

$$\eta = \frac{Q_{\text{util}}}{Q_{\text{total}}} \cdot 100\%$$

$$c = \frac{Q}{m\Delta t}$$

$$c_{\text{corp}} = \frac{c_{\text{apă}} m_{\text{apă}} (t - t_1)}{m_{\text{corp}} (t_{\text{corp}} - t)}$$

$$Q = cm\Delta t$$



Asistență
Internet

Manualul se evidențiază prin prezenta a astfel de materiale:

- Texte și ilustrații pentru motivarea activității de învățământ
- Algoritmi de rezolvare a principalelor tipuri de probleme din fizică
- Însărcinări pentru autocontrol
- Însărcinări experimentale pentru acasă
- Descrieri detaliate a lucrărilor de laborator
- Generalizări tematice și sistematizarea materialului
- Exemple de utilizare în practică a fizicii
- Informații despre realizările fizicii și tehnicii în Ucraina



Asistență Internet



Asistență Internet va permite:

- Efectuarea interactivă a testării online conform fiecărei teme
- De a afla despre viața și activitatea savanților proeminenți
- De a reprezenta vizual experiența fizică sau procesul

8

FIZICĂ

8



ISBN 978-966-914-353-2



9 789669 143532 >

2021

INSTRUCȚIA SECURITĂȚII PENTRU ELEVI ÎN TIMPUL PETRECERII LECȚIILOR ÎN CABINETUL DE FIZICĂ

1 Teze generale

- 1.1. În cabinetul de fizică elevii trebuie strict să respecte regulile securității și regulile regimului intern ale instituției de învățământ, orarul orelor de studii, normele stabilite și regimurile de lucru și de odihnă.
- 1.2. Elevii se pot afla în cabinetul de fizică numai în prezența profesorului sau a asistentului de laborator.
- 1.3. Despre fiecare accident, ce a avut loc la lecțiile de fizică, trebuie urgent de anunțat profesorul.
- 1.4. Despre ieșirea din funcțiune și defecțiunile utilajului trebuie imediat de anunțat profesorul.

2 Cerințele securității în situații extreme

- 2.1. În caz de traumatism, îmbolnăvire etc. imediat anunțați despre aceasta pe profesor.
- 2.2. În cazul apariției aprinderii neprevăzute, incendiului ș. a. imediat anunțați despre aceasta pe profesor.
- 2.3. În caz de evacuare strict îndepliniți instrucțiunile profesorului.

3 Cerințele securității înainte de a începe lucrul experimental

- 3.1. Elucidați precis ordinea și regulile petrecerii sigure a experienței.
- 3.2. Eliberați locul de lucru de toate obiectele și materialele netrebuincioase pentru lucru.
- 3.3. Verificați prezența și siguranța conductoarelor de conexiune, a aparatelor și a altor obiecte, necesare pentru executarea însărcinării.
- 3.4. Începeți a executa însărcinarea numai cu permisul profesorului.
- 3.5. Efectuați numai acele însărcinări, care sunt prevăzute în lucrare sau sunt date de către profesor.

4 Cerințele securității în timpul lucrului

- 4.1. Lucrați numai la locul vostru de muncă.
- 4.2. Fiți atenți și disciplinați, executați precis indicațiile profesorului.
- 4.3. Repartizați aparatele, materialele, utilajul la locul vostru de muncă astfel, ca să fie evitate căderea sau răsturnarea lor.
- 4.4. În timpul petrecerii experiențelor nu admiteți solicitarea la limită a aparatelor de măsurat.
- 4.5. Urmăriți ca starea tuturor fixărilor în aparate și utilaje să fie în regulă. Nu vă atingeți de părțile rotative ale mașinilor și nu vă aplecați deasupra lor.
- 4.6. Pentru montarea instalațiilor experimentale folosiți-vă de conducători cu cleme și huse de siguranță cu izolație trainică și fără defecțiuni vizibile.
- 4.7. Fără permisiunea profesorului nu conectați utilajul electric; nu înlăturați de sine stătător defecțiunile rețelei electrice și a utilajului electric.
- 4.8. Montând un circuit electric, evitați intersecția conductorilor; se interzice utilizarea conductorilor cu izolație uzată și a întrerupătorilor de tip deschis.
- 4.9. Sursa de curent conectați-o la circuit în ultimul rând. Circuitul montat conectați-l numai după verificarea lui și avizul profesorului. Existența tensiunii în circuit poate fi verificată numai cu ajutorul aparatelor speciale sau a indicatoarelor de tensiune.
- 4.10. Nu vă atingeți de elementele circuitului, care nu au izolație și se află sub tensiune. Nu efectuați din nou legături în circuite și nu schimbați siguranțele până la deconectarea sursei de alimentare cu curent electric.
- 4.11. Utilizați instrumente cu mânere izolate.
- 4.12. Nu părăsiți locul de muncă fără permisiunea profesorului.
- 4.13. Găsind o defecțiune în utilajul electric, care se află sub tensiune, imediat anunțați-l despre acest lucru pe profesor.
- 4.14. Pentru conectarea consumatorilor la rețea folosiți-vă de conectarea prin fișe de contact.

5 Cerințele securității după terminarea lucrului

- 5.1. După terminarea lucrului neapărat faceți curat la locul de lucru. Curățenia efectuați-o numai cu acordul profesorului.
- 5.2. Circuitul electric demontați-l numai după deconectarea sursei de alimentare cu curent electric.

CE ESTE NECESAR DE ȘTIUT

Despre fenomenul fizic

- 1) criteriile exterioare, condițiile în care el are loc;
- 2) legătura cu alte fenomene și procese;
- 3) mărimile fizice, care-l caracterizează;
- 4) posibilitățile aplicării practice, metodele evitării consecințelor dăunătoare

Despre legea fizică

- 1) formularea; legătura între care fenomene stabilește legea dată;
- 2) expresia matematică;
- 3) experimentele, care au adus la stabilirea legii sau confirmă justetea ei;
- 4) limitele aplicării

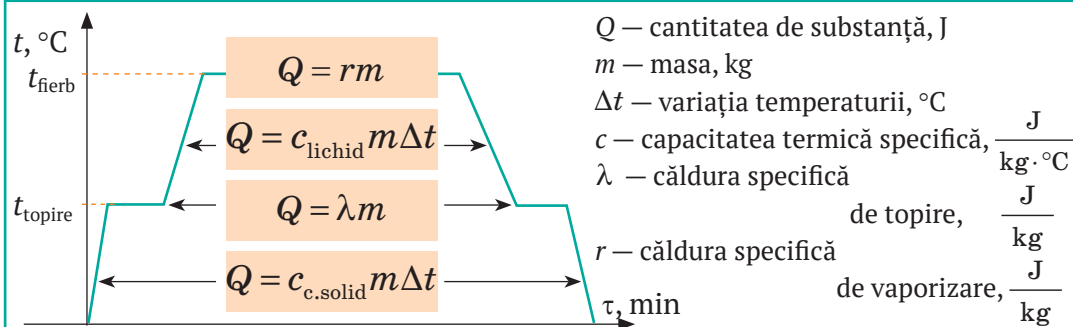
Despre aparat sau dispozitiv

- 1) menirea;
- 2) construcția;
- 3) principiul de lucru;
- 4) domeniul de aplicare;
- 5) regulile de utilizare

Despre mărimea fizică

- 1) simbolul pentru notare;
- 2) proprietatea, pe care o caracterizează mărimea fizică dată;
- 3) determinarea (definiția);
- 4) formula, pusă la baza definiției; legătura cu alte mărimi fizice;
- 5) unitățile;
- 6) metodele de măsurare

CANTITATEA DE CĂLDURĂ



Căldura specifică de ardere a combustibilului, J/kg

$$Q = qm$$

Randamentul

$$\eta_{\text{încălz}} = \frac{Q_{\text{util}}}{Q_{\text{total}}} \cdot 100\%$$

$$\eta_{\text{motor termic}} = \frac{A_{\text{util}}}{Q_{\text{total}}} \cdot 100\%$$

SARCINA ELECTRICĂ

Sarcina electrică

Sarcina electrică, C Cantitatea de electroni

$$|q| = N|e|$$

Modulul sarcinii electronului, $1,6 \cdot 10^{-19}$ C

Legea Coulomb

Forța Coulomb, N Distanța dintre sarcini, m

$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2}$$

Coefficientul de proporționalitate, $9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$

Legea conservării sarcinii electrice

Suma sarcinilor până la interacțiune

$$q_{01} + q_{02} + \dots + q_{0n} = q_1 + q_2 + \dots + q_n$$

Suma sarcinilor după interacțiune

CURENTUL ELECTRIC

Intensitatea curentului

Intensitatea curentului, A

$$I = \frac{q}{t}$$

Timpul, s

Tensiunea

Tensiunea electrică, V

$$U = \frac{A}{q}$$

Lucrul curentului, J

Rezistența

Rezistența specifică, Ohm · m Lungimea, m

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

Rezistența, Ohm Aria secțiunii transversale, m²

Legea lui Ohm

Intensitatea curentului, A Tensiunea, V

$$I = \frac{U}{R}$$

Rezistența, Ohm

Tipurile de legături ale conductorilor

În serie

$$I = I_1 = I_2 = \dots = I_n$$

$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n$$

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

În paralel

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n$$

$$U = U_1 = U_2 = \dots = U_n$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Legea lui Faraday

Echivalentul electrochimic, $\frac{\text{kg}}{\text{C}}$

$$m = kIt$$

Masa substanței, kg Intensitatea curentului, A Timpul electrolizei, s

$$m = kq$$

Sarcina electrică, C

Lucrul curentului

Lucrul curentului, J Tensiunea, V

$$A = UI t$$

Intensitatea curentului, A Timpul trecerii curentului, s

Puterea curentului

Puterea curentului, W Intensitatea curentului, A

$$P = UI$$

Tensiunea, V

Legea Joule - Lenz

Cantitatea de căldură, J Timpul, s

$$Q = I^2 R t$$

Intensitatea curentului, A Rezistența, Ohm

FIZICĂ

8

Manual pentru clasa a 8-a
cu limba română/moldovenească de predare
a instituțiilor de învățământ mediu general

Conform redacției V.G. Bariahtar, S.O. Dovhii

a 2-a ediție, prelucrată

Recomandat
de Ministerul Învățământului și Științei al Ucrainei

Львів
Видавництво «Світ»
2021

Перекладено за виданням:

Фізика : підруч. для 8 кл. загал. серед. освіти / [В. Г. Бар'яхтар, С. О. Довгий, Ф. Я. Божинова, О. О. Кірюхіна] ; за ред. В. Г. Бар'яхтара, С. О. Довгого. – 2-ге вид., перероб. – Харків : Вид-во «Ранок», 2021

Авторський колектив:

Віктор Бар'яхтар, Станіслав Довгий, Фаїна Божинова, Олена Кірюхіна

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
(наказ Міністерства освіти і науки України від 22.02.2021 № 243)

Видано за рахунок державних коштів. Продаж заборонено

Автори й видавництво висловлюють щире подяку:

М. М. Кірюхіну, президенту Співки наукових і інженерних об'єднань України,
кандидату фізико-математичних наук;

І. Ю. Ненашеву, учителю-методисту, Заслуженому вчителю України;

І. В. Хован, учителю фізики, кандидату педагогічних наук,
за слушні зауваження й конструктивні поради;

І. С. Чернецькому, завідувачу відділу створення навчально-тематичних систем знань
Національного центру «Мала академія наук України», кандидату педагогічних наук,
за допомогу у створенні відеороликів демонстраційних і фронтальних експериментів

Методичний апарат підручника успішно пройшов експериментальну перевірку
в Національному центрі «Мала академія наук України»

Ілюстрації Володимира Хорошенка, Володимира Зюзюкіна

Фізика : підруч. для 8 кл. з навч. рум./молд. мов. закл.
Ф50 заг. серед. осв. / [В. Г. Бар'яхтар та ін.] ; за ред. В. Г. Бар'яхтара,
С. О. Довгого ; пер. Р. Г. Рябко. – 2-ге вид., переробл. – Львів :
Світ, 2021. – 240 с. : іл., фот.

ISBN 978-966-914-353-2

УДК 37.016:53(075.3)



Internet-susținere

© Бар'яхтар В. Г., Божинова Ф. Я., Довгий С. О.,
Кірюхіна О. О., 2016

© Бар'яхтар В. Г., Довгий С. О., Божинова Ф. Я.,
Кірюхіна О. О., перероблення, 2021

© Хорошенко В. Д., Зюзюкін В. В.,
ілюстрації, 2016

© Хлестун В. В., фотографії, 2016

© ТОВ Видавництво «Ранок», 2021

© Рябко Р. Г., переклад румунською/
молдовською мовами, 2021

ISBN 978-966-914-353-2 (рум./молд.)
ISBN 978-617-09-6973-6 (укр.)

Dragi prieteni!

Анл acestа de învățământ voi veți continua călătoria voastră prin lumea fizicii. Ca și mai înainte voi veți observa fenomene ale naturii, veți efectua experimente științifice adevărate și la fiecare lecție veți face descoperiri proprii mici.

Nici una dintre călătoriile nu poate fi ușoară, dar câte lucruri noi voi veți afla despre lumea înconjurătoare! Iar manualul, pe care-l țineți în mâini, vă va deveni un asistent de nădejde.

Fiți atenți și perseverenți, studiind conținutul fiecărui paragraf și atunci voi veți putea înțelege esența materialului expus și aplica cunoștințele obținute în viața de toate zilele.

Atrageți atenția, că paragrafele se încheie cu rubricile «*Facem totalurile*», «*Întrebări pentru control*», «*Exercițiul*». De ce e nevoie de ele și cum de lucrat cu ele mai bine?

În rubrica «*Facem totalurile*» sunt reprezentate cunoștințe despre principalele noțiuni și fenomene, cu care voi ați făcut cunoștință în paragraf. Așadar, voi aveți posibilitatea încă o dată să atrageți atenția asupra esențialului.

«*Întrebări pentru control*» vă vor ajuta să clarificați, dacă ați înțeles materialul studiat. Dacă voi veți putea da răspuns la fiecare întrebare, atunci totul e bine, dacă însă nu, din nou adresați-vă la textul din paragraf.

Rubrica «*Exercițiul*» va face călătoria voastră în lumea magică a fizicii și mai interesantă, deoarece voi veți putea aplica cunoștințele obținute în practică. Problemele din această rubrică sunt diferențiate după nivelul de dificultate – de la suficient de ușoare, ce necesită numai atenție până la creative, pe care rezolvându-le e nevoie de agerime și perseverență. Numărul fiecărei probleme are culoarea corespunzătoare (în ordinea creșterii dificultății: albastră, verde, galbenă, roșie și violet).

Printre probleme sunt și de acelea, care servesc pentru repetarea materialului, pe care voi deja l-ați studiat în cursul de științe ale naturii, matematică sau la lecțiile anterioare de fizică.

Datele de referință, necesare pentru rezolvarea problemelor, voi le veți găsi în *Anexa* de la sfârșitul manualului.

Atrageți atenția asupra faptului, că în manual există material limitat de marcările * și ←, – el este destinat pentru acei, care tind să cunoască mai multe.

Fizica - știință în primul rând experimentală, de aceea în manual sunt prezente *însărcinări experimentale* și *lucrări de laborator*. Neapărat efectuați-le – și voi veți înțelege mai bine și iubiți fizica. Vă sfătuim să studiați problemele «cu steluță», datorită cărora voi vă veți învăța a reprezenta rezultatele experimentelor în așa un mod cum le reprezintă învățații adevărați. Să reușiți în rezolvarea acestor probleme vă va ajuta materialul expus la sfârșitul *Anexei*.

Materialele propuse la sfârșitul fiecărui capitol în rubricile «*Facem totalurile capitolului*», «*Însărcinări pentru autoverificare*», și de asemenea materialele «*Pentru practicuri la rezolvarea problemelor*», de la sfârșitul manualului vă vor ajuta să sistematizați cunoștințele obținute, vă vor fi de folos în timpul repetării celor studiate și în timpul pregătirii pentru lucrările de control.

La finele fiecărui capitol sunt date temele *proiectelor de studii, referatelor și comunicărilor, cercetărilor experimentale*. Vom menționa, că aceste teme sunt orientative. Așadar, dacă voi nu vreți să vă opriți la rezultatele obținute, puteți sugera propriile teme, iar apoi să le cercetați calitativ.

Pe *internet-susținerea* manualului veți găsi videoclipuri, ce prezintă în acțiune un experiment sau proces; informație, care vă va ajuta la rezolvarea problemelor; probleme de antrenare sub formă de teste cu verificare computațională. Lucrând asupra *proiectelor de studii* vă povățuim cu atenție să faceți cunoștință cu unele sfaturi pentru crearea și prezentarea lor, expuse în materialul «*Etapele lucrului asupra proiectelor didactice*».

Pentru cei ce vor să afle mai multe despre dezvoltarea științei fizice și tehnicii în Ucraina și în lume se vor găsi multe lucruri interesante și de folos în rubricile «*Fizica și tehnica în Ucraina*» și «*Pagina enciclopedică*».

Atrageți atenția asupra faptului, că în manual sunt folosite marcări, care o să vă ajute să vă orientați în materialul expus:



Facem totalurile



Însărcinări pentru repetare



Întrebări pentru control



Însărcinare experimentală



Exercițiul



Internet-susținere

Călătorie surprinzătoare în lumea fizicii, succese!

CAPITOLUL I

FENOMENE TERMICE

- Voi de multe ori ați observat acțiunea vântului, dar acum veți putea explica de ce apare vântul
- Voi nu o dată ați fiert apă și cunoașteți temperatura de fierbere a apei, dar acum veți afla, cum să faceți ca apa să fiarbă la temperatura camerei
- Voi întotdeauna îmbrăcați iarna haine calde, dar acum veți afla, dacă întotdeauna ele se îmbracă pentru a se apăra de frig
- Voi ați auzit despre existența nanomaterialelor, dar acum veți afla despre proprietățile lor și perspectivele aplicării
- Voi știți, că majoritatea automobilelor au motor cu ardere internă, dar acum veți putea explica, cum acest motor funcționează și cum de mărit randamentul lui



PARTEA 1. TEMPERATURA. ENERGIA INTERNĂ. SCHIMBUL DE CĂLDURĂ

i

§ 1. STAREA TERMICĂ A CORPURILOR. TEMPERATURA ȘI MĂSURAREA EI

La toți din copilărie le sunt obișnuite cuvintele: fierbinte, cald, rece. «Ai grijă, ceașcă e fierbinte o să te frigi» – ne avertizau pe noi adulții. Noi nu înțelegeam ce înseamnă «fierbinte» atingeam ceașca – și ne frigeam. «Zăpada este rece, nu scoate mânușile, degetele îți vor îngheța» – ne ruga bunica. Noi foarte mult am vrut să aflăm, dar cum este – «rece», ne scoteam mânușile și în curând înțelegeam semnificația acestui cuvânt. «Va trebui să rămână în pat. Are febră mare» – insistă medicul ... Dar ce este temperatura din punctul de vedere al fizicii?

1 Facem cunoștință cu noțiunea de «temperatură»

Ideile inițiale despre temperatura omul le-a obținut prin pipăire. De exemplu, caracterizând starea termică a unui corp foarte rece se poate spune despre el «ca gheață», adică să se compare senzațiile sale despre atingerea de către acest corp cu senzațiile ce apar la atingerea de **gheață**.

Determinând, *cât de mult sunt încălzite* unele sau altele corpuri, noi comparăm temperaturile lor. Atunci când se spune: «Astăzi afară este mai cald decât ieri», – aceasta înseamnă că temperatura aerului afară astăzi e mai înaltă decât ieri; expresia «Zăpadă la pipăit e rece» înseamnă, că temperatura zăpezii este mai mică decât temperatura mâinii. Astfel, la un nivel intuitiv noi definim temperatura corpului ca o mărime fizică, ce caracterizează nivelul de încălzire al corpului.

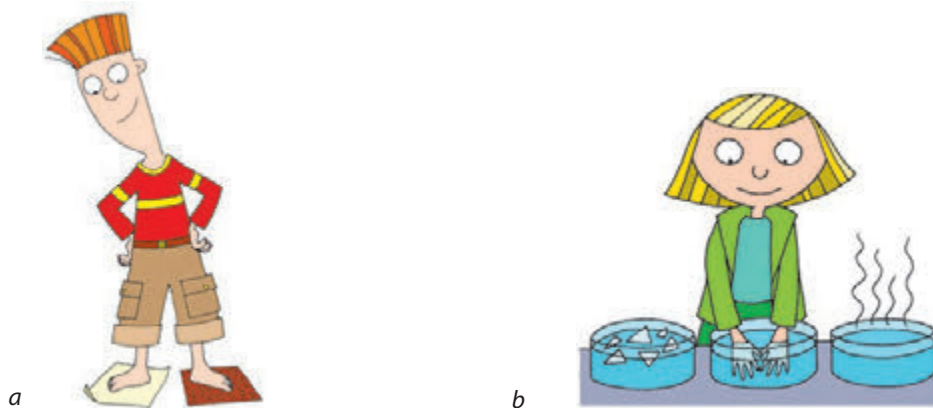


Fig. 1.1. Experimente pentru a confirma subiectivitatea senzațiilor noastre: a – hârtia netedă pare mai rece decât covorașul rugos; b – dacă de scufundat mâna stângă în apă caldă, cea dreaptă – în apă rece, iar după un anumit timp ambele mâini de le introdus într-un vas cu apă la temperatura camerei, atunci va apărea o senzație ciudată: aceeași apă mână stângă o va percepe ca fiind rece, iar cea dreaptă – ca caldă

Însă, determinând nivelul de încălzire al corpurilor prin pipăire, se poate da numai o apreciere aproximativă a temperaturii lor. În afară de aceasta, nu întotdeauna se poate atinge corpul și aprecia cât de fierbinte sau rece el este. Mai mult, senzațiile ne pot duce în eroare. Într-adevăr, la una și aceeași temperatură a camerei corpurile metalice ne par mai reci decât cele din lemn sau plastic, iar cele rugoase – mai calde decât cele netede (fig. 1.1, a). Și chiar unul și același corp în același timp poate avea la pipăit un nivel diferit de încălzire (fig. 1.1, b).

2 Introducem noțiunea de echilibru termic

Experiențele ne demonstrează: când un corp mai încălzit vine în contact cu un corp mai puțin încălzit, atunci corpul mai încălzit întotdeauna se răcește, iar cel mai puțin încălzit – se încălzește. De asemenea se pot schimba și alte proprietăți ale corpurilor: ele pot deveni de dimensiuni mai mari sau mai mici, trece în altă stare de agregare, conduce curentul electric mai bine sau mai rău, pot emite lumină de altă culoare etc. În schimb *corpurile încălzite la fel, venind în contact unul cu altul, nu-și schimbă proprietățile sale și atunci se spune, că aceste corpuri se află în stare de echilibru termic* (fig. 1.2).

