fig. 4 – Încălzirea apei la presiunea de 2 atm

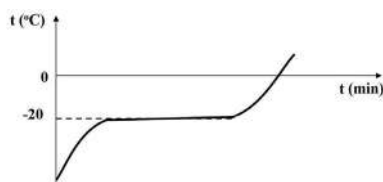


Fig. 5 – Încălzirea apei la presiunea de 0,001 atm

Transformări de stare de agregare – extindere

Ai observat că?

- În oala de fiert sub presiune alimentele se prepară mai repede (fig.1).
- La munte, deși apa fierbe mai repede, alimentele rămân nefierte! Problema se poate rezolva folosind o oală de fiert sub presiune.
- Gazul din butelia de aragaz sau GPL este de fapt în stare lichidă, devenind gaz abia când iese din butelie.

Ce crezi?

- Poate fierbe apa la temperatura camerei?
- Se usucă rufele iarna la temperaturi negative?

Amintește-ți

- Diagrama alăturată (fig.2) sintetizează transformările de stare de agregare care pot avea loc între cele trei stări de agregare fundamentale.
- Topirea, vaporizarea și sublimarea au loc cu absorbție de căldură.
- Condensarea, solidificarea și desublimarea au loc cu degajare de căldură.
- Vaporizarea poate avea loc prin evaporare (doar la suprafața lichidului) sau fierbere (în tot volumul lichidului).

Experimentează!

Topire, fierbere, sublimare

● **Vei folosi:** un vas calorimetric, un reșou de mici dimensiuni, termometru, apă, cuburi de gheață.

● **Ce ai de făcut?** Așază părți aproximativ egale de apă și gheață în calorimetru. După ce se ajunge la echilibru termic, măsoară temperatura amestecului. Alimentează reșoul și așază calorimetrul pe el. Măsoară temperatura amestecului din 30 în 30 de secunde, până când apa ajunge la fierbere și temperatura se stabilizează. Notează într-un tabel temperaturile măsurate.

t (min)	t (°C)
0,5	
1,0	

Reprezintă grafic variația temperaturii amestecului în funcție de timp!

● **Ce constăți?** Temperatura de echilibru apă-gheață este de 0 °C și rămâne practic constantă, chiar dacă încălzim calorimetrul. După topirea gheții, temperatura începe să crească rapid. De la temperatura de 80 °C încep să apară mici bule de gaz pe pereții vasului, iar la 100 °C apa începe să fiarbă și temperatura rămâne din nou constantă, cu toate că reșoul încălzește apa în continuare.

● **Cum îți explici?** La presiunea de 1 atm, gheața se topește la 0 °C, iar apa fierbe la 100 °C (fig.3).

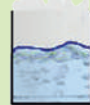
Dacă am repeta experiența într-o cameră hiperbarică, la presiunea de 2 atm, gheața s-ar topi la -0,01 °C, iar apa ar fierbe la 121 °C (fig.4).

Dacă am repeta experiența sub clopotul unei pompe de vid, la presiunea de 0,001 atm, gheața nu s-ar topi, ci ar sublima la -20 °C (fig.5). La această temperatură, sub clopot ar exista doar gheață și vapori de apă în echilibru termic.

Reține!

Starea de agregare în care se află o substanță depinde de temperatură și de presiune.

La presiunea de o atmosferă apa și gheața pot exista în echilibru doar la temperatura de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Sub această temperatură apa este în stare solidă. La fel, apa și vaporii de apă pot coexista în echilibru doar la $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, dacă atmosfera este formată doar din vaporii de apă. Peste această temperatură apa este în stare gazoasă, iar între $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ și $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ apa este în stare lichidă.



	solid	solid-lichid	lichid	lichid-vapori	vapori
1 atm	$t < 0\text{ }^{\circ}\text{C}$	$t = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$	$t > 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ $t < 100\text{ }^{\circ}\text{C}$	$t = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$	$t > 100\text{ }^{\circ}\text{C}$
2 atm	$t < -0,01\text{ }^{\circ}\text{C}$	$t = -0,01\text{ }^{\circ}\text{C}$	$t > -0,01\text{ }^{\circ}\text{C}$ $t < 121\text{ }^{\circ}\text{C}$	$t = 121\text{ }^{\circ}\text{C}$	$t > 121\text{ }^{\circ}\text{C}$

Într-o atmosferă formată și din alte gaze, echilibrul apă-vapori se poate realiza la orice temperatură cuprinsă între 0 și $100\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Legile topirii

- În timpul topirii temperatura substanței rămâne constantă.
- Temperatura de topire diferă de la o substanță la alta (pag. 144). Pentru o substanță dată, temperatura de topire coincide cu temperatura de solidificare și cu temperatura de echilibru solid-lichid.
- Temperatura de topire depinde foarte puțin de presiune; la apă, temperatura de topire scade cu doar $0,01\text{ }^{\circ}\text{C}$ la creșterea presiunii cu o atmosferă.