Temperatura – aceasta-i mărimea fizică, ce caracterizează starea echilibrului termic al sistemului de corpuri.

3 Aflăm despre sensul fizic al temperaturii

Temperatura corpului este strâns legată de viteza mișcării haotice a particulelor substanței, din care este compus corpul (atomilor, moleculelor, ionilor). Această mișcare așa și se numește – **termică**.

Particulele corpului întotdeauna se mișcă, așadar, întotdeauna au energie cinetică. Cu cât mai repede se mișcă particulele, cu atât mai înaltă este temperatura corpului.

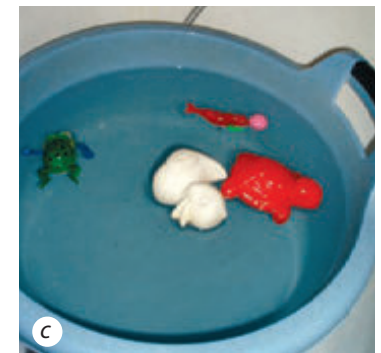


Fig. 1.2. Corpurile la fel de fierbinți sau la fel de reci se află în stare de echilibru termic: a – cărțile se află în stare de echilibru termic cu masa; b – lemnele se află în stare de echilibru termic cu aerul; c – jucăriile se află în stare de echilibru termic cu apa

Viteza mișcării particulelor aparte (și ca urmare, energia cinetică a lor) permanent se schimbă. Însă în starea de echilibru termic în toate corpurile sistemului energia cinetică medie a particulelor (adică energia cinetică ce revine în medie unei particule) este aceeași. Din punct de vedere al teoriei cinetico-moleculare se poate da definiția temperaturii:

Temperatura – măsura energiei cinetice medii a mișcării haotice a particulelor substanței, din care este compus corpul.

Așadar, există un factor obiectiv pentru determinarea temperaturii corpului – aceasta-i energia cinetică medie a particulelor lui. Acest factor nu depinde de senzațiile noastre, însă el nicidecum nu ne va ajuta la măsurarea temperaturii.

? Cum voi considerați, de ce este imposibil de a măsura în mod direct energia cinetică medie a mișcării particulelor, din care este compus corpul?

4 Măsurăm temperatura

Aparatele pentru măsurarea temperaturii se numesc **termometre**.

Ațiunea termometrelor se bazează pe faptul, că odată cu schimbarea temperaturii corpului se modifică anumite proprietăți ale acestui corp (fig. 1.3).

Să examinăm, de exemplu *termometrul cu lichid*, ațiunea căruia este bazată pe dilatarea lichidului în timpul încălzirii (mai detaliat despre aceasta veți afla din § 2). Cel mai simplu termometru cu lichid este compus dintr-un rezervor umplut cu lichid (de obicei cu spirt), un tub subțire lung, în care trece coloana acestui lichid și scară (fig. 1.4). Volumul lichidului este măsura temperaturii: cu cât este mai mare temperatura corpului, cu atât e mai mare volumul lichidului și cu atât e mai înaltă coloana de lichid în termometru.

Pentru a putea măsura temperatura după lungimea coloanei de lichid, trebuie de trasat scara, în primul rând notând pe ea așa-numitele puncte de reper. Asemenea puncte trebuie să fie legate de niște procese fizice, care au loc la temperatură constantă și care se pot reproduce ușor. Astfel, pentru

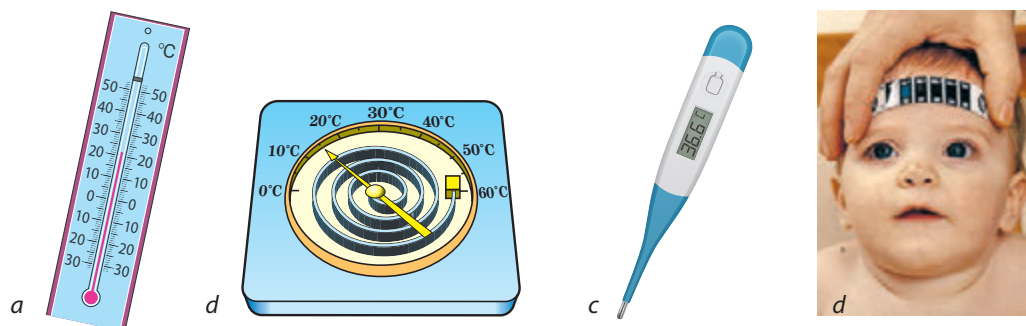


Fig. 1.3. Diferite feluri de termometre: *a* – cu lichid (măsura temperaturii este lungimea coloanei de lichid); *b* – metalic (plăcuța bimetalică, care este legată de acul termometrului, se încovoie în urma încălzirii); *c* – termometrul electronic de casă (cu variația temperaturii se schimbă indicațiile indicatorului digital); *d* – cu cristale lichide (în urma schimbării temperaturii se schimbă culoarea porțiunii corespunzătoare a termometrului)

construirea celei mai folosite *scări Celsius* drept puncte de reper se iau:

0 °C – temperatura de topire a gheții pure la presiune atmosferică normală. Pentru aceasta rezervorul viitorului termometru se introduce în gheața, ce se topește și, așteptând până când coloana de lichid va înceta mișcarea, în dreptul suprafeței lichidului din coloană se pune marca 0 °C (fig. 1.5, *a*);

100 °C – temperatura de fierbere a apei la presiune atmosferică normală. Rezervorul viitorului termometru se introduce în apa clocotindă și poziția coloanei de lichid se marchează cu 100 °C (fig. 1.5, *b*).

Împărțind distanța dintre marcările 0 și 100 °C în o sută de părți egale, obținem termometrul, care este gradat după scara Celsius și unitatea de măsură după această scară – **gradul Celsius** (°C).

1 °C este egal cu a suta parte din variația temperaturii apei în timpul încălzirii ei de la temperatura de topire până la temperatura de fierbere la presiune atmosferică normală.

Temperatura măsurată după scara Celsius se notează cu simbolul *t*:

$$[t] = 1\text{ }^{\circ}\text{C}.*$$

În SI drept unitate fundamentală de temperatură este luat **kelvin-ul (K)**. Temperatura măsurată după scara Celsius (*t*) este legată cu temperatura măsurată după scara Kelvin (*T*) prin relația:

$$t = T - 273.$$

Atrageți atenția: *termometrul întotdeauna indică temperatura sa proprie*, prin urmare, măsurând temperatura oricărui corp trebuie de așteptat starea echilibrului termic dintre corp și termometru.

? De ce pentru măsurarea temperaturii medicii recomandă să fie ținut termometrul câteva minute?



Facem totalurile

Dacă prin orice metodă se va crea contact între corpuri, peste un timp oarecare proprietățile lor vor înceta să se schimbe. Atunci se spune,

* În timpul verificării unităților de măsură la rezolvarea problemelor cifra 1 de obicei se omite.

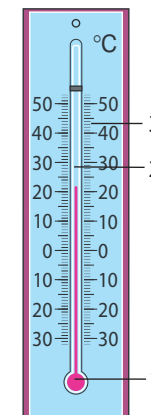


Fig. 1.4. Construcția termometrului cu lichid: 1 – rezervorul cu lichid; 2 – tubul; 3 – scara

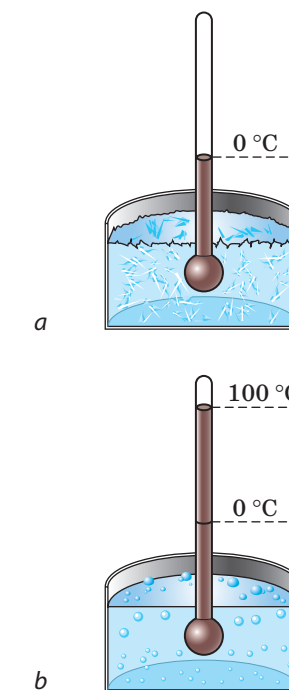


Fig. 1.5. Construcția scării de temperatură Celsius: *a* – temperaturii de topire a gheții și se atribuie valoarea 0 °C; *b* – temperaturii de fierbere a apei și se atribuie valoarea 100 °C

că corpurile se află în stare de echilibru termic. Mărimea fizică, ce caracterizează starea de echilibru termic se numește temperatură. Temperatura –măsura energiei cinetice medii a mișcării particulelor substanței, din care este constituit corpul. Aparatele pentru măsurarea temperaturii se numesc termometre. Acțiunea termometrelor se bazează pe faptul, că cu variația temperaturii se schimbă anumite proprietăți ale corpurilor.

Întrebări pentru control



1. De ce nu întotdeauna se poate aprecia temperatura corpului prin pipăire? 2. În ce constă starea echilibrului termic? 3. Dați două definiții ale temperaturii.
4. De ce mișcarea haotică a particulelor substanței se numește mișcare termică? 5. Dați exemple de termometre diferite. 6. Descrieți principiul de lucru al termometrului cu lichid. 7. Numiți punctele de reper pentru scara Celsius.

Exercițiul Nr. 1



1. Dați exemple de corpuri, ce se află în stare de echilibru termic. Argumentați-vă răspunsul.
2. Amintiți-vă construcția și principiul de lucru al termometrului cu lichid și explicați, ce se dilată mai mult în timpul încălzirii: – sticla sau lichidul.
3. De ce dimensiunile termometrului trebuie să fie mici în comparație cu dimensiunile corpului, temperatura căruia se măsoară?
4. Folosiți-vă de surse suplimentare de informație și aflați despre istoria creării termometrelor și a diferitelor scări de temperatură (Fahrenheit, Reamur etc.). Pregătiți o scurtă comunicare.
5. Determinați valoarea unei diviziuni și indicațiile termometrelor din fig. 1.3, a, b.



Însărcinare experimentală



Efectuați experiența cu apă caldă și apă rece, descrisă în punctul 1 al § 1. Descrieți succesiunea acțiunilor voastre, faceți concluzia.

Fizica și tehnica în Ucraina



Institutul fizico-tehnic de temperaturi joase în numele lui B. I. Verchin al ANȘ al Ucrainei (Harkov) a fost întemeiat în a. 1960 pentru studierea fenomenelor fizice la temperaturi joase. Aceste cercetări erau importante pentru cucerirea spațiului cosmic.

Problemele puse în fața învățaților, prevedeau cercetarea proprietăților termice ale gazelor, lichidelor și a corpurilor solide în condițiile cosmosului. Experiența în asemenea cercetări în lume nu exista, de aceea a trebuit să se pornească de la metodele de măsurare a temperaturii, conductibilității termice, studierea particularităților convecției și radiației. În toate direcțiile colaboratorii institutului au obținut rezultate științifice deosebite. Despre aceasta confirmă și numeroasele premii științifice, inclusiv și internaționale.

În a. 1991 institutului i-a fost acordat numele fondatorului său și primului director – academicianului *Boris Ieremiivici Verchin* (1919–1990).



§ 2. DEPENDENȚA DIMENSIUNILOR CORPURILOR FIZICE DE TEMPERATURĂ

Dacă voi sunteți suficient de atenți, atunci probabil, ați atras atenția asupra următorului fapt. Vara firele electrice sunt cu mult mai încovoiate decât iarna, adică vara ele devin mai lungi. Dacă se va umplea o sticlă cu apă rece și se va amplasa într-un loc cald, atunci cu timpul o parte din apă se va revărsa din sticlă. Un balon cu aer, fiind scos din încăperea la ger, își micșorează volumul. Să încercăm să clarificăm de ce e așa.

1 Ne convingem în dilatarea termică a corpurilor solide, lichide și a gazelor

Experimente ușoare și numeroase observări ne conving în aceea, că, *de regulă, corpurile solide, lichidele și gazele în timpul încălzirii se dilată, iar în timpul răcirii – se comprimă.*

Dilatarea termică a gazelor poate fi observată cu ajutorul unei retorte, umplute cu aer. Gâtul retortei îl astupăm cu un dop, iar în dop introducem un tub de sticlă. Scufundăm tubul de sticlă într-un vas cu apă. Acum e suficient să punem mâna pe retortă și în așa un mod să o încălzim; peste un anumit timp aerul din retortă, dilatăndu-se va ieși sub formă de bule din tubul de sub apă (fig. 2.1).

Pentru observarea *dilatării termice a lichidelor* vom umplea retorta cu apă colorată și o vom astupa astfel, încât o parte din lichid să pătrundă în tubul de sticlă, amplasat în dop (fig. 2.2, a). Să fixăm la ce nivel este situat lichidul în tub și vom introduce retorta într-un vas cu apă fierbinte. La început nivelul apei în



Fig. 2.1. Aerul în retortă, încălzindu-se se dilată și o anumită parte a lui iese din retortă – lângă gaura tubului se formează bule de aer

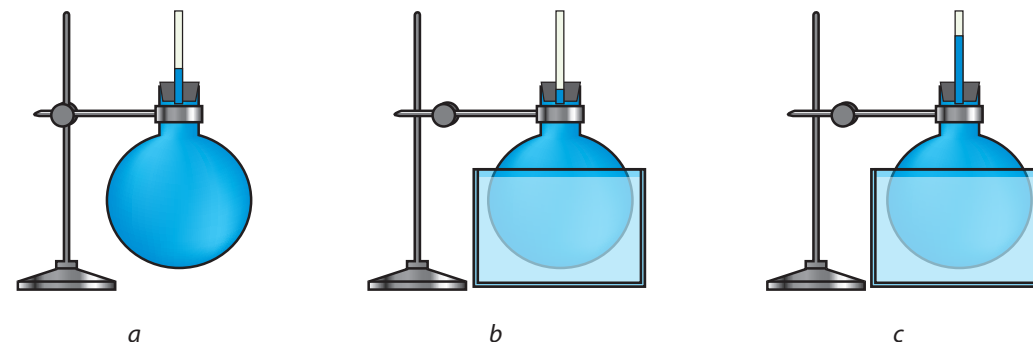


Fig. 2.2. Experiment, care demonstrează, că în timpul încălzirii lichidul se dilată. Retorta cu lichid în tub astupată cu un dop (a) a fost amplasată într-un vas cu apă fierbinte. Nivelul lichidului în tub mai întâi a scăzut puțin (b), iar peste un anumit timp – a crescut considerabil (c)

retortă va scădea puțin (fig. 2.2, *b*), și acest lucru poate fi explicat prin aceea, că mai întâi se încălzește și dilată retorta și numai apoi, încălzindu-se se dilată apa. Peste un anumit timp ne vom convinge, că odată cu încălzirea retortei și a apei din ea nivelul lichidului în tub va crește considerabil (fig. 2.2, *c*). Așadar, lichidele, la fel ca și gazele se dilată în timpul încălzirii.

? Explicați principiul de lucru al termometrului cu lichid.

Dilatarea termică a corpurilor solide poate fi demonstrată cu ajutorul dispozitivului descoperit de către fizicianul olandez Willem Jacob Gravesande (1688–1742). Dispozitivul prezintă o bilă de cupru, care trece ușor printr-un inel legat de ea. Să încălzim bila în flacăra unei spirtiere – bila încălzită nu va trece prin inel (fig. 2.3, *a*). După răcire bila din nou va trece prin inel (fig. 2.3, *b*).

? Cum, după părerea voastră, oare va trece bila prin inel, dacă se va încălzi nu bila, ci inelul?

2 Aflăm cauza dilatării termice

Care este totuși cauza creșterii volumului corpurilor în timpul încălzirii, doar numărul de particule ale substanței (molecule, atomi, ioni) în corp nu se schimbă odată cu creșterea temperaturii?

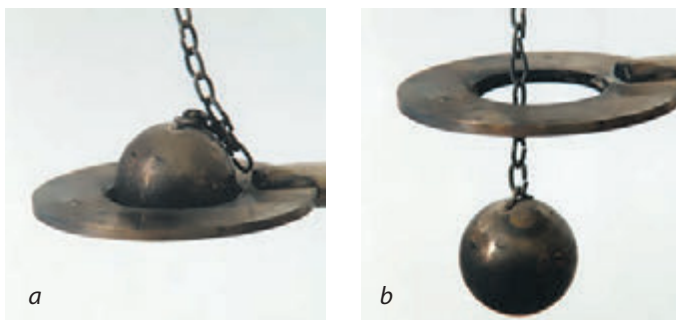
Dilatarea termică a corpurilor se explică în felul următor. Odată cu mărirea temperaturii se mărește viteza de mișcare a particulelor substanței, din care este compus corpul. Distanța medie dintre particule de asemenea se mărește și, prin urmare, crește volumul corpului. Și invers, cu scăderea temperaturii corpului energia cinetică a particulelor scade, spațiile intermoleculare la fel se micșorează și, corespunzător, se micșorează volumul corpului.

3 Caracterizăm dilatarea termică a corpurilor

Evident, că nu toate corpurile la încălzirea până la aceeași temperatură se dilată la fel. S-a constatat pe cale experimentală, că *corpurile solide și lichidele se dilată cu mult mai puțin decât gazele*.

Dilatarea termică a corpului depinde de substanța, din care este confecționat corpul. Să luăm un tub de aluminiu la temperatura camerei și să măsurăm lungimea lui. Apoi încălzim tubul, trecând prin el apă fierbinte. Peste un anumit timp ne vom convinge, că lungimea tubului puțin s-a mărit. Înlocuind tubul de aluminiu cu altul de sticlă de aceeași lungime, vom vedea, că

Fig. 2.3. Dispozitivul lui Gravesande, cu ajutorul căruia se demonstrează dilatarea termică a corpurilor solide: *a* – în stare încălzită bila nu trece prin inel; *b* – după răcire bila trece prin inel



în condițiile aceleiași mărimi ale temperaturii tubul de sticlă se alungește cu mult mai puțin, decât cel de aluminiu.

Trebuie de menționat, că *există substanțe, volumul cărora pentru un anumit interval de temperaturi la încălzire se micșorează, iar în timpul răcirii – se mărește*. La asemenea substanțe aparțin apa, fonta și altele. Apa, de exemplu, în timpul răcirii până la 4 °C (mai exact 3,98 °C) se comprimă, la fel ca și majoritatea substanțelor. Însă începând cu temperatura de 4 °C și până la înghețare (0 °C) apa se dilată. Anume datorită acestei proprietăți râurile, mările și oceanele nu îngheață până la fund chiar și la ger mare. Doar anume la temperatura de 4 °C apa are cea mai mare densitate și de aceea se lasă la fundul rezervorului. Însă la temperatură de 0 °C densitatea apei este mai mică, de aceea așa o apă rămâne la suprafață și îngheață – se transformă în gheață (fig. 2.4). Deoarece densitatea gheții este mai mică decât densitatea apei, gheața se așază la suprafața apei și protejează rezervorul de înghețarea adâncă. Proprietățile apei și gheții menționate au o mare importanță pentru viața diferitelor alge, pești și alte viețuitoare în apă.

? Gândiți-vă cum ar fi arătat rezervoarele de apă, dacă apa, la fel ca și majoritatea substanțelor, în timpul răcirii întotdeauna și-ar fi micșorat volumul, iar densitatea gheții ar fi fost mai mare decât densitatea apei.

4 Facem cunoștință cu dilatarea termică în natură și tehnică

Capacitatea corpurilor de a-și schimba dimensiunile sale în timpul variației temperaturii joacă un rol foarte important în natură. Despre specificul dilatării termice a apei voi deja ați aflat. Să examinăm alte cazuri.

Suprafața Pământului este încălzită neuniform. Ca urmare, aerul din apropierea suprafeței se dilată de asemenea neuniform – se formează vânturile, care la rândul său provoacă schimbarea vremii și climei. Încălzirea neuniformă a apei în mări și oceane – una din cauzele apariției curenților, care de asemenea influențează în mod semnificativ asupra climei. Fluctuațiile bruște ale temperaturii în zonele montane provoacă dilatarea și comprimarea neuniformă a rocilor – apar crăpături, care provoacă distrugerea munților și deci schimbarea reliefului.

Fenomenul de dilatare termică este utilizat pe scară largă în tehnică și viața de toate zilele. Astfel pentru conectarea și deconectarea automată a dispozitivelor electrice se folosesc plăci bimetalice. Acțiunea unor asemenea plăci se bazează pe faptul, că diferite metale se dilată în mod diferit în timpul încălzirii (fig. 2.5). Dilatarea termică a

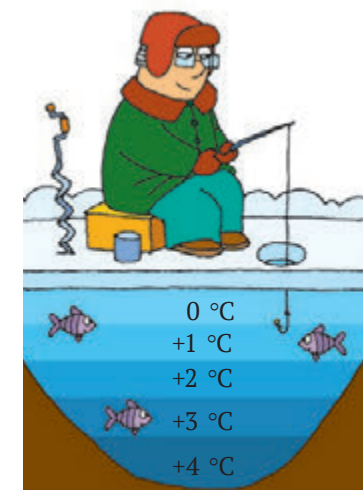


Fig. 2.4. Repartizarea temperaturilor iarna într-un lac adânc. Cea mai înaltă temperatură a apei – la fundul lacului, cea mai joasă (0 °C) – nemijlocit sub stratul de gheață

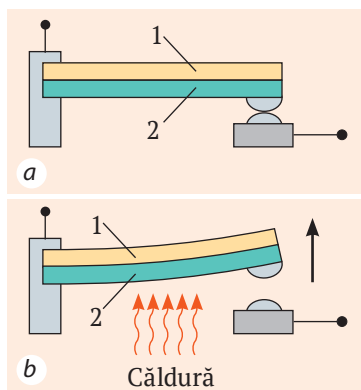


Fig. 2.5. Pentru conectarea automată a dispozitivelor de încălzire (de exemplu a ceainicului) se folosesc plăci bimetalice (a). În cazul măririi temperaturii placa metalică 2 se dilată cu mult mai mult decât placa 1, confecționată din alt metal, de aceea placa se îndoaie (b) și deschide circuitul electric



Fig. 2.6. Pentru ca podul să nu se încovoie în timpul arșitei și să nu se distrugă la frig el este confecționat din secții aparte legate între ele prin intermediul unei legături speciale (rândurile de dinți se apropie în timpul arșitei și se depărtează în timpul gerului)

aerului ajută la încălzirea uniformă a apartamentului, răcirea produselor în frigider, aerisirea casei (de ce și cum se întâmplă acest lucru, veți afla din § 6).

Dilatarea termică trebuie neapărat să fie luată în considerație în timpul construcției podurilor (fig. 2.6) și a liniilor de tensiune înaltă, conductelor de încălzire, montarea șinelor de cale ferată, confecționarea construcțiilor din beton și în multe alte cazuri.