Legile fierberii

- În timpul fierberii temperatura substanței rămâne constantă.
- Temperatura de fierbere diferă de la o substanță la alta (pag. 144). Pentru o substanță dată, temperatura de fierbere coincide cu temperatura de condensare și cu temperatura de echilibru lichid-vapori.
- Temperatura de fierbere depinde de presiune. Creșterea presiunii mărește temperatura de fierbere, iar scăderea presiunii micșorează temperatura de fierbere. De exemplu, la altitudinea de $2\ 500\text{ m}$, unde presiunea scade la $0,75\text{ atm}$, temperatura de fierbere a apei este de $93\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Sublimarea

Fiecare substanță are o presiune sub care nu poate fi în stare lichidă, poate fi doar în stare solidă, gazoasă sau în echilibru solid-gaz. Prin încălzire la o anumită temperatură, numită **temperatură de sublimare**, corpul va trece din stare solidă direct în stare gazoasă. În figura alăturată putem vedea stările posibile ale apei la presiunea de **$0,001\text{ atm}$** .

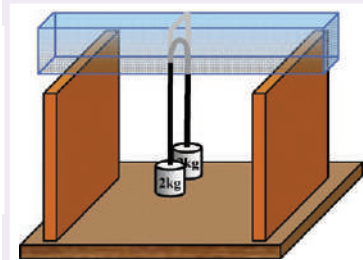


solid	solid-vapori	vapori
$t < -20\text{ }^{\circ}\text{C}$	$t = -20\text{ }^{\circ}\text{C}$	$t > -20\text{ }^{\circ}\text{C}$



Știi că?

✓ Un fir metalic subțire, întins cu două corpuri grele, își taie drum printr-o bucată de gheață chiar dacă experimentul se realizează la $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$, iar în final gheața rămâne intactă. Fenomenul, numit *regelație*, a fost descoperit de Michael Faraday. Conform explicației inițiale, gheața de sub fir se topește din cauza presiunii create de greutatea, iar apa rezultată se ridică deasupra firului (unde presiunea este normală) și îngheață la loc. Explicația este însă doar parțial corectă, presiunea creată de fir nefiind suficientă pentru a scădea temperatura de topire a gheții sub $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Cercetări recente au evidențiat faptul că suprafața gheții este acoperită întotdeauna cu un strat foarte subțire de apă în stare lichidă, care urcă deasupra firului și îngheață. Între timp, sub fir se creează un nou strat lichid. Din cauza acestui strat, gheața alunecă indiferent de presiune.



✓ În condiții normale, dioxidul de carbon este în stare gazoasă. Dacă îl răcim la temperatura de $-78\text{ }^{\circ}\text{C}$, trece în stare solidă, prin desublimare, și devine gheață carbonică.

✓ Gheața carbonică adusă la temperatura camerei va sublima, răcind obiectele cu care intră în contact (alimente, băuturi răcoritoare, înghețată etc.).



Verifică dacă ai înțeles!

- 1 Ce fenomen duce la uscarea rufelor pe ger?
- 2 În ce stare de agregare se află apa la $p = 2\text{ atm}$ și $t = -0,001\text{ }^{\circ}\text{C}$?
- 3 Ce transformare de stare va avea loc dacă încălzim gheața de la $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ la $120\text{ }^{\circ}\text{C}$, presiunea rămânând constantă de 100 Pa ?
- 4 Cum se modifică diferența dintre temperatura de topire și cea de fierbere a unei substanțe, dacă micșorăm presiunea (fig. 3, 4)?



Temă pentru portofoliu

Scrive un eseu cu tema: *Fenomene meteorologice care implică transformări de stare de agregare.*

Termeni-cheie

- căldură latentă
- căldură latentă specifică
- energie potențială de interacțiune moleculară



Fig. 1 – Vara la munte



Știi că?

Fierbătorul cu aburi are în partea de jos un vas în care fierbe apă. Aburii produși se ridică prin pereții orizontali găuriți și se condensează pe alimentele mai reci, unde eliberează căldură prin condensare.