Facem totalurile

Corpurile solide, lichidele și gazele în timpul încălzirii de obicei se dilată, iar în timpul răcirii se comprimă. Corpurile solide și lichidele se dilată cu mult mai puțin decât gazele. Schimbarea dimensiunilor corpului în urma variației temperaturii depinde de materialul, din care este confecționat acest corp.

Cauza dilatării termice constă în aceea, că odată cu creșterea temperaturii crește viteza mișcării particulelor substanței (atomilor, moleculelor, ionilor) și ca urmare crește distanța medie dintre particule.

Fenomenul de dilatare termică se ia în considerație și se utilizează pe scară largă în tehnică și viața de toate zilele. El joacă un rol foarte important în natură.

Întrebări pentru control

1. Dați exemple pentru a confirma faptul, că corpurile solide, lichidele și gazele se dilată în timpul încălzirii.
2. Descrieți experimente, care demonstrează dilatarea termică a gazelor, lichidelor, corpurilor solide.
3. În ce constă cauza măririi volumului corpurilor în timpul încălzirii?
4. De ce depinde (în afară de temperatură) schimbarea dimensiunilor corpurilor în timpul încălzirii sau răcirii acestora?
5. Care sunt caracteristicile specifice ale dilatării termice a apei?
6. Dați exemple de dilatare termică în tehnică, viața de toate zilele.



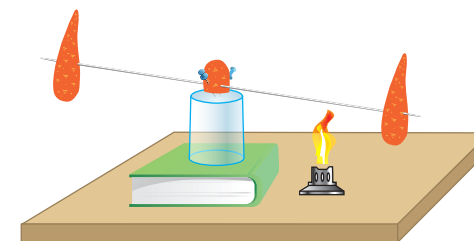
Exercițiul Nr. 2

1. Alegeți toate sfârșiturile de propoziții corecte.
Când corpul se răcește, atunci se micșorează...
a) viteza mișcării particulelor lui c) numărul de particule ale corpului
b) distanța dintre particule d) dimensiunile particulelor corpului
2. Cum se va schimba volumul unui balonul cu aer, dacă el va fi adus dintr-o încăpere rece în alta caldă? Explicați răspunsul.
3. Amintiți-vă experimentul cu bila de cupru, care în rezultatul încălzirii se oprește în inel (vezi. fig. 2.3). Cum s-au schimbat în urma încălzirii: volumul, masa, densitatea bilei; viteza medie de mișcare a particulelor bilei?
4. Imaginați-vă, că termometrul pentru măsurarea temperaturii afară în loc de spirt este umplut cu apă. De ce un asemenea termometru nu va fi comod?
5. De ce pe aparatele de măsură de precizie înaltă se indică temperatura?
6. Dacă într-un borcan rece din sticlă se va turna apă fierbinte (sau invers – se va turna apă rece într-un borcan fierbinte), borcanul poate să crape. Explicați acest lucru din punct de vedere al dilatării termice a corpurilor.
7. O bilă de metal cade pe podea de la o anumită înălțime. Ce transformări ale energiei mecanice au loc în timpul căderii bilei? Unde «dispare» energia mecanică a bilei după ciocnirea de podea?



Insărcinări experimentale

1. «Balanța termică». Confecționați o «balanță», care reacționează la diferența de temperaturi (vezi desenul).



Pentru aceasta:

- 1) treceți un ac de tricotat din oțel printr-o bucată de morcov;
 - 2) pe ambele părți ale acului de tricotat înfigeți în bucata de morcov două ace de siguranță, iar la fiecare capăt al acului de tricotat înfigeți câte un morcov mic, astfel încât cea mai mare parte a morcovului să fie situată în partea de jos;
 - 3) fixați acele cu gămălie cu vârfurile pe fundul păharului și, deplasând morcovii, echilibrați «balanța».
- Așezați sub unul dintre brațele «balanței» o lumânare aprinsă – după un anumit timp acest braț se va lăsa în jos; înlăturați lumânarea – brațul se va întoarce la poziția sa inițială. Explicați fenomenul observat.
2. Cum se poate demonstra cu ajutorul unei plăcuțe, unui ciocan și două cuișoare, că dimensiunea unei monede se mărește în urma încălzirii? Efectuați experimentul corespunzător, folosind neapărat o pensetă (clește). Explicați fenomenul observat.



Experiență video. Vizionați videoclipul și explicați fenomenul observat.

§ 3. ENERGIA INTERNĂ

La știri atunci, când e vorba despre cercetări spațiale, voi ați putut să auziți ceva de genul: «Satelitul a intrat în atmosfera Pământului și și-a încetat existența sa». Dar e clar, că satelitul avea o energie mecanică enormă – cinetică, deoarece el se mișca, și potențială deoarece el se afla sus deasupra Pământului. Unde totuși a dispărut energia enormă a satelitelui? Fizicienii explică, că această energie s-a transmis particulelor (moleculilor, atomilor, ionilor) aerului și părților satelitelui, adică s-a transformat în energia din interiorul substanțelor. Această energie se numește internă. Despre aceea, ce este energia internă va fi vorba în continuare.

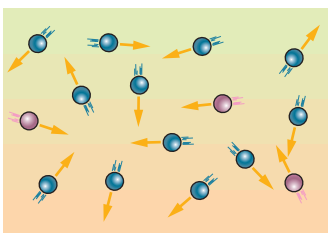


Fig. 3.1. Fiecare particulă a substanței se află în stare de mișcare haotică necontenită, datorită cărui fapt are energie cinetică



Fig. 3.2. Energia cinetică sumară a particulelor de aer, de exemplu, într-un dulap mare constituie aproximativ 0,4 MJ. Această energie este suficientă, pentru ca toți elevii din clasa voastră să fie ridicați la o înălțime de aproximativ 25 m

1 Facem cunoștință cu noțiunea de energie internă

Noi deja am atras atenția asupra faptului, că din cauza mișcării termice *fiecare particulă a substanței întotdeauna are energie cinetică* (fig. 3.1).

Bineînțeles, că valoarea energiei cinetice a unei particule aparte este mică, deoarece masa particulei este foarte mică. În același timp numărul de particule într-o unitate de volum al substanței este imens de mare, și de aceea energia cinetică totală este suficient de mare (fig. 3.2).

În afară de energie cinetică, particulele substanței au și energie potențială, deoarece (amintiți-vă teoria cinetico-moleculară) interacționează una cu alta – se atrag și se resping.

Suma energiilor cinetice a mișcării termice a particulelor, din care este compus corpul și a energiilor potențiale de interacțiune a lor se numește **energie internă a corpului**.

Unitatea de măsură a energiei interne în SI este Joule (J).

Amintiți-vă alte mărimi fizice, unitatea de măsură a cărora în SI este joule.

2 Aflăm, când variază energia internă a corpului

Măsura energiei cinetice medii de mișcare a particulelor substanței, din care este compus corpul este temperatura. Odată cu variația temperaturii variază și energia cinetică totală a tuturor particulelor și, prin urmare, variază energia internă a corpului.

În afară de aceasta, cu variația temperaturii corpul se dilată sau se comprimă. Totodată se schimbă distanța dintre particulele substanței și,

ca consecință, variază energia potențială a interacțiunii lor. Aceasta, la rândul său, provoacă variația energiei interne a corpului.

Așadar, *energia internă a corpului variază odată cu variația temperaturii lui: la mărirea temperaturii corpului energia lui internă se mărește, iar la micșorarea temperaturii – se micșorează*.

De asemenea, *energia internă se schimbă odată cu schimbarea stării de agregare a substanței*: în timpul schimbării stării de agregare a substanței se schimbă pozițiile reciproce ale particulelor ei, adică se schimbă energia potențială de interacțiune a lor (fig. 3.3). De exemplu, în timpul topirii substanței energia ei internă crește, iar în timpul cristalizării – scade (fig. 3.4). Mai detaliat despre acest lucru, veți afla la sfârșitul capitolului I «Fenomene termice».

3 Facem deosebire dintre energiile internă și mecanică

În timpul studierii mecanicii s-a vorbit despre aceea, că suma energiilor cinetice și potențiale ale unui sistem de corpuri se numește energie mecanică totală a acestui sistem. Unii dintre voi, probabil, ar putea spune: «Reiese, că energia internă și energia mecanică – este una și aceeași!» Dar nu e așa.

Ceva asemănător din punct de vedere formal, aceste noțiuni diferă în mod semnificativ prin esența sa – ele chiar și se studiază în capitole diferite ale fizicii. Cu timpul, voi veți afla mai multe despre aceasta, iar acum vom menționa doar câteva deosebiri.

Atunci când se studiază energia mecanică, se referă la unul sau mai multe corpuri. Dar, atunci când se studiază energia internă, se referă la mișcarea și interacțiunea unui număr foarte mare de particule (de exemplu, în 1 g de apă se conțin mai mult de 10^{22} molecule!). Bineînțeles, că în cazul energiei interne nu pot fi urmărite caracteristicile individuale ale fiecărei particule, de aceea fizicienii folosesc numai *caracteristicile medii* (despre energia cinetică medie voi deja știți).

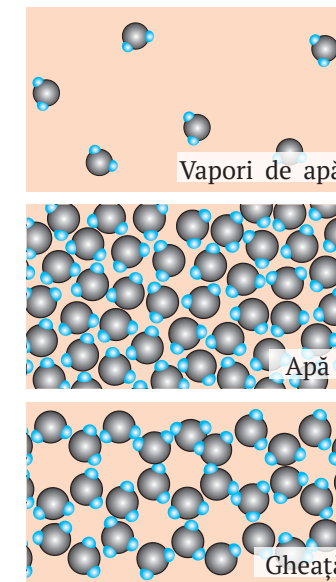


Fig. 3.3. În diferite stări de agregare poziția reciprocă a moleculelor substanței este diferită, de aceea diferă și energia potențială de interacțiune a moleculelor



Fig. 3.4. La aceeași temperatură energia internă a gheții este mai mică decât energia internă a aceleiași mase de apă

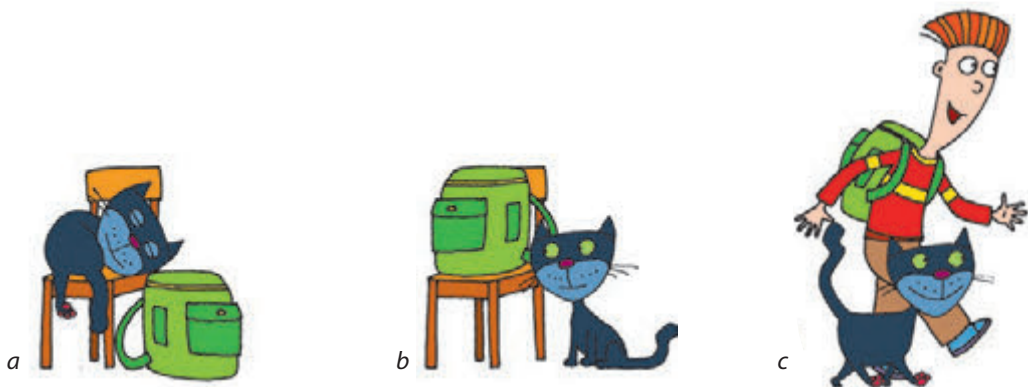


Fig. 3.5. Energia mecanică a rucsacului, ce se află pe podea (a), stă pe scaun (b) sau se mișcă împreună cu băiatul (c) este diferită, dar energia internă – aceeași

Energia mecanică depinde de mișcarea și poziția corpului fizic în raport cu alte corpuri sau a părților corpului una în raport cu cealaltă. În schimb, energia internă este determinată de caracterul mișcării și interacțiunii numai a particulelor corpului. Astfel, energia mecanică a unui rucsac, ce se află pe podea, stă pe un scaun sau «călătorește» prin coridorul școlar este diferită, dar energia internă la temperatură constantă va fi aceeași (fig. 3.5).



Facem totalurile

Orice corp fizic are energie internă. Energia internă a corpului – aceasta-i suma dintre energiile cinetice ale tuturor particulelor, din care este compus corpul și energiile potențiale a interacțiunii lor.

Energia internă a corpului variază odată cu variația temperaturii lui și în procesul schimbării stării de agregare a substanței, din care este compus corpul.



Întrebări pentru control

1. De ce particulele substanței au energie potențială? întotdeauna au energie cinetică? 2. Ce se numește energie internă a corpului? 3. De ce depinde energia internă a corpului? 4. Atâta timp cât gheața se topește, temperatura ei nu se schimbă. Se schimbă oare în acest caz energia internă a gheții? 5. Poate oare avea corpul energie internă, dar să nu posede în acest caz energie mecanică?



Exercițiul Nr. 3

1. Dacă o piatră va fi ridicată de pe suprafața pământului, atunci energia potențială a pietrei, și prin urmare, a fiecăreia dintre particulele ei se mărește. Înseamnă oare aceasta, că energia internă a pietrei, de asemenea, s-a mărit? Argumentați răspunsul.
2. O minge a fost aruncată în sus. Cum în timpul mișcării mingii se schimbă energia ei internă? energia mecanică? Rezistența aerului neglijați-o.



- Cum se schimbă energiile mecanică și internă a unei sticle cu apă în rucsacul vostru atunci, când voi intrați pe vreme geroasă de afară într-o încăpere caldă? urcați la etajul doi al clădirii? vă accelerați mișcarea pe coridorul școlar?
- O bila de metal a fost suspendată de un fir și încălzită. Cum s-a schimbat energia internă a bilei? energia mecanică a bilei?
- Stabiliți corespondența dintre energia mecanică și formula pentru calculul ei.

- | | |
|--|---------------|
| 1 Energia cinetică | A mgh |
| 2 Energia potențială a unui corp ridicat | B Fl |
| 3 Energia mecanică totală | C $E_c + E_p$ |
| | D $mv^2/2$ |



§ 4. METODE DE SCHIMBARE A ENERGIEI INTERNE

Amintiți-vă, cum colegii voștri se reîntorc la școală, după ce în pauză s-au jucat cu bulgări de zăpadă. Unii își freacă energic mâinile, alții le apropie de bateriile calde. Pentru ce ei fac aceasta? Pentru a încălzi mâinile înghețate! Dar prin ce se deosebesc metodele de încălzire prin frecare și prin contactul cu un corp, care are o temperatură mai mare?

1 Facem cunoștință cu procesul de transmitere a căldurii și noțiunea de cantitate de căldură

Să ne amintim câteva exemple din viață: dacă se va scoate din priză fierul de călcat fierbinte, peste un anumit timp el se va răci (fig. 4.1); lingurița rece, fiind scufundată în ceaiul fierbinte neapărat se va încălzi. În fiecare dintre aceste exemple se schimbă temperatura corpurilor și aceasta înseamnă, că se schimbă energia lor internă. În același timp asupra acestor corpuri nu se efectuează lucru și însuși corpurile de asemenea nu efectuează nici un lucru. În asemenea cazuri, se spune despre *transmiterea de căldură*.

Procesul de schimbare a energiei interne a corpului fără efectuarea lucrului se numește **transmitere de căldură (schimb de căldură)**.

Pentru a caracteriza cantitativ transmiterea de căldură se folosește noțiunea de *cantitate de căldură*.

Cantitatea de căldură – aceasta-i mărimea fizică, ce este egală cu energia, pe care corpul o primește sau o cedează în timpul transmiterii de căldură.

Cantitatea de căldură se notează cu simbolul Q . *Unitatea de măsură a cantității de căldură în SI este – joule (J)*:*

$$[Q] = 1 \text{ J.}$$

* Pentru măsurarea cantității de căldură din cele mai vechi timpuri se folosea așa o unitate ca caloria (de la cuv. latin *calor* – căldură). Astăzi această unitate adesea se folosește pentru calculul energiei, ce se degajă în urma digestiei: 1 cal = 4,2 J.



Fig. 4.1. Fierul de călcat fierbinte se răcește – transmite o anumită cantitate de căldură în mediul înconjurător, până când nu se stabilește echilibrul termic



Fig. 4.2. Benjamin Thompson (contele Rumford) (1753–1814), fizician englez. La sfârșitul secolului al XVIII-lea a demonstrat pentru prima dată pe cale experimentală, că căldura – aceasta-i energia, care poate fi obținută pe contul efectuării lucrului

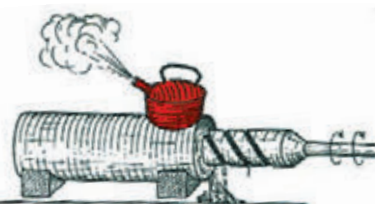


Fig. 4.3. Schema experimentului lui Rumford: apa în oala, pusă pe calapodul țevii de tun, fierbe în timpul sfredelirii țevii

Cantitatea de căldură, la fel ca și lucrul mecanic poate avea valoare atât pozitivă, cât și negativă. În cazul, când corpul primește energie, cantitatea de căldură primită de el se consideră pozitivă; când corpul cedează energie, cantitatea de căldură consumată de el se consideră negativă.

Experimentele confirmă: *transmiterea de căldură este posibilă numai în cazul prezenței diferenței de temperaturi, totodată de sine stătător căldura se poate transmite numai de la un corp cu o temperatură mai mare la un corp cu o temperatură mai scăzută.*

Cu cât este mai mare diferența de temperaturi, cu atât mai repede are loc transmiterea de căldură, restul condițiilor fiind constante. Schimbul de căldura va continua până când temperaturile corpurilor nu vor deveni egale, adică, între corpuri nu se va stabili *echilibrul termic*.

2 Schimbăm energia internă, efectuând lucru

Numeroase observații și experimente ne conving: *chiar și în lipsa schimbului de căldură energia internă a corpului se poate mări, dacă asupra corpului se efectuează un lucru.* Pentru prima dată aceasta a fost dovedit de către fizicianul englez *Benjamin Thompson* (fig. 4.2, 4.3).

Astfel, lucrul forțelor de frecare ale anvelopelor automobilului pe suprafața drumului duce la mărirea energiei interne a anvelopelor și suprafeței drumului. Dovada acestui fapt – încălzirea lor în timpul mișcării automobilului. În mod similar, dacă se vor freca intens palmele una de alta, energia lor internă se mărește (fig. 4.4).

Cu fenomenul descris se are de afaceră în tehnică. De exemplu, în procesul prelucrării pieselor metalice din cauza lucrului forțelor de frecare crește cu mult temperatura atât a instrumentului (burghiului, frezei, etc.), precum și a detaliilor, care sunt prelucrate.

? Examinați fig. 4.3 și explicați, de ce apa din oală începe să fiarbă.

Dar cum se schimbă energia internă a corpului, dacă el însuși efectuează lucru? Să efectuăm o experiență.

Să luăm un vas de sticlă cu pereții groși, fundul căruia este acoperit cu un strat de apă. Deoarece apa se evaporă, în vas vor fi vapori de apă. Vom astupa vasul cu un dop și prin el vom trece un tub. Unim tubul la o pompă și începem a pompa în vas aer.

Peste un anumit timp dopul va zbura, în același timp în vas se va forma ceață – mici picături de apă, care s-au format din vaporii de apă (fig. 4.5). Apariția ceții are loc în cazul micșorării temperaturii. Așadar, temperatura aerului din vas a scăzut, în mod corespunzător s-a micșorat și energia internă a aerului. Astfel, aerul a efectuat un lucru mecanic (a împins dopul) pe contul energiei sale interne. *Dacă corpul însuși efectuează un lucru, atunci energia internă se mărește.*

Facem totalurile

Există două metode de schimbare a energiei interne a corpului: efectuarea lucrului și transmiterea de căldură.

Procesul schimbării energiei interne a corpului, fără efectuarea lucrului se numește transmitere de căldură. Energia în procesul transmiterii de căldură poate trece de sine stătător numai de la un corp cu o temperatură mai mare la un corp cu o temperatură mai mică.

Cantitatea de căldura – aceasta-i mărimea fizică, care este egală cu energia internă, pe care corpul o primește sau o cedează în timpul transmiterii de căldură. Cantitatea de căldură se notează cu simbolul Q și se măsoară în joule (J).

Dacă în lipsa transmiterii de căldură asupra corpului se efectuează lucru, energia internă a corpului se mărește și dacă corpul însuși efectuează lucru, energia internă se micșorează.

Întrebări pentru control

- Prin care metode se poate schimba energia internă a corpului?
- Ce se numește transmitere de căldură?
- Dați exemple de transmitere de căldură.
- Ce se numește cantitate de căldură?
- Numiți unitatea de măsură a cantității de căldură.
- Dați exemple de schimbare a energiei interne a corpului în urma efectuării lucrului.
- Cum se schimbă energia internă a corpului în cazul, când el efectuează un lucru? în cazul, când asupra lui se efectuează un lucru? Considerați, că schimbul de căldura cu corpurile din jur lipsește?



Fig. 4.4. Dacă se freacă intens palmele una de alta, ele se încălzesc – energia lor internă se mărește în urma efectuării lucrului



Fig. 4.5. Experiment, care confirmă faptul, că în timpul efectuării lucrului de către aer energia lui internă se micșorează. Dovada acestui fapt este apariția ceții în vas


Exercițiul Nr. 4

1. Prin ce se deosebesc metodele de încălzire ale mâinilor prin frecare și în urma interacțiunii cu un corp, care are o temperatură mai mare?
2. Dați exemple de două metode de aprindere a chibritului: a) prin efectuarea lucrului; b) prin transmiterea de căldură.
3. De ce militarii, ce desantează dintr-un elicopter pe funii își îmbracă mănuși?
4. Oare este adevărată afirmația, că în timpul transmiterii de căldură energia întotdeauna trece de la un corp cu o energie internă mai mare la un corp cu o energie internă mai mică? Argumentați-vă răspunsul.
5. Dați exemple de schimbare a energiei interne a corpului, când în același timp se efectuează lucru și are loc transmiterea de căldură. Oare poate în asemenea cazuri energia internă să rămână constantă?
6. Amintiți-vă și notați principiile de bază ale teoriei cinetico-moleculare a structurii substanței.


Însărcinare experimentală

«Cocktail de apă». Turnați într-un vas o cantitate mică de apă la temperatura camerei. Măsurați temperatura apei. Amestecați cu mixerul apa timp de aproximativ 1 minută. Din nou măsurați temperatura apei. Faceți concluzie.


i
§ 5. CONDUCTIBILITATEA TERMICĂ

De ce locuitorii din regiunile de arșiță ale Asiei Centrale poartă pe timp de vară halate de vată? Cum de făcut ca înghețata să nu se topească repede pe arșița verii, dacă în apropiere nu există nici un frigider? În ce fel de încălțăminte vor îngheța mai repede picioarele – strâmtă sau largă? După studierea materialului din acest paragraf veți putea da răspuns corect la toate aceste întrebări.

1 Facem cunoștință cu mecanismul conductibilității termice

Să efectuăm o experiență. Să fixăm câteva pioaneze cu ajutorul cerii de-a lungul unei tije de cupru, fixând-o anterior în mufa stativului. Vom începe a încălzi capătul liber al tije în flacăra arzătorului. Peste un oarecare timp, vom vedea, că piunezele cad pe rând pe masă (fig. 5.1).