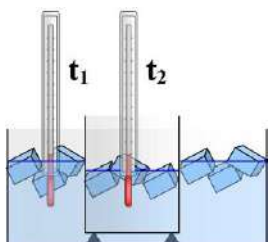


Fig. 2 – Amestec de apă cu gheață într-un mediu aflat la $t_1 = 0^\circ\text{C}$.

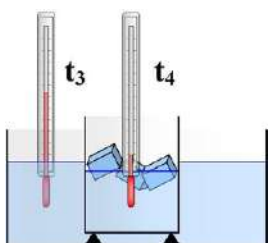


Fig. 3 – Amestec de apă cu gheață într-un mediu cald ($t_3 > 0^\circ\text{C}$)

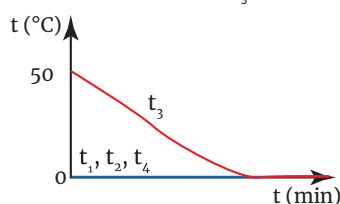


Fig. 4 – Variația temperaturilor în funcție de timp

Studiul schimburilor de energie sub formă de căldură implicate de topirea gheții. Călduri latente – *extindere interdisciplinară*

Ai observat că?

- Atunci când ninge nu este foarte frig, temperatura este în jur de 0°C .
- La munte există zăpadă și vara, chiar dacă temperatura aerului este de peste 20°C (fig.1).
- Capacul pus pe un vas în care fierbe apa devine fierbinte datorită vaporilor de apă care se condensează pe el.
- Apa fierbe doar atât timp cât o încălzim.
- Gheața carbonică răcește lichidul în care este pusă în timp ce aceasta sublimază.

- Avem senzația de frig ori de câte ori ieșim din apă, chiar dacă afară este cald. Senzația dispare după ce se evaporă apa de pe noi.

Ce crezi?

Într-o cameră cu temperatura de 0°C se topește gheața sau îngheață apa?

Experimentează!

Se topește sau nu?

- Vei folosi:** două vase cu diametrul mai mare de 10 cm și două vase cu diametrul mai mic de 5 cm, un termometru, cuburi de gheață, apă rece, apă caldă (aproximativ 30°C).
- Ce ai de făcut?** Introdu vasele mai mici în cele mari. Pune apă rece cu gheață în cele două vase mici și într-unul dintre vasele mari (fig. 2-3). Așteaptă să se stabilească echilibrul termic. Pune apă caldă în celălalt vas mare. Măsoară temperatura amestecului din fiecare vas, din 30 în 30 de secunde, timp de aproximativ 5 minute. Notează datele într-un tabel și reprezintă pe același grafic temperaturile din cele patru vase în funcție de timp.

t (min)	t_1 ($^\circ\text{C}$)	t_2 ($^\circ\text{C}$)	t_3 ($^\circ\text{C}$)	t_4 ($^\circ\text{C}$)
0				
0,5				

- Ce constăți?** În vasul pus în contact cu apa caldă (fig.3) o parte din gheață se topește, iar în celălalt vas (fig.2) nu.

În vasele care conțin amestec de apă cu gheață temperatura nu s-a schimbat (a rămas apropiată de 0°C). Apa caldă s-a răcit. Vezi figura 4!

Dacă am repeta experimentul punând în vasul mare gheață carbonică ($t_3 = -78^\circ\text{C}$), iar în vasul mic apă cu gheață, am constata că apa din vasul mic îngheață, dar temperatura ei ar rămâne tot 0°C până când îngheață toată apa.

- Cum îți explici?** Pentru a se topi, gheața are nevoie de căldură. Căldura poate fi primită doar de la un corp mai cald (apa caldă).

Ca să înghețe, apa trebuie să cedeze căldură. Căldura poate fi cedată doar unui corp mai rece (gheața carbonică).

Apa cu gheață, având temperatura $t_1 = 0^\circ\text{C}$, nu poate nici lua, nici ceda căldură amestecului care are aceeași temperatură $t_2 = 0^\circ\text{C}$.

Reține!

Topirea, vaporizarea și sublimarea au loc cu absorbție de căldură. Condensarea, solidificarea și desublimarea au loc cu degajare de căldură. Căldura schimbată cu mediul în timpul transformărilor de stare de agregare se numește **căldură latentă** (ascunsă), deoarece schimbul de energie are loc fără modificarea temperaturii corpului care suferă transformarea de stare de agregare. Deoarece căldura latentă depinde de masa substanței care se transformă, a fost introdusă o mărime fizică independentă de masă, numită **căldură latentă specifică**.

Căldura latentă specifică de topire este mărimea fizică scalară numeric egală cu cantitatea de căldură necesară pentru a topi un kilogram din substanța respectivă.

Căldura latentă specifică se notează cu litera grecească λ (*lambda*). Cunoscând căldura latentă specifică și masa substanței care se topește, putem calcula și căldura necesară pentru a topi toată masa de substanță:

$$Q = m \cdot \lambda,$$

$$\text{de unde } \lambda = \frac{Q}{m}, \text{ iar } [\lambda]_{SI} = \frac{[Q]_{SI}}{[m]_{SI}} = \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

Observații:

● Fiecare substanță are câte o căldură latentă specifică pentru fiecare transformare de stare de agregare (pag. 144).

● Pentru o substanță dată, căldura latentă specifică de topire este egală cu cea de solidificare, căldura latentă specifică de vaporizare cu cea de condensare și căldura latentă specifică de sublimare cu cea de desublimare.

● Deși nu este corect, se întâmplă să găsești tabele cu călduri latente care, de fapt, conțin valorile căldurilor latente specifice. Nu te speria, uită-te la unitatea de măsură și îți vei da seama ce conține tabelul! Verifică dacă tabelul de la sfârșitul manualului este corect din acest punct de vedere!

Interpretare microscopică

La nivel microscopic, căldura latentă este utilizată pentru a mări energia potențială a moleculelor, nu și energia cinetică medie, adică temperatura. Pentru aceasta trebuie să știi că, ori de câte ori îndepărtăm două corpuri care se atrag (de exemplu, două molecule), energia lor potențială crește, așa cum crește energia potențială a unui corp ridicat (îndepărtat de Pământ) în câmp gravitațional. În timpul topirii și mai ales al vaporizării, moleculele se îndepărtează.

Verifică dacă ai înțeles!

- 1 De ce se răcește spirtul prin evaporare?
- 2 De ce scade temperatura aerului după ce cade grindină?
- 3 Caută în tabelul de la sfârșitul manualului căldura latentă specifică de topire și cea de vaporizare ale apei.
- 4 Ce semnificație fizică are o căldură latentă specifică de topire de 100 kJ/kg?
- 5 Calculează cantitatea de căldură necesară pentru a topi 5 kg de gheață și cantitatea de căldură necesară pentru a vaporiza 5 kg de apă.
- 6 De ce este căldura latentă specifică de vaporizare a apei mult mai mare (de aproape 7 ori) decât cea de topire?



Știi că?

✓ Înaintea inventării frigiderului, alimentele erau păstrate reci în camere frigorifice umplute cu gheață, în care temperatura rămânea aproape de 0 °C până la topirea gheții. Căldura care intra în cameră era preluată integral de gheață, sub formă de căldură latentă de topire. Procurarea și păstrarea gheții până la venirea verii era însă o problemă. Ea a fost rezolvată la mijlocul secolului al XIX-lea, odată cu inventarea mașinii frigorifice bazate pe compresia și evaporarea amoniacului. Prin compresie, amoniacul se lichefiază, eliberând căldură latentă, iar prin destindere se evaporă, absorbind căldură. Dacă absorbția și eliberarea de căldură se realizează în locuri diferite, am reușit să pompăm căldură dintr-un loc în altul. Procedul poate fi folosit atât pentru încălzire, cât și pentru răcire.



✓ Apa se folosește cu succes la stingerea incendiilor, deoarece are căldură specifică și căldură latentă specifică foarte mari. Prin încălzire și fierbere apa preia foarte multă căldură, răcind puternic focul.



Temă pentru portofoliu

Scrie un eseu cu tema: *Cauzele și consecințele topirii ghețurilor.*

Termeni-cheie

- stare inițială – stare finală
- echilibru termic
- sistem neomogen



Fig. 1 – Ceai cu gheață

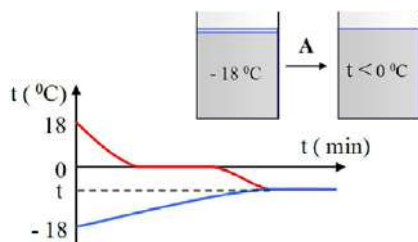


Fig. 2 – Cazul I: amestecăm foarte multă gheață și puțină apă.