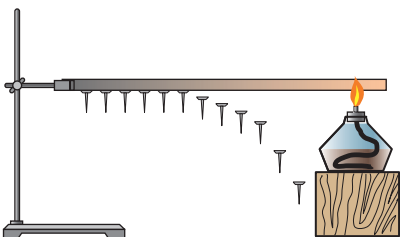


Fig. 5.1. Experiență, care demonstrează conductibilitatea termică a metalelor

Pentru a explica acest fenomen ne vom folosi de cunoștințele din teoria cinetico-moleculară. Particulele în metal încontinuu se mișcă: ionii oscilează în jurul poziției de echilibru; mișcarea electronilor liberi seamănă cu mișcarea moleculelor gazului. Când capătul tije se introduce în flacăra arzătorului, această parte a tije se încălzește. Viteza de mișcare a particulelor metalului, care se află nemijlocit

în flacăra se mărește. Aceste particule interacționează cu particulele vecine și le «agită» pe ele. Ca urmare se mărește temperatura următoarei părți ale tije și așa mai departe. Cu alte cuvinte, de-a lungul tije trece un «flux» de căldură, care treptat încălzește metalul. Energia se transmite de la metal la cea-ră, el se înmoaie, și din această cauză piunezele una după alta cad de pe tijă. *Atrageți atenția:* în timpul acestui proces substanța însăși (cuprul) nu se deplasează de la un capăt al tije la altul.

Conductibilitatea termică – aceasta-i modul transmiterii de căldură, care este condiționat de mișcarea haotică și interacțiunea particulelor substanței și nu este însoțit de deplasarea acestei substanțe.

2 Ne convingem, că diferite substanțe au conductibilitate termică diferită

Probabil, voi ați observat, că unele substanțe conduc căldura mai bine decât altele. Astfel, dacă sunt introduse într-un pahar de ceai fierbinte două lingurițe – de oțel și de cupru, atunci cea de cupru se va încălzi mult mai repede. Aceasta înseamnă, că cuprul conduce mai bine căldura decât oțelul.

Experiențele au arătat, că unii dintre cei mai buni conductori de căldură sunt metalele. Lemnul, sticla, numeroase tipuri de materiale plastice conduc mult mai rău căldura, tocmai din această cauză noi putem, de exemplu, să ținem chibritul aprins până, când flacăra va atinge degetele (fig. 5.2, a).

Lichidele de asemenea conduc rău căldura (cu excepția metalelor topite). Să facem o experiență. Să punem pe fundul unei eprubete cu apă rece o bucată de gheață și pentru ca gheața să nu se ridice la suprafață o fixăm cu o greutate (fig. 5.2, b). Vom încălzi cu ajutorul spirtierei stratul superior al apei. După un anumit timp, apa de lângă suprafață va începe să fiarbă, iar gheața de la fundul eprubetei încă nu se va topi.

Și mai rău decât lichidele conduc căldura gazele. Acest lucru este ușor de explicat. Distanța dintre moleculele gazului este mult mai mare, decât distanța dintre moleculele lichidelor și a corpurilor solide. Așadar, ciocnirea particulelor și, prin urmare, transmiterea energiei de la o particulă la alta va avea loc mai rar.

Fibrele de sticlă, vata, blana foarte slab conduc căldura, deoarece, în primul rând, între fibrele lor este aer, iar în al doilea rând – aceste fibre însuși de la sine rău conduc căldura.

- ?** Examinați fig. 5.3, 5.4. Explicați de ce diferite detalii ale instrumentelor de bucătărie sunt confecționate din materiale diferite? De ce casele se construiesc din lemn sau cărămidă? De ce căptușeala scurtelor se umple cu puf?

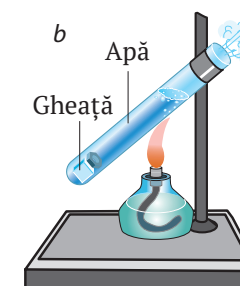
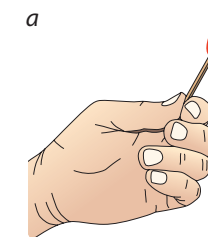


Fig. 5.2. Experiențe, ce demonstrează conductibilitatea termică mică a lemnului (a) și a apei (b)



Fig. 5.3. Acolo, unde trebuie repede de transmis căldura se folosesc substanțe cu conductibilitate termică mare



Fig. 5.4. Pentru a evita răcirea corpurilor (sau pentru a micșora încălzirea lor), se folosesc substanțe cu conductibilitate termică scăzută

3 Atragem atenția la conductibilitatea termică în natură, în viața omului

Voi, probabil, știți, că animalele domestice primăvara și toamna năpârlesc. Primăvara blana animalelor devine mai scurtă și mai rară, însă toamna invers – mai lungă și mai deasă. Lâna, blana, puful conduc rău căldura și apără bine corpul animalelor de răcire.

Animalele, ce viețuiesc sau vânează în mările reci, au sub piele un strat gros de grăsime, care datorită conductibilității mici le permite să se afle în apă un timp îndelungat fără a îngheța prea mult.

Multe insecte iarna se îngroapă adânc în pământ – proprietățile lui de termoizolare bune le permit insectelor să supraviețuiască chiar și la înghețuri severe. Unele plante din pustie sunt acoperite cu fibre mici: aerul dintre ele împiedică schimbul de căldură cu mediul înconjurător.

Omul în diferite domenii ale activității folosește unele substanțe sau altele, luând în considerație conductibilitatea termică a lor. Substanțele cu o conductibilitate termică mai bună le aplică acolo, unde trebuie repede de transmis căldura de la un corp la altul. De exemplu, oalele, tigăile, bateriile de încălzire etc. sunt confecționate din metale.

Acolo unde este necesar de a preveni încălzirea sau răcirea corpurilor, se folosesc substanțe, care conduc rău căldura. De exemplu, mânerul din lemn al ibricului ne permite să turnăm cafeaua fără a folosi mânușile, iar în conductele de apă, care sunt așezate adânc sub pământ, apa nu îngheață și la geruri severe ș.a.m.d.



Facem totalurile

Conductibilitatea termică – aceasta-i modul transmiterii de căldură, care este condiționat de mișcarea haotică și interacțiunea particulelor substanței și nu este însoțit de deplasarea acestei substanțe.

Diferite substanțe și substanțele în diferite stări de agregare conduc diferit căldura. Unele dintre cele mai bune conducătoare de căldură sunt metalele, cele mai rele – gazele. Oamenii folosesc pe scară largă în activitatea sa proprietatea substanțelor de a conduce în mod diferit căldura.



Întrebări pentru control

1. Ce se numește conductibilitate termică? **2.** Descrieți experiența, care demonstrează, că metalele conduc bine căldura. **3.** Cum are loc transmiterea energiei în cazul conductibilității termice? **4.** În ce stare substanța conduce mai rău căldura – în cea solidă, lichidă sau gazoasă? **5.** De ce animalele nu îngheață chiar și la ger mare? **6.** Care materiale conduc bine căldura? Unde ele se folosesc? **7.** Numiți materialele, care conduc rău căldura. Unde ele se folosesc?



Exercițiul Nr. 5

1. De ce expresia «șuba încălzește» este greșită din punct de vedere al fizicii? **2.** De ce ramele duble la geamuri contribuie la o mai buna izolare termică? **3.** De ce sub fân zăpadă mult timp nu se topește? **4.** De ce în timpul iernilor fără zăpadă semănăturile de toamnă suferă de ger? **5.** La temperatura camerei obiecte din metal la pipăit par mai reci decât cele din lemn. De ce? În ce condiții obiectele din metal vor părea la pipăit mai calde decât lemnul? e aceeași temperatură? **6.** Un balon de aer se află la o anumită înălțime. Cum se va comporta balonul, dacă temperatura aerului în interiorul balonului se va mări? se va micșora?



Însărcinare experimentală

«*Încălzim gheața*». Luați două bucăți de gheață, fiecare puneți-o separat într-o pungă de plastic. Una dintre pungile înfășurați-o cu grijă cu vată sau cu un prosop de bumbac. Pune-ți pungile în farfuria și puneți-le în dulap. Peste o oră deschideți pungile. Explicați rezultatul.

Fizica și tehnica în Ucraina



Institutul materialelor supra dure V. M. Baculi al ANȘ a Ucrainei (Kiev) – unul dintre cele mai mari centre științifice de cercetare ale științei materialelor din Europa.

Inițiatorul creării (a. 1961) și primul director al Institutului – *Valentin Măcolaiovici Baculi* (1908–1978). La baza elaborării tehnologiei de obținere a materialelor supra dure au fost puse lucrările academicianului *L. F. Vereșceaghin*.

În Institut au fost create direcții noi contemporane de cercetare a materialelor: sinteza cristalelor mari de diamant de mare duritate de culori diferite, obținerea diamantelor și a peliculelor pentru acoperire cu diamant cu proprietăți speciale, ceramica de temperatură înaltă, știința materialelor pentru calculatoare. Realizările institutului sunt utilizate în construcția de mașini, industria de construcții, dobândirea și prelucrarea pietrei naturale, forajele de explorări geologice, electronică, optică, medicină etc.

Din 1995 institutul este o organizație de frunte în concernul științifico-tehnologic de diamante Alcon, ale căruia produse se bucură de succes, atât în Ucraina, cât și în multe țări din lume.



§ 6. CONVECȚIA

Imaginați-vă amiaza unei zile dogorătoare de vară, malul mării. Apa la suprafață este caldă, iar straturile ei inferioare mai reci. Dinspre apă bate un vânt ușurel. Însă știți voi oare, de ce apare acest vânt, doar puțin mai departe de apă copacii nici nu se clintesc? Și de ce s-a încălzit numai stratul superior al apei, doar soarele încălzește deja destul de demult. Vom încerca să dăm răspuns la aceste întrebări și la un șir de altele.

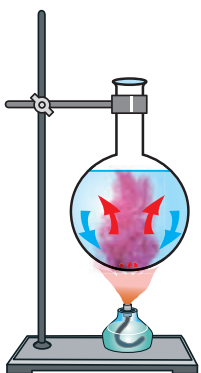


Fig. 6.1. Experiment, care demonstrează convecția în lichid. Curenții calzi colorați de apă se ridică, iar cei reci – coboară



Fig. 6.2. Curenții ascendenți de aer fierbinte, acționând asupra unei moriști ușoare din metal, îi comunică o mișcare destul de rapidă

1 Urmărim convecția în lichide și gaze

Voi deja știți, că gazele și lichidele conduc rău căldura. Dar de ce atunci se încălzește aerul în cameră de la bateriile încălzirii cu apă? De ce se încălzește apa în oala, pusă pe plita aprinsă? De ce se răcește băutura, dacă în ea se pune un cub de gheață?

Pentru a răspunde la aceste întrebări, vom purcede la experiențe.

Umplem trei sferturi dintr-o retortă cu fundul rotund cu apă și o fixăm în cleștele stativului. Cu o vergea de sticlă punem pe fundul retortei câteva fărâmituri de acuarelă. Apoi vom încălzi retorta de la fund. Peste un anumit timp de la fundul retortei vor începe să se ridice curenți colorați de apă. Ajungând la straturile superioare ale apei, ei vor coborî de-a lungul pereților mai reci ai retortei (fig. 6.1); în continuare procesul se va repeta. În rezultat va avea loc amestecarea naturală a părților încălzite și neîncălzite ale lichidului.

Un asemenea proces poate avea loc și în gaze. Pentru a ne convinge în aceasta, e suficient să se țină palma deasupra unui reșou electric încălzit sau a unui bec electric aprins. Curenții de aer cald, ce se ridică pot chiar să rotească o morișcă ușoară (fig. 6.2).

În exemplele aduse se urmărește încă un mod de transmitere a căldurii – *convecția*.

Convecția – aceasta-i modul de transmitere a căldurii, care are loc pe calea transmiterii căldurii de către curenții de lichid sau gaz.

Atrageți atenția: *convecția nu poate avea loc în corpurile solide*, deoarece în ele nu pot apărea curenți de substanță.

2 Facem cunoștință cu mecanismul convecției

Să stabilim cauzele apariției *convecției naturale*. Pentru aceasta imaginar vom delimita un volum mic de lichid la fundul unui vas, care se află deasupra arzătorului.

Voi știți: asupra oricărui corp, ce se află în interiorul lichidului (sau gazului) acționează forța de greutate și forța lui Arhimede. Aceleași forțe acționează asupra oricărui volum mic propriu a lichidului (fig. 6.3). După cum se știe, în cazul ridicării temperaturii lichidul se dilată, densitatea lui se micșorează și forța lui Arhimede, ce acționează asupra volumului de lichid delimitat, devine mai mare, decât forța de greutate. Ca urmare lichidul încălzit (care are o densitate mai mică) iese la suprafață, iar lichidul rece (care are o densitate mai mare) se lasă la fund.

Considerente similare se adevăresc și pentru gaze.

Deseori amestecarea naturală a straturilor lichidului sau gazului este imposibilă sau insuficientă. În așa cazuri se recurge la amestecarea lor artificială – *convecție forțată* (fig. 6.4). Amestecarea forțată a aerului se realizează, de exemplu, în nava cosmică, în condițiile imponderabilității, unde nu acționează forța lui Arhimede.

3 Observăm convecția în natură și o aplicăm în viața de toate zilele

Convecția naturală are o mare însemnătate în natură și se utilizează pe larg de către om.

Din cursul de geografie voi știți, că unul dintre factorii, ce influențează asupra climei Pământului este vânturile. Dar știți voi oare, că una dintre principalele cauze ale apariției vânturilor pe planetă este convecția (fig. 6.5)?

Să examinăm, de exemplu, cum se formează *briza* – vântul, ce apare în apropierea malului mării sau a unui lac mare. Ziua uscatul se încălzește mai repede decât apa, de aceea temperatura aerului deasupra uscatului este mai mare, decât deasupra suprafeței apei. Aerul deasupra uscatului se dilată, densitatea lui se micșorează și aerul se ridică în sus.

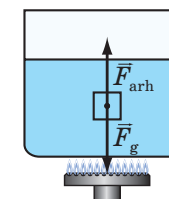


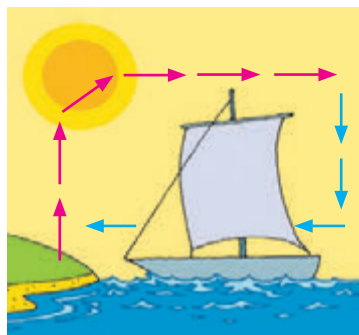
Fig. 6.3. Asupra oricărui volum mic de lichid, situat în interiorul lichidului, acționează forța de greutate și forța lui Arhimede



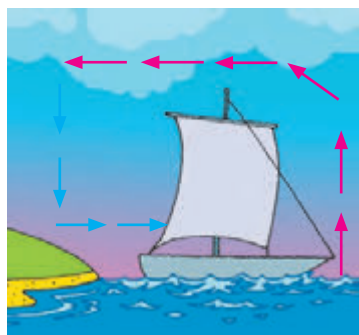
Fig. 6.4. Apa în vas se încălzește datorită convecției naturale. Pentru o încălzire mai uniformă, de exemplu a unui terci des, gospodina trece la convecția forțată – amestecă terciul cu lingura



Fig. 6.5. Vânturile puternice – aceștea-s curenți de convecție puternici (I. C. Aivazovski «Al-nuălea val»)



a



b

Fig. 6.6. Formarea brizelor – de zi și de noapte – se explică prin convecție: a – briza de zi (marină); b – briza de noapte (de uscat)

În rezultat presiunea deasupra uscatului scade și aerul rece din mare începe pe jos să se deplaseze spre uscat – *apare briza de zi (marină)* (fig. 6.6, a).

? Încercați să explicați, cum se formează *briza de noapte (de uscat)* (fig. 6.6, b). *Sugestie:* uscatul se răcește mai repede decât apa.

Din cauza încălzirii neuniforme a apei apar curenții permanenți de apă în mări și oceane. Curenții oceanici, ca și vânturile joacă un rol important în formarea climei pe planeta noastră.

Cu convecție, noi avem de-a face nu numai în natură, ci și în viața de toate zilele. Astfel, în urma convecției se realizează încălzirea (fig. 6.7) și răcirea locuințelor. Datorită convecției se încălzește supă în oală. Crearea tragerii, de asemenea, este o manifestare a convecției (fig. 6.8). Aerul din sobă se încălzește și se dilată, densitatea lui se micșorează și aerul cald merge în sus, în horn. Ca urmare, presiunea aerului în jurul lemnului și în horn scade și devine mai mică decât presiunea din cameră; ca rezultat, aerul rece îmbogățit cu oxigen curge spre lemne.

Facem totalurile

Convecția – aceasta-i modul de transmitere a căldurii, care are loc pe calea transmiterii căldurii de către curenții de lichid sau gaz. În corpurile solide, acest mod de transmitere de căldură este imposibil. Se deosebesc convecțiile naturală și forțată.

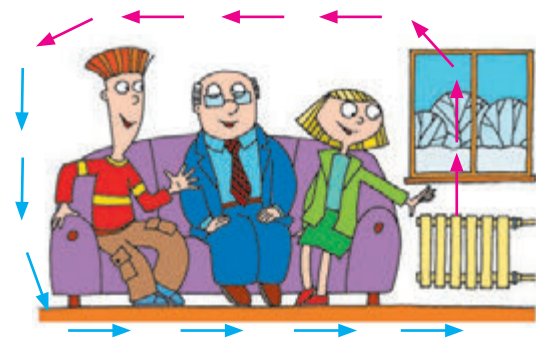


Fig. 6.7. O mică baterie termică încălzește întreaga încăpere datorită convecției

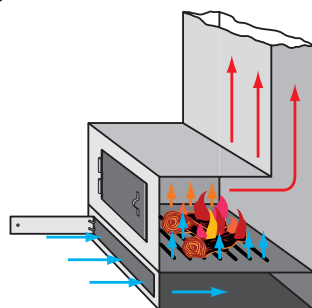


Fig. 6.8. Crearea tirajului: aerul rece îmbogățit cu oxigen nimereste în sobă datorită convecției

Convecția naturală poate fi explicată prin prezența forței lui Arhimede și fenomenul de dilatare termică. Straturile calde de lichid sau gaz se ridică în sus (ele au o densitate mai mică), iar cele reci (de densitate mai mare) – se lasă în jos.

Întrebări pentru control

1. Descrieți experimentul pentru demonstrarea faptului, că în timpul încălzirii curenții calzi de lichid se ridică în sus, iar cei reci – se lasă în jos.
2. Ce este convecția?
3. Care este diferența dintre convecție și conductibilitate termică?
4. Numiți cauzele apariției convecției naturale.
5. Este oare posibilă convecția în substanțele, care se află în stare solidă? Argumentați-vă răspunsul.
6. Ce se numește convecție forțată?
7. Dați exemple, ce confirmă convecția în natură și în viața omului.

Exercițiul Nr. 6

1. De ce limbile flăcării se ridică în sus?
2. De ce vara apa din râu, la o adâncime mai mare este mai rece decât la suprafață?
3. Unde e mai bine de așezat un vas cu apă pentru a-l încălzi mai repede: deasupra arzătorului, sub arzător sau în partea laterală a lui? Unde e mai bine de așezat un balon cu apă pentru a răci mai repede apa din el cu ajutorul gheții: pe gheață, sub gheață sau lângă ea? Argumentați răspunsurile.
4. De ce nu cad norii?
5. Folosiți-vă de surse suplimentare de informații și aflați, cum este aplicat fenomenul convecției în tehnică. Pregătiți o scurtă prezentare.
6. În manometrul cu lichid, brațul stâng al căruia este deschis în atmosferă, se conține apă (fig. 1). Care presiune este mai mare – cea atmosferică sau presiunea în balon? Cu cât se deosebește presiunea în balon de cea atmosferică?

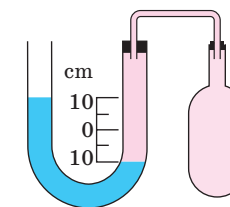


Fig. 1

Însărcinări experimentale

1. Sub supravegherea adulților, aprinde-ți o lumânare pe suport și urmărește direcția curenților de convecție de-a lungul ușii deschise (vezi. fig. 2). Explicați rezultatele observației.
2. Tăiați un dreptunghi dintr-o foaie subțire de hârtie, îndoiți-o după liniile medii și apoi îndreptați-o din nou. Apoi fixați un ac de cusut cu vârful în sus pe o radiatoră și puneți pe vârf foaia pregătită (vezi. fig. 3). Apropiati cu precauție palma de foaie. Ea va începe să se rotească. Îndepărtați palma – foaia se va opri. Arătați iluzia prietenilor și să explicați fenomenul. (*Sugestie:* palmele nu au aceeași temperatură peste tot).



Fig. 2

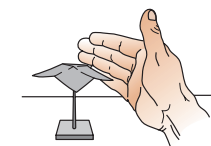


Fig. 3



§ 7. RADIAȚIA

Baza vieții noastre – schimbul de energie. În cele mai multe cazuri energia ajunge pe Pământ de la Soare (fig. 7.1). Frunzele, ce cresc primăvara sub acțiunea razelor solare, vânturile și curenții, care apar datorită diferenței de temperaturi dintre porțiunile Pământului încălzite de Soare «folosesc» energia solară a zilei de azi. Dar asemenea surse de energie ca petrolul, gazul natural, cărbunele «au crescut» sub razele solare din timpuri străvechi. Însă apare întrebarea: cum energia de la Soare ajunge pe Pământ, doar între aceste obiecte cosmice practic nu există molecule, adică nici despre conductibilitate termică nici despre convecție nu poate fi vorba?



Fig. 7.1. Soarele în fiecare secundă emite în spațiul înconjurător o cantitate colosală de energie, o anumită parte a căreia cade pe Pământ



Fig. 7.2. Observațiile confirmă, că, stând lângă foc, vom obține energie, dar nu ca rezultat al convecției

1 Facem cunoștință cu radiația

Dacă veți sta în apropierea unui foc deschis (rug, sobă etc.), puteți simți că fața și alte părți ale corpului se încălzesc. Aceasta înseamnă, că de la foc se transmite o anumită cantitate de căldură.

? Dar cum se transmite această căldură?

Noi *observăm*, că limbile flăcării se ridică în sus (dacă aceasta e un rug) sau sunt orientate în horn (dacă aceasta e o sobă sau cămin pentru foc), prin urmare, încolo se mișcă și aerul cald. De aici urmează prima concluzie: stând lângă foc noi obținem energie nu datorită convecției (fig. 7.2).

Să expunem o ipoteză: poate că energia este transmisă datorită conductibilității termice.

Pentru a verifica această ipoteză, vom efectua un experiment: vom pune lângă foc o placă de metal (fig. 7.3, a). Ea ne va protejează foarte bine de căldură în ciuda faptului, că metalul este un bun conductor de căldură. Însă sticla transparentă, cu toate că este un bun izolator



Fig. 7.3. Metalul, care conduce bine căldura protejează mai bine de flacăra fierbințe decât sticla, care este un conductor termic mai slab

termic, ne protejează de căldură mai puțin decât metalul netransparent (fig. 7.3, b). Facem a doua concluzie: căldura de la foc se transmite nu numai datorită conductibilității termice.

Așadar, avem de-a face cu un mod nou de transmitere de căldură – *radiația*.

Radiația – aceasta-i modul transmiterii de căldură, în timpul căruia energia se transmite cu ajutorul razelor (undelor electromagnetice)

2 Dezvăluim unele particularități ale radiației termice

Undele electromagnetice se propagă chiar și în vid, de aceea radiația se deosebește de alte moduri de transmitere de căldură prin aceea, că energia poate fi transmisă printr-un spațiu, în care lipsește substanța. De exemplu, energia de la Soare la Pământ și alte planete se transmite numai prin radiație. Însă e greșit să se considere, că radiația joacă un rol important numai în spațiul cosmic. *Radiația – aceasta-i un mod universal de transmitere a căldurii, ea se realizează între toate corpurile.*

? Amintiți-vă, în ce fel de haine – deschise la culoare sau întunecate – vă simțiți mai bine în timpul arșiței verii. Ce suprafață – deschisă sau întunecată – o încălzește mai mult razele solare? Propuneți o ipoteză despre aceea, cum depinde capacitatea corpului lui de a absorbi radiația de culoarea acestui corp.

Pentru a verifica adevărul răspunsului vostru, ne vom folosi de un receptor de căldură (fig. 7.4). Îl vom fixa în mufa stativului și îl vom uni cu manometrul cu lichid. Apropiem de partea neagră a receptorului de căldură un fier electric de călcat fierbinte (fig. 7.5, a). Nivelul lichidului în brațul manometrului, unit cu receptorul de căldură va scădea. Aceasta înseamnă, că aerul din cutie s-a încălzit și presiunea lui a crescut.

Întorcem receptorul de căldură spre fierul de călcat cu partea lucioasă – în acest caz, diferență dintre nivelurile lichidului în brațele

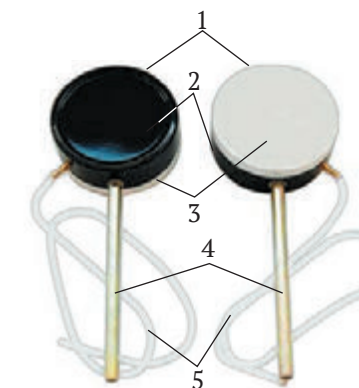


Fig. 7.4. Receptor de căldură
1 – cutie goală;
2 – suprafață de culoare întunecată;
3 – suprafață lucioasă sau albă;
4 – mâner;
5 – tub de conexiune cu manometrul cu lichid

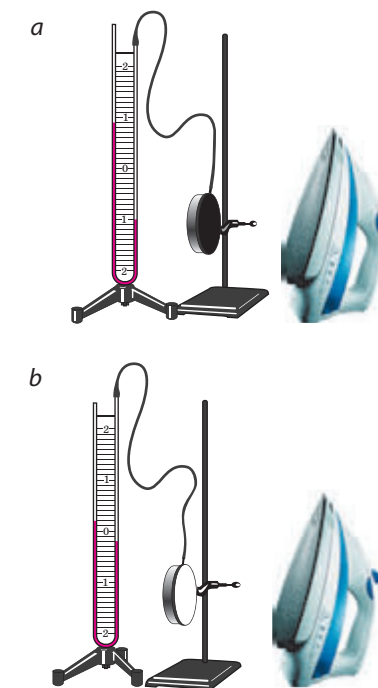


Fig. 7.5. Experiment, care demonstrează dependența capacității corpului de a absorbi căldura de culoarea suprafeței corpului

manometrului va fi cu mult mai mică (fig. 7.5, b), adică aerul în receptorul de căldură se va încălzi mai puțin.

Corpurile cu suprafața de culoare întunecată absorb radiația (infraroșie) termică mai bine decât corpurile cu suprafața deschisă sau lucioasă.

Cu ajutorul experimentelor similare, de asemenea, s-a stabilit, că corpurile cu suprafața de culoare întunecată nu numai că absorb mai bine radiația termică, dar și o emit mai repede.

Trebuie de adăugat, că toate corpurile la orice temperatură fac schimb de energie datorată radiației. Adică *orice corp în același timp și absoarbe și emite căldură*. Dacă temperatura corpului este mai mare decât temperatura corpurilor din jurul lui, atunci el radiază mai multă energie decât absoarbe. Dacă însă corpul este mai rece decât corpurile din jur, atunci energia, pe care el o absoarbe va fi mai mare decât cea radiată. Așadar, *radiația ca și orice alt mod de transmitere de căldură, în cele din urmă duce la echilibrul termic.*

Facem totalurile

Modul transmiterii de căldură, în care energia se transmite cu ajutorul undelor electromagnetice se numește radiație.

Radiația – aceasta-i un mod universal de transmitere de căldură, ea se realizează între toate corpurile (chiar și atunci, când corpurile se află în vid).

Energia, pe care o radiază și absoarbe corpul depinde de culoarea suprafeței lui. Mai bine radiază și mai bine absorb energia corpurile, cu o suprafață de culoare întunecată. Corpurile de culori argintii, dimpotrivă, și emit mai rău și absorb mai rău energia.

Întrebări pentru control

1. De ce energia de la Soare la Pământ nu se poate transmite prin convecție și conductibilitate termică?
2. Descrieți experimentul pentru confirmarea faptului, că energia de la foc poate fi transmisă nu numai prin conductibilitate termică.
3. Ce este radiația?
4. Corpuri de ce culoare mai bine absorb căldura? Descrieți experimentul pentru confirmarea răspunsului vostru.
5. Există oare condiții, în care corpul nu radiază și nu absoarbe energie?
6. Ce se întâmplă cu temperatura corpului, când acest corp radiază mai multă energie decât absoarbe?

Exercițiul Nr. 7

1. De ce bateriile de încălzire e mai bine de le vopsit în culoare întunecată?
2. În ce culoare e mai bine de vopsit camioanele frigorifice?
3. De ce primăvara zăpada murdară se topește mai repede decât cea curată?
4. Iarnă într-o încăpere neîncălzită, geamurile căreia «privesc» la sud, e destul de cald. Când poate avea loc aceasta? De ce?
5. De ce în termosuri se scoate aerul dintre pereții vasului, iar suprafața balonului se face oglindită?
6. Atmosfera Pământului este transparentă, de aceea razele solare trec prin atmosferă, aproape fără a o încălzi. Dar, datorită cărui fapt se încălzește aerul din atmosferă și de ce depinde gradul încălzirii lui?

7. Completați tabelul*.



| Mărimea fizică | Simbolul pentru notare | Unitatea de măsură în SI |
|-----------------------|------------------------|--------------------------|
| | m | |
| | | $^{\circ}\text{C}$ |
| | | kg/m^3 |
| Cantitatea de căldură | | |

§ 8. CAPACITATEA TERMICĂ SPECIFICĂ A SUBSTANȚEI. CANTITATEA DE CĂLDURĂ, CE SE ABSORBE DE SUBSTANȚĂ ÎN TIMPUL ÎNCĂLZIRII SAU SE DEGAJĂ ÎN TIMPUL RĂCIRII

La întrebarea «Ce se încălzește mai repede – 200 sau 300 g de lichid?» – cineva va răspunde repede, că două sute: e clar, că trei sute de grame se vor încălzi mai mult timp. Și acest răspuns, probabil, va fi corect, sau poate – nu. Așadar, nu vă grăbiți cu concluziile, să aflăm totul în mod consecvent.

1 Aflăm de ce depinde cantitatea de căldură necesară pentru încălzire

Dacă se va turna două lichide cu masele de 200 și 300 g în două vase identice și se va încălzi aceste lichide de la 20 până la 100 $^{\circ}\text{C}$, folosind încălzitoare identice, lichidul de ce masă se va încălzi mai repede?

Să chibzuim asupra acestei întrebări. În primul rând, e clar: dacă este același lichid, de exemplu apa, atunci pentru a încălzi 300 g de lichid e nevoie de mai mult timp și, prin urmare, o cantitate de căldură mai mare decât pentru a încălzi 200 g. Aceasta înseamnă, că *cantitatea de căldură necesară pentru încălzirea substanței depinde de masa substanței.*

Însă noi nu știm despre ce fel de lichid este vorba în întrebare, și de aceea, nu putem da un răspuns clar, care dintre ele se încălzește mai repede. Deci *cantitatea de căldură, care urmează să fie transmisă substanței pentru o anumită schimbare a temperaturii ei, depinde de aceea, ce substanță este aceasta.* Să ne convingem în aceasta cu ajutorul experienței.

Să luăm 200 g de apă și 200 g de ulei și se încălzim ambele lichide de la 20 până la 100 $^{\circ}\text{C}$, măsurând timpul încălzirii, vom observa, că uleiul se încălzește mai repede și, prin urmare, primește o cantitate de căldură mai mică decât apa (fig. 8.1).

- ❓ Gândiți-vă, oare aceeași cantitate de căldură va absorbi substanța de o anumită masă în timpul încălzirii ei de la 20 până la 100 $^{\circ}\text{C}$ și în timpul încălzirii ei de la 20 la 40 $^{\circ}\text{C}$. Dacă diferită, atunci în care caz mai mare? De câte ori mai mare?

* Sperăm, voi țineți minte, că în asemenea probleme *tabelele prezentate în manual trebuie să fie transferate în caiet.*

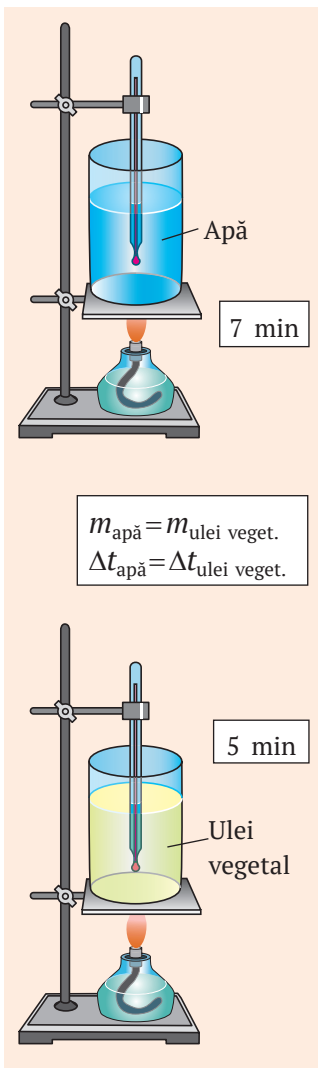


Fig. 8.1. Experiment pentru studierea dependenței cantității de căldură, necesare pentru încălzirea substanței în dependență de aceea ce substanță este aceasta. Dacă se încălzesc substanțe diferite de aceleași mase, atunci pentru aceeași variație a temperaturii lor e nevoie de timp diferit, adică de diferite cantități de căldură

Schimbând masa substanței, metodele de încălzire și răcire a ei, luând în considerare pierderile de căldură și tinzând să le reducă la minim, învățații au demonstrat, că *cantitatea de căldură, pe care o absoarbe substanța în timpul încălzirii sau o degajă în timpul răcirii:*

- *depinde de aceea, ce fel de substanță este aceasta;*
- *este direct proporțională cu masa substanței;*
- *este direct proporțională cu variația temperaturii substanței.* Această afirmație se notează prin formula:

$$Q = cm\Delta t,$$

unde Q – cantitatea de căldură; m – masa substanței; Δt – variația temperaturii; c – coeficient de proporționalitate, care este o caracteristică a substanței și se numește *capacitate termică specifică a substanței.*

2. Dam definiția capacității termice specifice a substanței

Capacitatea termică specifică a substanței – aceasta-i mărimea fizică, care caracterizează substanța și numeric este egală cu cantitatea de căldură, care trebuie comunicată substanței cu masa de 1 kg, pentru a o încălzi cu 1 °C.

Capacitatea termică specifică a substanței se notează cu simbolul c și se determină prin formula:

$$c = \frac{Q}{m\Delta t}$$

Din formula pentru determinarea capacității termice specifice a substanței obținem unitatea ei de măsură – **joule pe kilogram ori grade Celsius***:

$$[c] = 1 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$$

Capacitatea termică specifică a substanței arată cu câți jouli variază energia internă a substanței cu masa de 1 kg, în cazul schimbării temperaturii cu 1 °C, dacă volumul substanței rămâne neschimbat.

* În SI capacitatea termică specifică a substanței se măsoară în *jouli pe kilogram kelvin*; valorile numerice ale capacității termice specifice a substanței indicate în $\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$ și în $\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$, sunt aceleași.

3. Comparăm capacitățile termice specifice ale diferitelor substanțe

Capacitățile termice specifice ale diferitelor substanțe pot să difere semnificativ. Astfel capacitatea termică specifică a aurului este de $130 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$, ceea ce

înseamnă: în timpul încălzirii 1 kg de aur cu 1 °C el absoarbe 130 J de căldură, iar dacă 1 kg de aur se va răci cu 1 °C, atunci se degajă 130 J de căldură.

Capacitatea termică specifică a uleiului este de $1700 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$, adică în timpul încălzirii 1 kg de ulei cu 1°C el absoarbe 1700 J de căldură, iar în procesul răcirii 1 kg de ulei cu 1 °C se degajă 1700 J de căldură.

Capacitatea termică specifică a substanței în diferite stări de agregare este diferită. De exemplu, capacitatea termică specifică a apei constituie $4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$, a gheții – $2100 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$; a fierului în stare solidă – $460 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$, a fierului topit – $830 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$.

Valorile capacităților termice specifice ale substanțelor sunt determinate pe cale experimentală și introduse în tabel (vezi tab. 1 al *Anexei* de la sfârșitul manualului).

4. Ne învățăm a rezolva probleme

Problemă. În timpul arderii lemnului o sobă de cărămidă cu masa de 2 t a primit 88 MJ de căldură și s-a încălzit de la 10 până la 60 °C. Determinați capacitatea termică specifică a cărămidii.

Analiza problemei fizice. Pentru rezolvarea problemei ne vom folosi de formula, ce determină capacitatea termică specifică a substanței.

Se dă:

$$\begin{aligned} m &= 2000 \text{ kg} \\ t_1 &= 10^\circ\text{C} \\ t_2 &= 60^\circ\text{C} \\ Q &= 88 \text{ MJ} = \\ &= 88\,000\,000 \text{ J} \end{aligned}$$

Să se afle:
 c – ?

Căutarea modelului matematic, rezolvarea

Deoarece $c = \frac{Q}{m\Delta t}$, iar $\Delta t = t_2 - t_1$, vom obține:

$$c = \frac{Q}{m(t_2 - t_1)}$$

Verificăm unitatea de măsură, determinăm valoarea mărimii căutate:

$$[c] = \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot (^\circ\text{C} - ^\circ\text{C})} = \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}};$$

$$c = \frac{88\,000\,000}{2000(60 - 10)} = \frac{88\,000}{2 \cdot 50} = 880 \left(\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \right).$$

Analiza rezultatului. Valoarea capacității termice specifice obținută coincide cu cea din tabel, așadar, problema este rezolvată corect.

$$\text{Răspuns: } c = 880 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$$



Facem totalurile

Pe cale experimentală s-a stabilit, că cantitatea de căldură, pe care o absoarbe corpul în timpul încălzirii sau o degajă în timpul răcirii este direct proporțională cu masa acestui corp, variația temperaturii lui și depinde de substanța, din care este confecționat (compus) acest corp: $Q = cm\Delta t$.

Capacitate termică specifică a substanței se numește mărimea fizică, ce caracterizează o anumită substanță și este egală cu cantitatea de căldură, care trebuie cedată acestei substanțe cu masa de 1 kg pentru a o încălzi cu 1 °C.

Capacitatea termică specifică a substanței se notează cu simbolul c și se măsoară în joule pe kilogram ori grade Celsius $\left(\frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C}}\right)$. Capacitatea termică poate fi calculată după formula $c = \frac{Q}{m\Delta t}$ sau luată din tabelul corespunzător.



Întrebări pentru control

1. De ce depinde cantitatea de căldură, necesară pentru încălzirea corpului? **2.** După care formulă se calculează cantitatea de căldură comunicată corpului în timpul încălzirii sau degajată de el la răcire? **3.** Care este sensul fizic al capacității termice specifice a substanței? **4.** Numiți unitatea de măsură a capacității termice specifice a substanței.



Exercițiul Nr. 8

- Capacitatea termică specifică a argintului este egală cu $250 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C}}$. Ce înseamnă aceasta?
- De ce în sistemele de răcire cel mai des se folosește apa?
- O lingură de oțel cu masa de 40 g a fost încălzită în uncrop (în apă la temperatura de 100 °C). Ce cantitate de căldură s-a consumat pentru încălzirea lingurii, dacă temperatura ei s-a mărit de la 20 până la 80 °C?
- Pentru încălzirea cu 160 °C a unei piese cu masa de 250 g s-au transmis 20 kJ de căldură. Din ce material este confecționată piesa?
- După cum se știe, $c = \frac{Q}{m\Delta t}$. Oare putem noi să spunem, că capacitatea termică specifică depinde de masa substanței? de variația temperaturii substanței? de cantitatea de căldură transmisă?
- Într-o oală de aluminiu cu masa de 500 g s-au încălzit 1,5 kg de apă de la 20 °C până la fierbere. Ce cantitate de căldură s-a comunicat oalei cu apă?
- La ce înălțime poate fi ridicată o greutate cu masa de 2 t, dacă ar trebui să se folosească toată energia, ce se degajă în timpul răcirii a 0,5 l de apă de la 100 până la 0 °C?
- Alegeți pe hartă două localități, situate la aceeași latitudine: una trebuie să fie lângă mare, iar alta – în adâncul continentului. Folosind surse suplimentare de informații, comparați variațiile temperaturii (ziua – noaptea, iarna – vara) în aceste zone. Argumentați răspunsul obținut.

§ 9. BILANȚUL TERMIC

Studiind fenomenele mecanice, voi deja ați făcut cunoștință cu legea conservării și transformării energiei. Această lege fundamentală se adevărește pentru toate procesele în natură, inclusiv pentru procesul transmiterii de căldură. Expresia matematică a legii conservării energiei în procesul transmiterii de căldură este ecuația bilanțului termic. Să facem cunoștință cu această ecuație și să ne învățăm a o aplica pentru rezolvarea problemelor.

1 Scriem ecuația bilanțului termic

Imaginați-vă un sistem de corpuri, care nu primește și nu cedează energie (un asemenea sistem se numește *izolat*), iar mărirea sau micșorarea energiei interne a corpurilor sistemului are loc doar ca rezultat al transmiterii de căldură dintre corpurile acestui sistem. În așa un caz se poate afirma pe baza legii conservării energiei: câtă căldură vor ceda unele corpuri ale sistemului, tot atâta căldură vor primi altele corpuri ale acestui sistem.

Vom nota cu Q^+ cantitatea de căldură primită de unul dintre corpurile sistemului, iar cu Q^- – modulul cantității de căldură cedate de un alt corp al acestui sistem. Atunci legea conservării energiei pentru procesul transmiterii de căldură poate fi scrisă sub formă de o ecuație, care se numește **ecuația bilanțului termic**:

$$Q_1^- + Q_2^- + \dots + Q_n^- = Q_1^+ + Q_2^+ + \dots + Q_k^+,$$

unde n – cantitatea de corpuri, care cedau energie; k – cantitatea de corpuri, care primesc energie.

Ea se formulează astfel: *într-un sistem izolat de corpuri, în care energia internă a corpurilor variază numai în urma transmiterii de căldură, cantitatea totală de căldură cedată de unele corpuri ale sistemului, este egală cu cantitatea totală de căldură primită de către altele corpuri ale acestui sistem.*

Menționăm, că în forma dată a ecuației bilanțului termic toți termenii sunt modulele cantităților de căldură, adică sunt mărimi pozitive.

Ecuația bilanțului termic este folosită pentru rezolvarea unei serii de probleme, cu care deseori avem de a face în practică (fig. 9.1).



Fig. 9.1. Câteva exemple de aplicare a ecuației bilanțului termic pentru rezolvarea problemelor practice: *a* – calcularea cantității de apă fierbinte, care trebuie să fie adăugată în vasul cu apă rece, pentru a obține apă caldă cu temperatura dorită; *b* – determinarea puterii încălzitorului pentru a menține în încăpere o temperatură confortabilă

2 Ne învățăm a rezolva probleme

Rezolvând probleme la compunerea ecuației bilanțului termic, trebuie de ținut minte: dacă procesul transmiterii de căldură va continua destul de mult timp, atunci în cele din urmă se va stabili starea de echilibru termic, adică *temperatura tuturor corpurilor din sistem va deveni aceeași*.

Problemă. În apă cu masa de 400 g luată la temperatura de 20 °C s-au adăugat 100 g de apă caldă cu temperatura de 70 °C. Care va fi temperatura apei? Considerați, că schimbul de căldură cu mediul înconjurător nu are loc.

Analiza problemei fizice. La schimbul de căldură participă două corpuri. Cedă căldură apa caldă: temperatura ei scade de la 70 °C până la o temperatură finală t . Primește căldură apa rece: temperatura ei crește de la 20 °C până la t . Din condiția problemei schimbul de căldură cu mediul înconjurător nu are loc, de aceea pentru rezolvarea problemei se poate folosi ecuația bilanțului termic.

Se dă:

$$m_1 = 400 \text{ g} = 0,4 \text{ kg}$$

$$t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$m_2 = 100 \text{ g} = 0,1 \text{ kg}$$

$$t_2 = 70 \text{ }^\circ\text{C}$$

Să se afle:
 $t = ?$

Căutarea modelului matematic, rezolvarea

Cantitatea de căldură primită de apa rece*:

$$Q_1 = cm_1(t - t_1) \quad (1)$$

Cantitatea de căldură cedată de apa caldă:

$$Q_2 = cm_2(t_2 - t) \quad (2)$$

Conform ecuației bilanțului termic:

$$Q_1 = Q_2 \quad (3)$$

Înlocuind ecuațiile (1) și (2) în ecuația (3), vom obține:

$$cm_1(t - t_1) = cm_2(t_2 - t) \Rightarrow m_1(t - t_1) = m_2(t_2 - t)$$

Efectuând transformările necesare, vom obține:

$$m_1t - m_1t_1 = m_2t_2 - m_2t$$

De aici:

$$m_1t + m_2t = m_2t_2 + m_1t_1 \Rightarrow t(m_1 + m_2) = m_2t_2 + m_1t_1$$

$$\text{În final obținem: } t = \frac{m_2t_2 + m_1t_1}{m_1 + m_2}$$

Verificăm unitatea de măsură, determinăm valoarea mărimii căutate:

$$[t] = \frac{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C} + \text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}{\text{kg} + \text{kg}} = \frac{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}{\text{kg}} = ^\circ\text{C}; \quad t = \frac{0,4 \cdot 20 + 0,1 \cdot 70}{0,4 + 0,1} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$$

Analiza rezultatului. Valoarea obținută a temperaturii apei (30 °C) e desul de reală: ea e mai mare decât 20 °C și mai mică decât 70 °C.