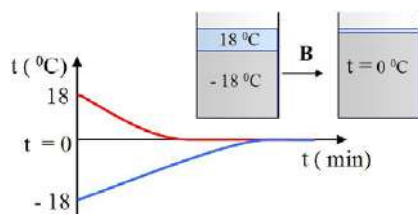


Fig. 3 – Cazul II: amestecăm multă gheață și puțină apă.

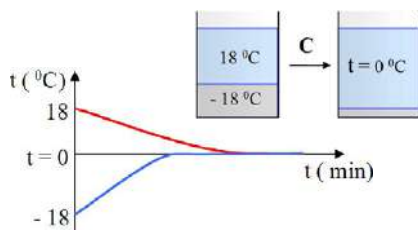


Fig. 4 – Cazul III: amestecăm puțină gheață și multă apă.

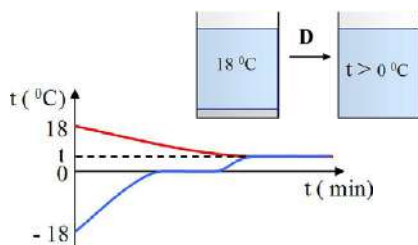


Fig. 5 – Cazul IV: amestecăm foarte puțină gheață și multă apă.

Stabilirea temperaturii de echilibru în sisteme neomogene – extindere în tehnologie

Ai observat că?

- Punând cuburi de gheață într-un pahar cu ceai, temperatura ceaiului scade la o valoare de echilibru plăcută simțurilor noastre (fig.1).
- Apa cu care se stropește gheața unui patinoar îngheață dacă temperatura gheții este menținută sub 0°C cu ajutorul unor mașini frigorifice.
- Atunci când plouă, zăpada se topește mai repede.

Ce crezi?

Ce temperatură finală va avea ceaiul aflat la 20°C , după ce punem în el aceeași masă de gheață cu temperatura de 0°C ?

Experimentează!

Patru cazuri, într-unul (experiment mintal)

Deși realizabil, acest experiment este foarte pretențios și are multe surse de erori, motiv pentru care recomandăm abordarea lui ca pe o experiență mintală. Imaginează-ți experimentul, urmărind figurile și explicațiile!

● **Vei folosi:** 4 pahare de silicon de 150 mL fiecare, un marker, un termometru, un cilindru gradat în mL, apă și congelator.

● **Ce ai de făcut?** Notează cu ajutorul markerului paharele cu A, B, C și D. Toarnă 100 mL de apă în paharul A, 80 mL în B, 35 mL în C și 10 mL în D. Pune paharele în congelator și așteaptă cam o zi, timp în care apa din pahare să înghețe și să se răcească la aproximativ -18°C . Scoate paharele din congelator și toarnă peste ele următoarele cantități de apă de la robinet (cu temperatura de $16-18^{\circ}\text{C}$): 5 mL în paharul A, 15 mL în B, 70 mL în C și 100 mL în D. Urmărește variația temperaturii apei în cele patru pahare și transformările de stare de agregare care au loc în fiecare. Reprezintă grafic variația temperaturii apei și a gheții în funcție de timp.

● **Ce constăți?** În paharul A (fig.2) apa îngheață repede, în timp ce gheața se încălzește puțin. Temperatura finală de echilibru va fi sub 0°C . În paharul B (fig.3) apa îngheață parțial, iar gheața se încălzește până la 0°C . În paharul C (fig.4) apa se răcește până la 0°C , iar gheața se topește parțial. În paharul D (fig.5) apa se răcește, iar gheața se topește. Temperatura finală de echilibru va fi peste 0°C .

● **Cum îți explici?** În paharul A, fiind mult mai multă gheață decât apă, starea finală a sistemului (starea de agregare și temperatura) este impusă de gheață. În paharul D, fiind mult mai multă apă decât gheață, starea finală este impusă de apă. În paharele B și C, cantitățile de apă și gheață sunt comparabile și starea finală va fi un amestec de apă cu gheață în echilibru termic la 0°C .

Observație. Sistemele neomogene conțin substanțe în stări de agregare diferite.

● **Surse de erori.** Pe lângă dificultățile tehnice legate de procurarea materialelor necesare, motivul principal pentru care experimentul decurge diferit în realitate față de teorie este faptul că gheața este un izolator termic bun și din această cauză temperatura lui se omogenizează foarte lent. În acest timp sistemul primește multă căldură din mediul înconjurător, influențând evoluția experimentului.