Răspuns: $t = 30 \text{ }^\circ\text{C}$.

* Amintim: vom folosi ecuația bilanțului termic sub forma, în care valorile cantităților de căldură sunt luate după modul, adică sunt pozitive. De aceea aici și în continuare în cazul calculului cantității de căldură, pe care o cedează corpul întotdeauna vom scădea dintr-o temperatură mai mare o temperatură mai mică.



Facem totalurile

Pentru orice proces, care are loc în natură, este satisfăcută legea conservării și transformării energiei. Pentru un sistem izolat, în care energia internă a corpurilor se schimbă numai în urma transmisiei de căldură dintre corpurile acestui sistem, legea conservării energiei poate fi formulată astfel: cantitatea de căldură totală cedată de unele corpuri ale sistemului este egală cu cantitatea totală de căldură primită de către altele corpuri ale acestui sistem.

Expresia matematică a legii conservării energiei în procesul transmiterii de căldură este ecuația bilanțului termic:

$$Q_1^- + Q_2^- + \dots + Q_n^- = Q_1^+ + Q_2^+ + \dots + Q_k^+$$



Întrebări pentru control

1. Care sistem de corpuri se numește izolat? 2. Formulați legea conservării energiei, pe baza căreia se compune ecuația bilanțului termic.



Exercițiul Nr. 9

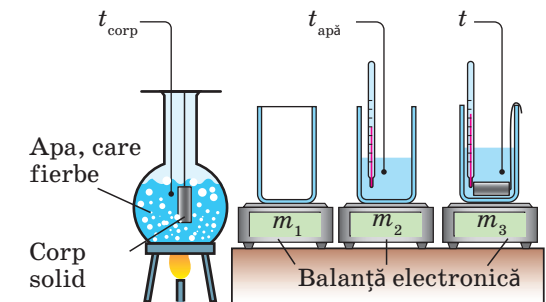
În timpul rezolvării problemelor neglijați schimbul de căldură cu mediul înconjurător.

- Într-o cadă s-au turnat 80 l de apă cu temperatura de 10 °C. Câți litri de apă cu temperatura de 100 °C trebuie de adăugat în cadă, pentru ca temperatura apei în ea să constituie 25 °C? Schimbul de căldură dintre cadă și apă neglijați-l.
- Într-o cratiță s-au turnat 2 kg de apă cu temperatura de 40 °C, iar apoi s-au adăugat 4 kg de apă cu temperatura de 85 °C. Determinați temperatura amestecului. Schimbul de căldură dintre cratiță și apă neglijați-l.
- O bara de oțel cu masa de 200 g încălzită într-un cuptor a fost scufundată în apă cu masa de 250 g luată la temperatura de 15 °C. Temperatura apei a crescut până la 25 °C. Calculați temperatura în cuptor.
- Un vas de alamă cu masa de 200 g conține 400 g de apă cu temperatura de 20 °C. În apă s-au introdus 800 g de argint cu temperatura de 69 °C. Ca urmare apa s-a încălzit până la temperatură de 25 °C. Determinați capacitatea termică specifică a argintului.
- Dați exemple de substanțe, care la temperatura de 20 °C se află în stare solidă; stare lichidă; stare gazoasă.



Însărcinare experimentală

Compuneți planul efectuării experimentului pentru determinarea capacității termice specifice a substanței, din care este confecționat corpul solid, folosind desenul. Dacă voi aveți utilajul necesar, efectuați experimentul corespunzător.





LUCRARE DE LABORATOR NR. 1

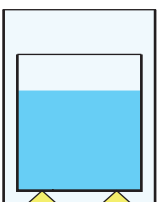


Tema. Studiarea bilanțului termic în cazul amestecării apei de diferite temperaturi.

Scopul: de a face cunoștință cu construcția și principiul de lucru al calorimetrului; de a determina cantitatea de căldură, cedată de apa caldă și cantitatea de căldură, primită de apa rece în rezultatul amestecării apei de diferite temperaturi; de a compara rezultatele.

Utilajul: cilindru gradat, termometru, calorimetru, un pahar cu apă rece, un pahar cu apă caldă, șervețele, agitator.

Cunoștințe teoretice



Pentru numeroase experimente de studiere a fenomenelor termice se folosește *calorimetrul* – dispozitiv format din două vase, care sunt situate unul în celălalt și separate printr-un strat de aer (vezi des.). În calorimetru schimbul de căldură cu mediul înconjurător este redus considerabil în urma conductibilității termice mici a aerului și datorită distanței mici dintre vasele interior și exterior, ce cauzează lipsa curenților de convecție.

INDICAȚII LA LUCRARE

II Pregătirea pentru experiment

- Înainte de a începe măsurarea:
 - citiți cu atenție informațiile teoretice, prezentate mai sus;
 - amintiți-vă, în ce constă starea de echilibru termic.
- Determinați valoarea unei diviziuni a scărilor aparatelor de măsură.

▶ Experimentul

Respectați strict instrucțiunile tehnicii securității (vezi forțașul manualului). Rezultatele măsurătorilor introduceți-le direct în tabel.

- Faceți cunoștință cu construcția calorimetrului.
- Turnați în cilindru gradat 60-80 ml de apă rece. Determinați volumul ei (V_1) și măsurați temperatura ei (t_1).
- Turnați în calorimetru apă fierbinte (1/3 din vasul interior al calorimetrului) și măsurați temperatura ei (t_2).
- Fără a scoate termometrul, turnați apa rece din cilindru gradat în calorimetru și amestecând ușor amestecul cu agitatorul, urmăriți indicațiile termometrului. Când variația temperaturii va deveni neînsemnată, notați temperatura amestecului (t).
- Scoateți cu precauție termometrul din apă, ștergeți-l cu un șervețel și puneți-l în cutie.

- Turnați toată apa din calorimetru în cilindru gradat, măsurați volumul total al apei V .

▶ Prelucrarea rezultatelor experimentului

- Determinați masa apei reci: $m_1 = \rho_{\text{apă}} V_1$. Cu ajutorul formulei $Q_1 = c_{\text{apă}} m_1 (t - t_1)$ calculați cantitatea de căldură, primită de apa rece Q_1 .
- Determinați volumul V_2 și masa apei fierbinți m_2 : $V_2 = V - V_1$; $m_2 = \rho_{\text{apă}} V_2$. Cu ajutorul formulei $Q_2 = c_{\text{apă}} m_2 (t_2 - t)$ calculați cantitatea de căldură, cedată de apa fierbinte Q_2 .
- Terminați completarea tabelului.

| Temperatura apei, °C | | | Volumul apei, ml | | | Masa apei, kg | | Cantitatea de căldură, J | |
|----------------------|-------|-----|------------------|-----|-------|---------------|-------|--------------------------|-------|
| t_1 | t_2 | t | V_1 | V | V_2 | m_1 | m_2 | Q_1 | Q_2 |
| | | | | | | | | | |

□ Analiza rezultatelor experimentului

Analizați experimentul și rezultatele lui. Formulați concluzia, în care: a) comparați cantitatea de căldură, cedată de apa caldă și cantitatea de căldură, primită de apa rece; b) indicați cauza diferenței posibile a rezultatelor.

* Însărcinare «cu steluță»

Calculați eroarea relativă a experimentului, folosind formula:

$$\varepsilon = \left| 1 - \frac{Q_1}{Q_2} \right| \cdot 100 \%.$$



LUCRARE DE LABORATOR NR. 2



Tema. Determinarea capacității termice specifice a substanței.

Scopul: de a determina capacitatea termică specifică a unei substanțe în stare solidă.

Utilajul: cilindru gradat, balanță cu greutate, termometru, calorimetru, un corp metalic cu fir, un pahar cu apă, ceainic electric cu apă (unul pentru toată clasa), șervețele de hârtie, agitator.

Cunoștințe teoretice

Pentru determinarea capacității termice specifice a substanței în starea solidă se poate utiliza următoarea metodă. Corpul se încălzește în apă clocotindă și, apoi se introduce în calorimetrul cu apă rece. Are loc schimbul de căldură, în care participă patru corpuri: corpul solid cedă energie, primesc energie apa, calorimetrul și termometrul. Deoarece termometrul și calorimetrul în comparație cu apa primesc o cantitate neînsemnată de căldură, putem considera, că cantitatea de căldură, cedată de corpul solid este egală cu cantitatea de căldură primită de apa rece: $Q_{corp} = Q_{apă}$. Așadar: $Q_{corp} = Q_{apă}$. Așadar, $c_{corp} m_{corp} (t_{corp} - t) = c_{apă} m_{apă} (t - t_{apă})$; de aici:

$$c_{corp} = \frac{c_{apă} m_{apă} (t - t_{apă})}{m_{corp} (t_{corp} - t)}$$

unde c_{corp} , $c_{apă}$ – capacitățile termice specifice ale substanței, din care este compus corpul și a apei; m_{corp} , $m_{apă}$ – masa corpului și apei; t_{corp} și $t_{apă}$ – temperatura corpului și apei la începutul experimentului; t – temperatura corpului și apei, după stabilirea echilibrului termic.

INDICAȚII LA LUCRARE

II Pregătirea pentru experiment

- Înainte de a începe măsurarea:
 - citiți cu atenție cunoștințele teoretice prezentate mai sus;
 - amintiți-vă, ce caracterizează capacitatea termică specifică a substanței; unitatea de măsură a capacității termice specifice a substanței.
- Determinați valoarea unei diviziuni a scârilor aparatelor de măsură.

▶ Experimentul

Respectați strict instrucțiunile tehnicii securității (vezi forzațul manualului). Rezultatele măsurătorilor introduceți-le direct în tabel.

- Turnați în cilindrul gradat 100–150 ml de apă. Măsurați volumul apei ($V_{apă}$).
- Turnați apa din cilindrul gradat în calorimetrul. Măsurați temperatura inițială a apei din calorimetrul ($t_{apă}$).
- Scoateți termometrul din apă și puneți-l pe un șervețel. Apropi-ați-vă cu calorimetrul de profesor, care va scoate din ceainic cu apă clocotită de fir corpul metalic și-l va pune în calorimetrul vostru.
- Din nou puneți termometrul în calorimetrul și, amestecând ușor apa cu agitatorul, urmăriți creșterea temperaturii. Când variația temperaturii va deveni neînsemnată (adică se va stabili echilibrul termic), notați indicațiile termometrului – temperatura finală a apei (t).
- Scoateți termometrul din apă, ștergeți-l cu un șervețel și puneți-l în cutie.
- Scoateți corpul metalic din apă, uscați-l cu un șervețel de hârtie și cântăriți-l (m_{corp}).

▶ Prelucrarea rezultatelor experimentului

- Determinați masa apei din calorimetrul ($m_{apă} = \rho_{apă} V_{apă}$). Rezultatele calculelor înregistrați-le în tabel.
- Gândiți-vă și completați colonițele 5-7 ale tabelului.
- Folosind formula $c_{corp} = \frac{c_{apă} m_{apă} (t - t_1)}{m_{corp} (t_{corp} - t)}$, determinați capacitatea termică specifică a metalului, din care este confecționat corpul (c_{corp}).
- Terminați completarea tabelului.
- Folosind tabelul capacităților termice specifice ale substanțelor în stare solidă (vezi. tabelul 1 Anexei), determinați, din ce metal este confecționat corpul.

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|--|------------------------------------|---|--------------------------|--|---|--|-------------------------------|---|
| Temperatura inițială a apei $t_{apă}$, °C | Temperatura finală a apei t , °C | Volumul apei $V_{apă}$, m ³ | Masa apei $m_{apă}$, kg | Capacitatea termică specifică a apei $c_{apă}$, $\frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$ | Temperatura inițială a corpului t_{corp} , °C | Temperatura finală a corpului t , °C | Masa corpului m_{corp} , kg | Capacitatea termică specifică a corpului c_{corp} , $\frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$ |
| | | | | | | | | |

□ Analiza rezultatelor experimentului

Analizați experimentul și rezultatele lui. Formulați concluzia, în care indicați:

- ce mărime voi ați determinat;
- ce rezultat ați obținut;
- ce factori au influențat asupra exactității rezultatului obținut.

+ Însărcinare creativă

Propuneți o metodă de determinare a capacității termice specifice a lichidului. Scrieți planul experimentului.

* Însărcinare «cu steluță»

Calculați eroarea relativă a experimentului, folosind formula:

$$\varepsilon = \left| 1 - \frac{c_{măs}}{c_{tabel}} \right| \cdot 100 \%$$

unde $c_{măs}$ – valoarea capacității termice specifice a substanței, din care este confecționat corpul, obținută în timpul experimentului; c_{tabel} – valoarea tabelară a capacității termice specifice a substanței.

PARTEA 2. SCHIMBAREA STĂRII DE AGREGARE A SUBSTANȚEI. MOTOARE TERMICE

§ 10. STAREA DE AGREGARE A SUBSTANȚEI



Vi s-a întâmplat să vedeți un râu de munte rapid într-o zi de iarnă geroasă? În jur e zăpadă, copacii sunt acoperiți cu promoroaca, ce strălucește la razele solare, iar apa din râu nu îngheață. Deosebit de curată, limpede, ea curge, lovindu-se de pietrele înghețate. Care este diferența dintre apă și gheață? De ce a apărut promoroaca pe copaci? În acest paragraf voi neapărat veți găsi răspunsuri la aceste întrebări.

1 Observăm diferitele stări de agregare ale substanței

Voi deja știți, că gheața (zăpada, promoroaca) și apa – acestea-s diferite stări de agregare ale apei: *solidă* și *lichidă*. Apariția promoroacei pe copaci se explică simplu: în aer există întotdeauna vapori de apă, care răcindu-se se condensează și se depune sub formă de promoroacă. Vaporii de apă – a treia stare de agregare a apei – *gazoasă*.

Să dăm un alt exemplu. Voi știți, că e periculos să se spargă termometrul medical cu mercur – lichid dens de culoare argintie; mercurul, evaporându-se formează vapori foarte toxici. Dar la o temperatură mai mică de -39°C , mercurul reprezintă un metal solid. Astfel, mercurul la fel ca apa, poate exista în stările solidă, lichidă și gazoasă.

Practic orice substanță în dependență de condițiile fizice poate exista în trei stări de agregare: solidă, lichidă, gazoasă.

Există încă o stare de agregare a substanței – **plasma** – gaz parțial sau total ionizat, adică gazul, care constă dintr-un număr foarte mare de particule încărcate (ioni și electroni) și atomi și molecule neutre. De exemplu, mercurul în stare de plasmă se conține în lămpile cu mercur incandescente (așa-numitele lămpi de lumina zilei). În Univers plasma este cea mai răspândită stare a substanței (fig. 10.1).



Fig. 10.1. Substanța în interiorul stelelor se află în stare de plasmă. Cu plasmă rarefiată este umplut și spațiul dintre stele

Vaporii de apă, apa, gheața sunt formate din *aceleași* molecule – moleculele de apă. De ce totuși diferă proprietățile fizice ale substanțelor, care sunt formate din aceleași molecule, dar se află în diferite stări de agregare? Cauza diferenței constă în aceea, că moleculele se mișcă și interacționează în mod diferit

2 Explicăm proprietățile fizice ale corpurilor solide

Corpurile reprezentate în fig. 10.2 sunt diferite după culoare, formă, etc., ele sunt compuse din diferite substanțe. Cu toate acestea, ele au proprietăți fizice comune proprii tuturor corpurilor solide.

Corpurile solide își păstrează volumul și forma. Chestia constă în aceea, că particulele (moleculele, atomii, ionii) corpurilor solide sunt situate în poziții de echilibru. În aceste poziții forța de atracție și forța de respingere dintre particule este egală una cu cealaltă. În cazul încercării de a mări sau micșora distanța dintre particule (adică mări sau micșora dimensiunea corpului) apare atracția sau respectiv respingerea intermoleculară. În afară de aceasta, particulele corpurilor solide practic nu se mișcă – ele numai oscilează încontinuu.

În timpul studierii structurii corpurilor solide s-a constatat, că particulele majorității substanțelor în stare solidă sunt situate într-o ordine bine determinată, adică, cum spun fizicienii, formează rețele cristaline. Asemenea substanțe se numesc **cristaline**. Exemple de substanțe cristaline pot fi diamantele, grafitul (fig. 10.3), gheața, sarea (fig. 10.4), metalele și altele.

Ordinea amplasării particulelor în rețeaua cristalină a substanței determină proprietățile fizice ale substanței. Astfel, diamantul și grafitul sunt compuși din aceiași atomi de Carbon, însă aceste substanțe sunt foarte diferite, deoarece atomii în ele sunt amplasați în mod diferit (vezi. fig. 10.3).

Există *un grup de substanțe solide* (sticla, ceara, smoala, chihlimbarul etc.), *particulele cărora nu formează rețele cristaline* și, în general, sunt amplasate dezordonat. Asemenea substanțe se numesc **amorfe**.

În anumite condiții, corpurile solide se topește, adică se transformă în stare lichidă. *Fiecare substanță cristalină, se topește la o anumită temperatură.* Spre deosebire de substanțele cristaline, *substanțele amorfe nu au o anumită temperatură de topire* – ele se transformă în stare lichidă treptat înmuindu-se. Mai detaliat despre topirea corpurilor solide vezi în § 11.



Fig. 10.2. Neluând în considerație numeroasele deosebiri, toate corpurile solide își păstrează volumul și forma

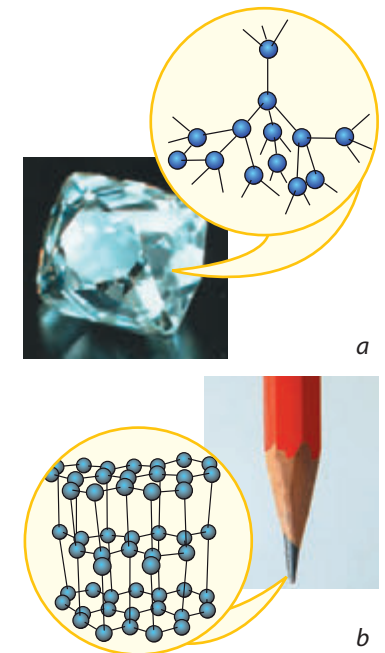


Fig. 10.3. Modele de rețele cristaline: *a* – a diamantului, *b* – a grafitului. Prin bile sunt reprezentați atomii de Carbon. În realitate atomii se ating unul de altul; linii, ce unesc atomii nu există, ele sunt trasate numai cu scopul de a demonstra caracterul amplasării spațiale ai atomilor

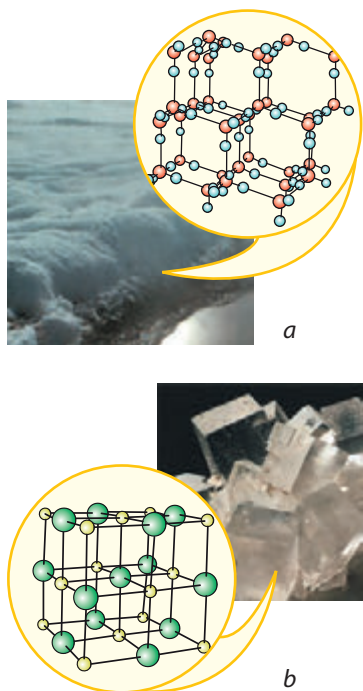


Fig. 10.4. Modele de rețele cristaline: *a* – a gheții (H_2O – molecula de apă: bilele roșii – atomii Oxigenului, albastre – atomii Hidrogenului); *b* – sării de bucătărie (bilele galbene – ioni Sodului, verzi – ioni Clorului)



Fig. 10.5. În stare lichidă substanța își păstrează volumul său, însă obține forma vasului, în care se află

3 Explicăm proprietățile fizice ale lichidelor

Lichidul își schimbă forma, obținând forma aceluși vas, în care se află, își păstrează volumul (fig. 10.5) și este practic incompresibil*. Aceste proprietăți ale lichidelor se explică în felul următor.

La fel ca și în corpurile solide, particulele în lichide sunt așezate dens (fig. 10.6): distanța medie dintre ele aproximativ este egală cu dimensiunea particulelor înseși. Această «împachetare» densă a particulelor cauzează nu numai păstrarea volumului lichidului, ci și faptul, că lichidul este aproape imposibil de-l comprimat.

Amintiți-vă despre forțele de atracție și respingere intermoleculare și explicați ultima afirmație de sine stătător.

Fiecare particulă a lichidului în decursul unui anumit timp (de ordinul 10^{-11} s) efectuează o mișcare asemănătoare cu cea oscilatorie, fără a se îndepărta în acest timp de «vecinii» săi; apoi ea se smulge din împrejurarea sa și, sărind în alt loc, nimerește într-o împrejurare nouă, unde din nou un anumit timp oscilează lângă poziția sa nouă de echilibru. Salturile (trecherile) moleculelor dintr-o stare de echilibru în alta au loc mai ales în direcția forței exterioare, de aceea *lichidul este fluid* – sub acțiunea forțelor exterioare el ia forma aceluși vas, în care se află.

4 Explicăm proprietățile fizice ale gazelor

Cuvântul «gaz» provine din limba greacă «haos», «dezordine». Într-adevăr, pentru starea gazoasă a substanței este caracteristică o dezordine totală în amplasarea reciprocă și mișcarea particulelor.

De exemplu, particulele aerului din camera voastră sunt situate la distanțe, care depășesc de 10 ori dimensiunile particulelor înseși. La așa distanțe particulele aproape că nu interacționează una cu alta, de aceea ele se împrăstie și gazul ocupă întregul volum pus la dispoziție. Prin distanțele mari dintre particule se explică și faptul, că gazele se comprimă ușor.

* Compresibilitatea lichidelor depinde de temperatură și presiune.

Pentru a înțelege, cum se mișcă moleculele și atomii gazului, ne vom imagina mișcarea unei particule. Iată ea se mișcă într-o anumită direcție, se ciocnește cu o altă particulă își schimbă direcția și viteza mișcării și zboară mai departe, până la următoarea lovitură (fig. 10.7). Cu cât este mai mare numărul de particule într-un anumit volum, cu atât ele mai mult se ciocnesc. De exemplu, fiecare particulă, ce intră în componența aerului din clasă, se ciocnește cu altele și își schimbă viteza mișcării sale de aproximativ cinci miliarde de ori pe secundă

* 5 Aflăm despre nanomateriale

«Până în prezent noi suntem nevoiți să ne folosim de structuri atomare, pe care ni le oferă natura ... Dar, în principiu un fizician ar putea crea orice fel de substanță după o anumită formulă chimică dată» – a exclamat în a. 1959 fizicianul american *Richard Feynman*, în prelegerea sa «Acolo, jos – e plin de loc» (fig. 10.8).

Feynman a presupus, că prin ajutorul unui anumit «manipulator» se pot lua atomi și molecule separate și combinându-le ca niște cărămizi, de creat materiale noi. Învățatul a pus viitoare baze și a indicat principalele direcții de dezvoltare a *nanotehnologiilor*. Aceasta e și înregistrarea supradensă a informației, și crearea micro calculatoarelor, și crearea unor instrumente chirurgicale, care efectuează operațiuni direct în organismul omului. Feynman spunea: «Ar fi fost interesant pentru chirurgie, dacă ați putea înghiți chirurgul. Voi ați introduce chirurgul mecanic în vasele sanguine, el ar merge până la inimă «ar studia» acolo ... ».

Pe vremea aceea, ideile lui Feynman păreau ceva fantastic. Dar deja în a. 1981 a fost creat microscopul de scanare cu efect tunel; a apărut posibilitatea de a manipula cu substanța la nivel atomic și de a obține materiale cu proprietăți unice – **nanomateriale**.

Conform dicționarului explicativ, materialele – aceasta-s obiectele, substanțele, care se folosesc pentru fabricarea diverselor produse, materii prime. Prepoziția *nano* – (în traducere din

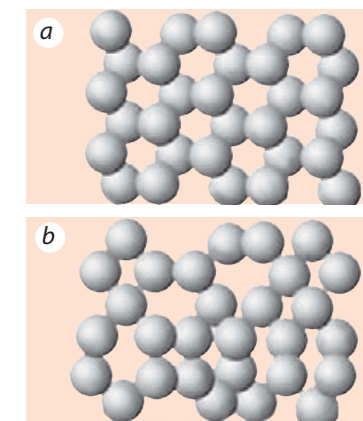


Fig. 10.6. Caracterul amplasării particulelor: *a* – în substanțele solide cristaline; *b* – în substanțele lichide și amorfe (în general particulele sunt amplasate haotic, însă într-un volum mic de substanță se păstrează o anumită orientare reciprocă a particulelor vecine – există o ordine apropiată)

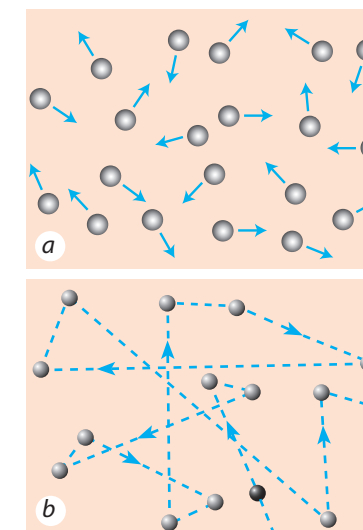


Fig. 10.7. Mișcarea și amplasarea particulelor gazului: *a* – direcția de mișcare a particulelor se schimbă în urma ciocnirii cu alte particule; *b* – traiectoria aproximativă a mișcării particulelor (mărită de un milion de ori)



Fig. 10.8. Richard Phillips Feynman (1918–1988) – renumit fizician american, laureat al Premiului Nobel pentru fizică, unul dintre fondatorii electrodinamicii cuantice

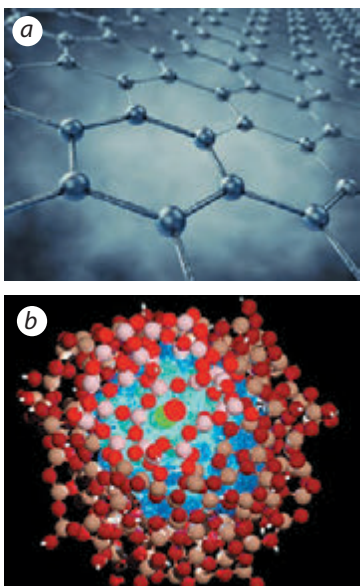


Fig. 10.9. Unele nano-obiecte: *a* – grafenul – un strat de atomi de Carbon cu o grosime de numai 0,18 nm și dimensiuni orizontale de aproximativ 10 μm; *b* – nanoparticulă – particulă, dimensiunea căreia în fiecare direcție nu depășește 100 nm

limba greacă «gnom, pitic») este folosită pentru notarea unităților fracționare în SI și înseamnă «o miliardime». Corespunzător obiectele, una dintre dimensiunile liniare ale cărora este situată în limitele de la 1 până la 100 de nanometri (1–100 nm) se numesc *nano-obiecte* (fig. 10.9). Așadar, **nanomaterialele** – *acestea-s obiectele, substanțele, materia primă, care sunt create pe cale artificială, folosind nano-obiecte și destinate pentru confecționarea diferitelor produse.*

6 Aflăm proprietățile nanomaterialelor și perspectivele aplicării lor

Proprietățile nanomaterialelor se deosebesc foarte mult de proprietățile substanțelor obișnuite (chiar dacă ambele constau din atomi de același fel), de aceea ele pot fi studiate ca o stare specială a substanței.

Spre deosebire de obiecte obișnuite, care constau dintr-un număr mare de particule (atomi, molecule, ioni), nano-obiectele pot fi compuse doar din câteva zeci de particule. Anume din această cauză *ele au dimensiuni mici*. Acest lucru permite de a pune pe o suprafață mică un număr mare de nano-obiecte, ceea ce este foarte important, de exemplu, pentru nanoelectronică și înregistrarea informației. Nano-obiectele pot pătrunde în orice porțiune a corpului omului sau parte a mașinii, de aceea ele sunt utilizate, de exemplu, în medicină pentru trimiterea medicamentelor în anumite părți ale organismului (fig. 10.10).

În plus, *nano-obiectele au o mare parte de atomi situați pe suprafață*. Datorită acestui fapt de câteva ori se accelerează interacțiunea dintre nano-obiect și mediul, în care el este situat. Anume din această cauză, nanomaterialele sunt catalizatori foarte buni, care permit de a accelera reacțiile chimice de milioane de ori. Astfel, nanoparticulele bioxidului de titan pot descompune apa în hidrogen și oxigen sub acțiunea luminii solare obișnuite, substanțele nanoporoase absorb eficient impuritățile și toxinele, iar aerul acoperit cu nano-praf hidrofob, n-are «frică» de poluare și umezire, deoarece respinge toate lichidele.

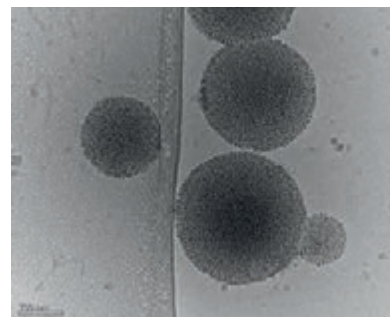


Fig. 10.10. Nanoparticule mezopore de dioxid de siliciu, care conține un preparat antitumoral (imagine obținută cu ajutorul unui microscop electronic)

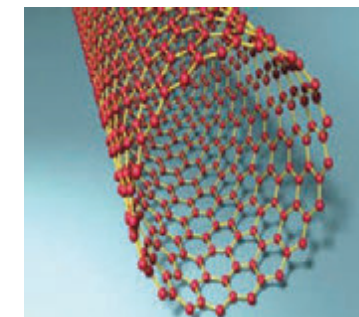


Fig. 10.11. Nanotuburile – structuri cilindrice alungite cu diametrul de la unu până la câțiva zeci de nanometri și lungimea de câțiva micrometri

O caracteristică importantă a nano-obiectelor este *lipsa defectelor*, de aceea, de exemplu, nanotuburile (fig. 10, 11) sunt de zeci de ori mai puternice decât oțelul și aproximativ de patru ori mai ușoare decât el. Dacă s-ar putea face asemenea tuburi suficient de lungi și s-ar confecționa din ele un cablu, atunci cablul obținut ar conduce curentul electric de sute de ori mai bine decât cuprul.

Bineînțeles, că noi am prezentat doar o mică porțiune din perspectivele aplicării nanomaterialelor. Astăzi nanoștiința se dezvoltă foarte repede. După părerea multor experți, secolul XXI va fi secolul nanotehnologiilor. ←



Facem totalurile

Practic orice substanță, în dependență de condițiile fizice poate exista în trei stări de agregare: solidă, lichidă, gazoasă. Când substanța trece dintr-o stare de agregare în alta, se schimbă poziția reciprocă a particulelor substanței (moleculilor, atomilor, ionilor) și caracterul mișcării lor.

Există a patra stare de agregare – plasma. Plasma – gazul parțial sau total ionizat.

* În ultimul timp nanomaterialele obțin o utilizare pe scară largă. Proprietățile nanomaterialelor se deosebesc considerabil de proprietățile substanțelor obișnuite, ele de asemenea, pot fi privite ca o stare specială a substanței. ←



Întrebări pentru control

1. Se poate oare afirma, că mercurul – întotdeauna este lichid și aerul – întotdeauna este gaz?
2. Oare se deosebesc între ele moleculele vaporilor de apă și cele de gheață?
3. În ce stare este substanța în interiorul stelelor?
4. De ce corpurile solide își păstrează volumul și forma?
5. Care sunt asemănările și în ce constau deosebirile dintre substanțele cristaline și amorfe?
6. Cum se mișcă și cum sunt amplasate moleculele în lichide?
7. De ce gazele ocupă tot volumul pus la dispoziție?
8. Dați exemple de nano-obiecte.
9. Ce proprietăți ale nanomaterialelor pot asigura utilizarea lor pe scară largă? ←


Exercițiul Nr. 10

1. Alegeți sfârșitul corect de propoziție.

Dacă lichidul va fi turnat dintr-un vas în altul, atunci lichidul...

- a) își va schimba și forma și volumul; c) își va păstra volumul, dar își va schimba forma;
 b) își va păstra și forma și volumul; d) își va păstra forma, dar își va schimba volumul.

2. Apa s-a evaporat și s-a transformat în vapori. S-au schimbat oare în acest caz moleculele de apă? Cum s-a schimbat amplasarea moleculelor și caracterul mișcării lor?

3. Poate oare gazul să umple un borcan pe jumătate?

4. Oare se poate afirma, că într-un vas închis, care parțial este umplut cu apă, deasupra suprafeței lichidului apă nu este?

5. În ceainic fierbe apa. Oare într-adevăr noi vedem vaporii de apă, care ies din cioc?

6. Aflați despre nano-roboti și ramurile de aplicare a lor în viitor, folosind surse suplimentare de informații. Pregătiți o prezentare sau o scurtă comunicare.



7. Dintre denumirile mărimilor fizice date alegeți acele, care sunt caracteristici ale substanței: a) densitate; b) masă; c) volum; d) capacitate termică specifică; e) temperatura; f) viteza mișcării.


Însărcinare experimentală

«Lichidul solid». Corpurile amorfe sunt numite lichide foarte vâscoase. Folosind o lumânare și, de exemplu, un marker demonstrați, că ceara, deși foarte încet, dar curge. Pentru aceasta, puneți markerul pe pervazul ferestrei, deasupra markerului (perpendicular pe el) puneți lumânarea și lăsați așa câteva zile. Explicați rezultatele experimentului.

Fizica și tehnica în Ucraina

Institutul de fizică a metalelor G.V. Curdiumov al ANȘ a Ucrainei (Київ)

Viața contemporană este de neconceput fără utilizarea metalelor. Din păcate, natura nu a creat un metal «ideal». Unele (titanul) au o mare durabilitate, densitate scăzută, însă sunt destul de scumpe, altele (alumiul) au o rezistență mică și în același timp o durabilitate insuficientă. Deci de-a lungul secolelor, învățații încearcă să îmbunătățească proprietățile metalelor, păstrând și îmbunătățind calitățile lor «bune».

Institutul de fizică a metalelor, a cărui istorie începe de la laboratorul de fizică a metalelor, creat în a. 1945 de către academicianul Gheorghii Veaceslavovici Curdiumov astăzi este un centru de cercetări fundamentale în domeniul fizicii metalelor recunoscut în întreaga lume.

Principalele sarcini ale institutului sunt: dezvoltarea bazelor fizice și căutarea metodelor principale noi de creare a materialelor metalice cu un nivel înalt al proprietăților fizice și mecanice, care pot funcționa în condiții termice și radioactive dificile; confecționarea pe baza acestor materiale a dispozitivelor noi pentru tehnica contemporană; înnoirea regimurilor tehnologice existente și a structurilor de producere a produselor metalice și a aparatelor în baza lor. Materialele cu proprietăți unice, create la institut sunt aplicate în diferite ramuri atât în Ucraina, cât și în străinătate.

§ 11. TOPIREA ȘI CRISTALIZAREA

V-ați gândit vreodată de ce bulgărele de zăpadă se topește în mână? De ce se formează țurțuri de gheață și când ei se formează – în timpul dezghețului sau, invers, în timpul gerului? Cum de răcit puțină zăpadă fără congelator? De ce o bucată de plumb se poate topi într-o lingură de oțel, dar o bucată de oțel în cea de plumb – nu? Studiind materialul paragrafului, voi veți putea răspunde la aceste întrebări.

1 Facem cunoștință cu procesele de topire și cristalizare, aflăm despre temperatura de topire

Dacă se va aduce puțină zăpadă într-o cameră încălzită, după un timp oarecare zăpada se va topi.

Topirea – aceasta-i procesul de trecere a substanței din starea solidă în cea lichidă.

Vom urmări variația temperaturii zăpezii în procesul topirii ei într-o cameră încălzită (fig. 11.1). La începutul experimentului, temperatura zăpezii este mai joasă de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, zăpada nu se topește, iar temperatura ei crește repede (fig. 11.1, a). Cum numai coloana termometrului atinge diviziunea $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, temperatura încetează să mai crească, iar în pahar apare apă (zăpada începe să se topească). Vom amesteca cu grijă apa cu resturile de zăpadă și vom observa, că temperatura amestecului rămâne neschimbată (fig. 11.1, b). Și numai după ce zăpada s-a topit complet, temperatura din nou începe să crească (fig. 11.1, c).

Experiențele demonstrează: *practic toate substanțele cristaline încep să se topească după ce ating o anumită temperatură (proprie pentru fiecare substanță); în procesul topirii temperatura substanței nu se schimbă.*

Temperatura de topire – aceasta-i temperatura, la care substanța solidă cristalină se topește, adică, trece în stare lichidă.

Așadar, corpul solid în cazul atingerii unei anumite temperaturi se transformă în lichid. La fel, în anumite condiții se solidifică (cristalizează) lichidele. De exemplu, dacă se va scoate apa la ger sau se va pune un vas cu apă în

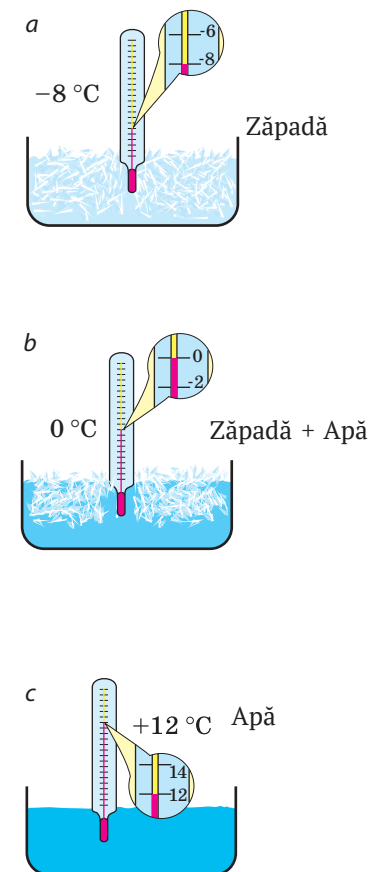


Fig. 11.1. Observarea procesului de topire a zăpezii în cameră: a – la temperatură negativă apa se află în stare solidă; b – la temperatura de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ zăpada începe să se topească, în procesul topirii temperatura amestecului întotdeauna este egală cu $0\text{ }^{\circ}\text{C}$; c – la temperatură pozitivă apa se află în stare lichidă

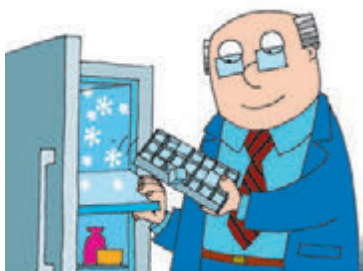


Fig. 11.2. În congelator apa se cristalizează, transformându-se în gheață

congelator, atunci apa cu timpul se va cristaliza, transformându-se în gheață (fig. 11.2).

Cristalizarea – aceasta-i procesul de trecere a substanței din starea lichidă în cea solidă cristalină.

Măsurând temperatura substanțelor în timpul răcirii și cristalizării lor ulterioare, ajungem la următoarele concluzii:

1) *procesul de cristalizare începe numai după răcirea lichidului până la o anumită temperatură pentru acest lichid;*

2) *în timpul cristalizării temperatura lichidului nu se schimbă;*

3) *temperatura de cristalizare a substanței este egală cu temperatura de topire.*

Temperaturile de topire (cristalizare) a diferitor substanțe sunt destul de diferite. Astfel

temperatura de topire a spirtului este de $-115\text{ }^{\circ}\text{C}$, a gheții $-0\text{ }^{\circ}\text{C}$, oțelul se topește la o temperatură de $1400\text{ }^{\circ}\text{C}$, plumbul – la temperatura de $327\text{ }^{\circ}\text{C}$, iar pentru a topi wolframul el trebuie încălzit până la o temperatură enormă de $3387\text{ }^{\circ}\text{C}$.

? Sperăm că, acum puteți răspunde cu ușurință la întrebarea: de ce o bucată de plumb se poate topi într-o lingură de oțel, dar o bucată de oțel într-o lingură de plumb – nu se poate?

Temperatura de topire (cristalizare) – o caracteristică a substanței, de aceea ea se determină pe cale experimentală și se introduce în tabel (vezi tabelul 2 din Anexă). În asemenea tabele nu există *substanțe amorfe*, deoarece, după cum știți, ele nu au o anumită temperatură de topire: încălzindu-se substanțele amorfe treptat se înmoaie, iar în timpul răcirii treptat se îndesesc. În continuare, studiind procesele de topire și cristalizare, noi vom studia numai substanțele cristaline.

2 Construim graficul și explicăm procesul de topire și cristalizare

Pentru studierea mai detaliată a proceselor de topire și cristalizare vom studia graficul dependenței temperaturii substanței cristaline (gheții) de timpul încălzirii și răcirii ei (fig. 11.3).

La momentul începutului observației (punctul A) temperatura gheții a fost de $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. În urma lucrului încălzitorului temperatura gheții crește (porțiunea AB). Din punct de vedere al teoriei cinetico-moleculare a structurii substanței în acest moment crește și energia cinetică a mișcării oscilatorii a moleculelor de apă în nodurile rețelei cristaline a gheții.

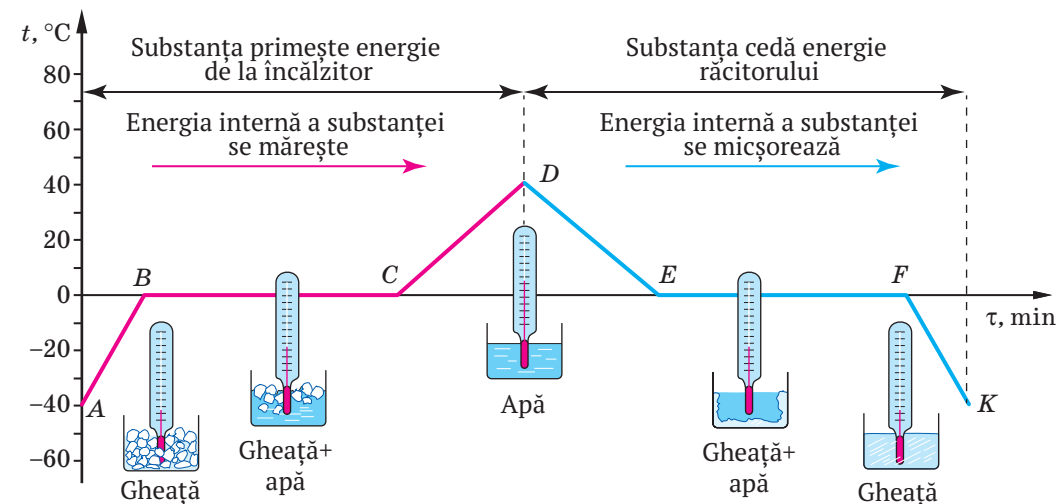


Fig. 11.3. Graficul topirii gheții și cristalizării apei. Graficul va avea o asemenea simetrie, dacă cantitatea de căldură, pe care o primește gheața în fiecare minută, iar apoi apa în fiecare minută în timpul lucrului încălzitorului va fi egală cu cantitatea de căldură, pe care în fiecare minută o cedă aceeași substanță în timpul lucrului răcitorului

După ce atinge temperatura de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, gheața începe să se topească, iar temperatura ei nu se schimbă (porțiunea BC), necâtând la aceea, că încălzitorul continuă să lucreze și să transmită o anumită cantitate de căldură gheții. Toată energia, care vine de la încălzitor se consumă pentru distrugerea rețelei cristaline a gheții. În acest interval de timp energia internă a gheții continuă să crească.

După ce toată gheața s-a topit și s-a transformat în apă (punctul C), temperatura apei începe să crească (porțiunea CD), adică începe să crească energia cinetică a mișcării moleculelor.

În momentul, când temperatura a ajuns la $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ (punctul D), încălzitorul a fost stins. Apa a fost pusă în frigider și temperatura ei a început să scadă (porțiunea DE). Micșorarea temperaturii indică faptul, că energia cinetică, și de asemenea viteza mișcării moleculelor se micșorează.

Când este atinsă temperatura de cristalizare $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (punctul E), viteza mișcării moleculelor se micșorează într-atât, că moleculele deja nu poate să sară dintr-un loc în altul. Ele treptat ocupă poziții fixe (porțiunea EF), și până la sfârșitul cristalizării toate moleculele oscilează lângă pozițiile de echilibru. Apa trece într-o stare cu energie internă mai mică – complet se transformă în gheață (punctul F).

În timpul funcționării în continuare a frigiderului apa înghețată (gheața) se răcește, iar energia cinetică a mișcării oscilatorii a moleculelor scade (porțiunea FK).

3 Ne convingem, că procesele de topire și cristalizare sunt imposibile fără transmiterea energiei

Dacă se va pune zăpadă într-o cameră frigorifică, în care temperatura este constantă și egală cu $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, se va constata următoarele.

La fel ca și în experimentul cu topirea zăpezii în camera încălzită (vezi fig. 11.1), temperatura zăpezii la început va crește (deși mai lent). Doar temperatura în cameră este mai mare decât temperatura zăpezii, de aceea aerul mai cald din ea cedă o anumită cantitate de căldură zăpezii mai reci. Creșterea temperaturii zăpezii va continua până atunci, când temperatura nu va deveni $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Și aici începe cel mai interesant lucru. Temperatura zăpezii a ajuns la temperatura de topire, iar zăpada nu se topește. De ce?

Amintiți-vă: experimentul reprezentat în fig. 11.1 a fost efectuat într-o cameră încălzită (temperatura, în care era mai mare de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$). Așadar, pe parcursul întregului timp de observare s-a efectuat schimbul de căldură dintre aerul din cameră și zăpadă. Tot timpul zăpada primea energie, inclusiv și atunci, când temperatura ei rămânea neschimbată. Zăpada în acest timp se topea. Însă în experimentul cu camera frigorifică, temperatura de topire a zăpezii și temperatura aerului în camera frigorifică sunt aceleași, de aceea nu are loc schimbul de căldură. Zăpada nu primește energie, și prin urmare nu se topește.

Dacă într-o cameră frigorifică, temperatura în care este de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, se va pune apă caldă, atunci e clar, că apa se va răci (apa caldă va ceda energie aerului din camera frigorifică). Însă după ce va atinge temperatura de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ apa nu se va cristaliza, deoarece acum, pentru a trece într-o stare cu energie internă mai mică, ea trebuie să cedeze mediului înconjurător o anumită cantitate de căldură, iar în cazul echilibrului termic nu are loc schimb de căldură.



Facem totalurile

Procesul termic de trecere a substanței din starea solidă în cea lichidă se numește topire. În timpul topirii temperatura substanței cristaline nu se schimbă.

La aceeași temperatură energia internă a substanței în starea lichidă este mai mare decât energia internă a substanței în starea solidă.

Pentru a transforma substanța din starea solidă în cea lichidă, trebuie să fie satisfăcute două condiții obligatorii: în primul rând, trebuie să se încălzească substanța până la temperatura de topire; în al doilea rând, în timpul topirii substanța trebuie să primească energie.

Procesul termic de trecerea a substanței din starea lichidă în cea solidă se numește cristalizare. Temperatura de cristalizare a substanței este egală cu temperatura de topire a ei.

Pentru a transforma substanța din starea lichidă în cea cristalină de asemenea trebuie să fie satisfăcute două condiții: în primul rând, lichidul trebuie să fie răcit până la temperatura de cristalizare; în al doilea rând, în timpul cristalizării substanța trebuie să cedeze energie.



Întrebări pentru control

1. Care proces se numește topire? 2. Cum se schimbă temperatura substanței în timpul topirii? 3. Care proces se numește cristalizare? 4. Comparați temperaturile de topire (cristalizare) ale diferitor substanțe. 5. Oare se va topi gheața într-un frigider, în care temperatura este de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$? Dar se va cristaliza oare la o asemenea temperatură apa? 6. Descrieți procesele, ce au loc în timpul topirii gheții și cristalizării apei.



Exercițiul Nr. 11

- De ce filamentul de incandescență al becului electric se confecționează din wolfram?
- În fig. 1 este reprezentat graficul topirii și cristalizării unei substanțe. Cărei stări de agregare a substanței îi corespunde punctele A, B, C și D ale graficului?
- În fig. 2 sunt reprezentate graficele topirii unor substanțe. Care substanță are cea mai înaltă temperatură de topire? Care substanță la începutul experimentului avea cea mai mare temperatură? Folosind tabelul 2 din Anexă, determinați despre ce substanțe este vorba.

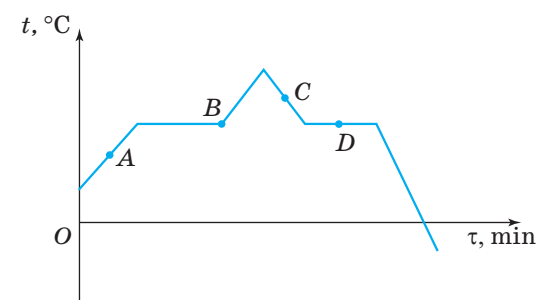


Fig. 1

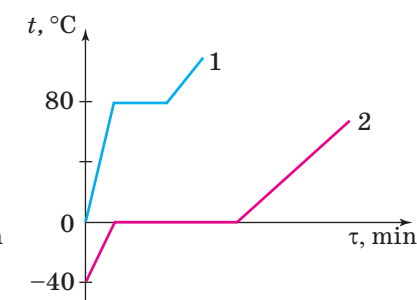


Fig. 2

- Într-o găleată cu apă plutesc bucăți de gheață. Se va topi oare gheața, sau va îngheța apa? De ce depinde aceasta?
- Folosiți surse suplimentare de informații și aflați, când și de ce se formează țurțurii.
- Care dintre mărimile fizice date este o caracteristică a corpului?
 - masa;
 - rigiditatea;
 - volumul;
 - densitatea;
 - energia cinetică;
 - capacitatea termică specifică.



Însărcinare experimentală

«Sarea înghețată». Amestecați 100 g de zăpadă, luată la temperatura de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ și 30 g de sare de bucătărie (1 lingura cu vârf). Zăpada va începe repede să se topească și să se răcească. Dacă într-o astfel de soluție se va introduce o bucățică de cartof, atunci ea va îngheța. Explicați de ce. (Sugestie: temperatura de cristalizare a soluției apoase de sare este mai joasă decât temperatura de înghețare a apei, și depinde de concentrația soluției).

§ 12. CĂLDURA SPECIFICĂ DE TOPIRE

În fotografie sunt reprezentate substanțe cristaline (oțelul și gheața) de aceeași masă, care se află la temperatură apropiată de temperatura de topire. Pentru a topi aceste substanțe, lor trebuie să li se transmită o anumită cantitate de căldură. Oare aceeași cantitate de căldură trebuie să li se transmită gheții și oțelului, pentru a le transforma în stare lichidă? Să aflăm.



1 Introducem noțiunea de căldură specifică de topire a substanței

Voi știți deja, că în timpul trecerii substanței din starea solidă în cea lichidă substanța absoarbe o anumită cantitate de căldură și energia internă a substanței crește, iar trecerea substanței din starea lichidă în cea solidă este însoțită de degajarea căldurii și de micșorarea energiei interne a substanței.

Studierea proceselor de topire și cristalizare au demonstrat, că *cantitatea de căldură, care trebuie să fie consumată pentru topirea unei anumite mase de substanță, este egală cu cantitatea de căldură, ce se degajă în timpul cristalizării acestei substanțe* (fig. 12.1).

Apare întrebarea: oare aceeași cantitate de căldură trebuie să fie consumată pentru topirea diferitelor substanțe cu aceeași masă? Logic ar fi să presupunem, că diferită: forțele de interacțiune dintre particulele diferitelor substanțe sunt diferite, și, prin urmare, pentru distrugerea diferitelor rețele cristaline, probabil, e nevoie de diferite cantități de energie. Și într-adevăr e așa. De exemplu, pentru a topi 1 kg de gheață, ei trebuie să i se transmită de 13 ori mai multă căldură, decât e necesar pentru topirea 1 kg de plumb.

Mărimea fizică, care arată, câtă căldură absoarbe 1 kg de substanță cristalină solidă în timpul transformării ei în lichid, se numește *căldură specifică de topire*.

Căldura specifică de topire – mărimea fizică, ce caracterizează o anumită substanță și este egală cu cantitatea de căldură, care trebuie transmisă substanței cristaline solide cu masa de 1 kg pentru ca ea la temperatura de topire să fie transformată complet în lichid.

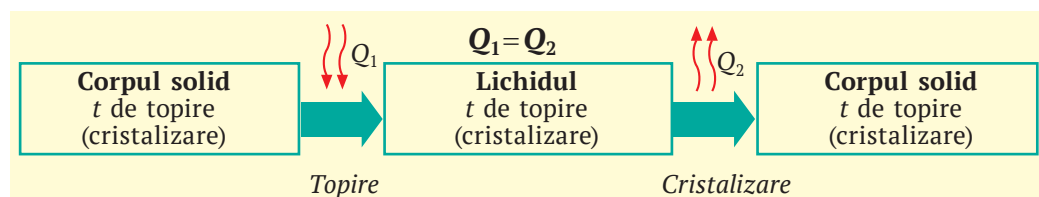


Fig. 12.1. În timpul topirii substanța absoarbe aceeași cantitate de căldură, pe care o degajă în timpul cristalizării: $Q_1 = Q_2$

Căldura specifică de topire se notează cu simbolul λ («lambda») și se calculează după formula:

$$\lambda = \frac{Q}{m},$$

unde Q – cantitatea de căldură necesară pentru topirea substanței cu masa m .

Din formula pentru determinarea căldurii specifice de topire vom afla *unitatea ei de măsură în SI – joule pe kilogram*:

$$[\lambda] = 1 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

Căldura specifică de topire arată cu cât e mai mare energia internă a 1 kg de substanță în starea lichidă la temperatura de topire, decât energia internă a 1 kg de această substanță în starea solidă. În acesta constă sensul fizic al căldurii specifice de topire.

Astfel căldura specifică de topire a gheții este egală cu 332 kilojouli pe kilogram $\left(\lambda = 332 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\right)$. Aceasta înseamnă: pentru a topi 1 kg de gheață, ce se află la temperatura de topire (0°C), trebuie să i se transmită 332 kilojouli de căldură. Aceeași cantitate de căldură (332 kJ) se va degaja și în timpul cristalizării 1 kg de apă. Adică la temperatură de 0°C energia internă a 1 kg de apă e mai mare decât energia internă a 1 kg de gheață la aceeași temperatură cu 332 kJ.

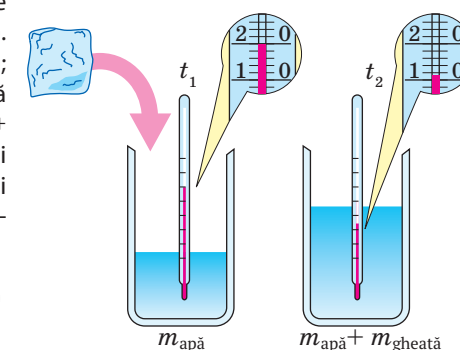
? Ce înseamnă afirmația: «Căldura specifică de topire a oțelului este de $84 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$ »?

Căldura specifică de topire a substanței este determinată pe cale experimentală și fixată în tabele (vezi. tabelul 3 al Anexei).

Să se determine căldura specifică de topire a substanțelor greu fuzibile (substanțe, care au o temperatură de topire foarte înaltă) e destul de dificil. Însă, căldura specifică de topire a substanțelor ușor fuzibile, cum ar fi gheața, voi o puteți determina chiar și de sine stătător (fig. 12.2).

Fig. 12.2. Experiment pentru determinarea căldurii specifice de topire a gheții. În calorimetru, care conține o masă cunoscută de apă $m_{\text{apă}}$ la temperatura t_1 , se introduce gheață la temperatura de topire ($t_{\text{top}} = 0^\circ\text{C}$). Apa va ceda căldură și se va răci: $Q_{\text{apă}} = c_{\text{apă}} m_{\text{apă}} (t_1 - t_2)$; gheața, primind căldură, se va topi, iar apa obținută în urma topirii – se va încălzi: $Q_{\text{gheață}} = \lambda_{\text{gheață}} m_{\text{gheață}} + c_{\text{apă}} m_{\text{gheață}} (t_2 - t_{\text{top}})$. Măsurând după topirea gheții temperatura t_2 a apei și masa ($m = m_{\text{apă}} + m_{\text{gheață}}$) și calculând masa gheții ($m_{\text{gheață}} = m - m_{\text{apă}}$), se determină căldura specifică de topire a gheții:

$$\lambda_{\text{gheață}} = \frac{c_{\text{apă}} m_{\text{apă}} (t_1 - t_2) - c_{\text{apă}} m_{\text{gheață}} (t_2 - t_{\text{top}})}{m_{\text{gheață}}}$$



2 Calculăm cantitatea de căldură, care este necesară pentru topirea substanței sau degajată în timpul cristalizării ei

Pentru a calcula cantitatea de căldură, necesară pentru topirea substanței cristaline, luate la temperatura de topire trebuie de înmulțit căldura specifică de topire a acestei substanțe cu masa ei:

$$Q = \lambda m,$$

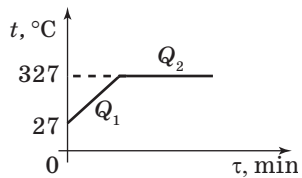
unde Q – cantitatea de căldură, pe care o absoarbe substanța solidă cristalină; λ – căldura specifică de topire; m – masa substanței. (Într-adevăr, conform definiției căldurii specifice de topire: $\lambda = \frac{Q}{m}$, de aici $Q = \lambda m$.)

E clar, că cantitatea de căldură, care se degajă în timpul cristalizării, se calculează după aceeași formulă.

3 Ne învățăm a rezolva probleme

Problemă. Ce cantitate de căldură este necesară pentru a topi 5 kg de plumb, luat la temperatura de

Analiza problemei fizice. Pentru a topi plumbul, el trebuie să fie mai întâi încălzit până la temperatura de topire. Vom găsi în tabelul 2 din Anexă temperatura de topire a plumbului t_2 și vom construi graficul schematic al procesului.



Cantitatea totală de căldură Q va fi egală cu suma dintre cantitatea de căldură Q_1 , necesară pentru încălzirea plumbului până la temperatura de topire și cantitatea de căldură Q_2 , necesară pentru topire. Capacitatea termică specifică c și căldura specifică de topire a plumbului λ le vom găsi respectiv în tabelele 1 și 3 din Anexă.

Se dă:
 $m = 5 \text{ kg}$
 $t_1 = 27 \text{ }^\circ\text{C}$
 $t_2 = 327 \text{ }^\circ\text{C}$
 $c = 140 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C}}$
 $\lambda = 25 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} =$
 $= 25000 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$

Să se afle:
 $Q = ?$

Căutarea modelului matematic, rezolvarea

$$Q = Q_1 + Q_2; \quad (1)$$

$$Q_1 = cm(t_2 - t_1) - \text{încălzirea}; \quad (2)$$

$$Q_2 = \lambda m - \text{topirea}. \quad (3)$$

Înlocuind formulele (2) și (3) în formula (1), definitiv vom obține:

$$Q = cm(t_2 - t_1) + \lambda m.$$

Verificăm unitatea de măsură, determinăm valoarea mărimii căutate:

$$[Q] = \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C}} \cdot \text{kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C} + \frac{\text{J}}{\text{kg}} \cdot \text{kg} = \text{J} + \text{J} = \text{J};$$

$$Q = 140 \cdot 5 \cdot (327 - 27) + 25000 \cdot 5 = 335000 \text{ (J)}.$$

Răspuns: $Q = 335 \text{ kJ}$.



Facem totalurile

Mărimea fizică, ce caracterizează o anumită substanță și este egală cu cantitatea de căldură, care trebuie transmisă 1 kg de această substanță, luată în stare solidă pentru a o transforma complet în lichid la temperatura de topire, se numește căldură specifică de topire λ .

Căldura specifică de topire arată, cu cât la temperatura de topire energia internă a 1 kg de substanță în starea lichidă este mai mare decât energia internă a acestei substanțe în starea solidă.

Căldura specifică de topire se calculează după formula $\lambda = \frac{Q}{m}$ și în SI se măsoară în jouli pe kilogram (J/kg).

Cantitatea de căldură, care trebuie consumată pentru a topi o anumită substanță, luată la temperatura de topire, este egală cu cantitatea de căldură degajată în timpul cristalizării acestei substanțe. Această cantitate de căldură se calculează după formula $Q = \lambda m$.



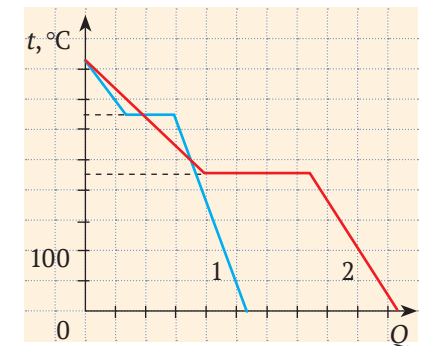
Întrebări pentru control

1. De ce depinde cantitatea de căldură, ce se degajă în timpul cristalizării substanței?
2. Ce se numește căldură specifică de topire a substanței?
3. Care este sensul fizic al căldurii specifice de topire?
4. Cum se calculează cantitatea de căldură, ce este necesară pentru topirea substanței sau se degajă în timpul cristalizării ei?



Exercițiul Nr. 12

1. Ce cantitate de căldură este necesară pentru a topi 500 g de cupru, luat la temperatura de topire?
2. Care corp are o energie internă mai mare: o bară de aluminiu cu masa de 1 kg, luată la temperatura de topire, sau 1 kg de aluminiu topit la aceeași temperatură? Cu cât mai mult?
3. Ce cantitate de căldură se va degaja în timpul cristalizării a 100 kg de oțel și răcirii lui ulterioare până la 0 °C? Temperatura inițială a oțelului este de 1400 °C.
4. Ce cantitate de căldură este necesară pentru a transforma 25 g de gheață, luată la temperatura de -15 °C, în apă cu temperatura de 10 °C?
5. În apă fierbinte s-a pus gheață, masa căreia este egală cu masa apei. După ce toată gheața s-a topit, temperatura apei a scăzut până la 0 °C. Care a fost temperatura inițială a apei, dacă temperatura inițială a gheții era egală cu 0 °C?
6. În figură sunt reprezentate graficele dependenței temperaturii de cantitatea de căldura degajată în procesul cristalizării a două substanțe de aceeași masă. Care substanță are o temperatură de topire mai mare? o căldură specifică de topire mai mare? o capacitate termică specifică mai mare în stare lichidă?



7. O bilă de plumb, care se mișcă cu viteza de 300 m/s, s-a lovit de o placă de metal și s-a oprit. Ce parte din plumb s-a topit, dacă se va considera, că plumbul a absorbit complet energia, care s-a degajat în timpul loviturii? Temperatura inițială a bilei este de 27 °C.
8. La fundul vasului s-a format gheață. În vas s-a turnat apă. Se va schimba oare nivelul apei din vas după aceea, ce toată gheața se va topi? Dacă se va schimba, atunci cum?



Însărcinare experimentală

Folosind fig. 12.2, scrieți planul efectuării experimentului pentru determinarea căldurii specifice de topire a gheții. Ce aparate sunt necesare pentru aceasta? Dacă e posibil, efectuați experimentul.

Sugestie: dacă gheața, care a început să se topească se va șterge minuțios cu un șervețel, atunci ea aproape că nu va conține apă, iar temperatura ei va fi de 0 °C.



§ 13. VAPORIZAREA ȘI CONDENSAREA

De ce ieșind dintr-un râu într-o zi călduroasă de vară, noi simțim răcoarea? Unde dispar băltoacele după ploaie? Pentru ce câinele în timpul arșiței scoate limba? De ce, dacă vrem să răcim mâinile, noi suflăm asupra lor, iar dacă vrem să le încălzim, atunci expirăm? În fiecare zi, ne putem pune o mulțime de întrebări asemănătoare. În acest paragraf veți găsi răspunsuri la unele dintre ele.

1 Facem cunoștință cu procesul de vaporizare

Orice substanță se poate transforma dintr-o stare de agregare în alta. În anumite condiții corpul solid se poate transforma în lichid, lichidul poate din nou să se solidifice sau să se transforme în gaz.

Procesul termic de trecere a substanței din starea lichidă în cea gazoasă se numește **vaporizare**.

Lichidul se poate transforma în gaz prin două metode: *evaporare* și *fierbere*. Vom începe a face cunoștință cu crearea vaporilor, începând cu procesul de evaporare.

Dacă se va vărsa apa, atunci după un timp oarecare balta va dispărea; lucrurile, care s-au udat în ploaie, neapărat peste un timp vor fi uscate; chiar și urma de ulei, ce a rămas pe asfalt de la o mașină defectată, cu timpul devine aproape invizibilă. Toate aceste fenomene pot fi explicate prin evaporarea lichidului.

Evaporarea – aceasta-i procesul de vaporizare de pe suprafața liberă a lichidului*.

* Procesul de vaporizare se realizează și de pe suprafața corpurilor solide (voi, probabil, ați simțit mirosul de naftalină, ați observat, că în timpul înghețurilor severe undeva dispar băltoacele înghețate, etc.). Acest proces este numit *sublimare*. Procesul invers – trecerea substanței din starea gazoasă în cea cristalină – se numește *cristalizare*.

2 Explicăm procesul de evaporare și facem concluzii

Să examinăm procesul de evaporare din punctul de vedere al teoriei cinetico-moleculare. Moleculele lichidului sunt în mișcare continuă, schimbându-și permanent atât valoarea cât și direcția vitezei sale de mișcare. Printre moleculele stratului de la suprafața lichidului întotdeauna sunt de acelea, ce «încearcă» să zboare din lichid. Aceste molecule, care la un moment dat se mișcă mai lent, nu vor putea depăși atracția moleculelor vecine și vor rămânea în lichid. Dacă însă în apropierea suprafeței se va afla o moleculă «rapidă», atunci energia ei cinetică va fi suficientă pentru a efectua un lucru împotriva forțelor de atracție intermoleculare, și ea va zbura în afara lichidului (fig. 13.1).

După familiarizarea cu mecanismul evaporării se pot face câteva concluzii.

În primul rând, faptul că în lichid mereu sunt molecule, care se mișcă destul de repede, ne permite să facem concluzia, că *evaporarea lichidelor are loc la orice temperatură*.

În al doilea rând, deoarece în timpul evaporării lichidul îl părăsesc cele mai rapizi moleculele, energia cinetică medie a moleculelor rămase se micșorează. De aceea, *dacă lichidul nu primește energie din exterior, el se răcește*.

În afară de aceasta, în timpul evaporării se efectuează un lucru împotriva forțelor de atracție intermoleculare și împotriva presiunii exterioare, de aceea *procesul de evaporare este însoțit de absorbție de energie* (fig. 13.2).

3 Aflăm de ce depinde viteza evaporării

Cu cât e mai înaltă temperatura lichidului, cu atât lichidul se evaporă mai repede. Doar odată cu creșterea temperaturii lichidului crește numărul de molecule «rapizi», de aceea tot mai multe dintre ele au posibilitatea să învingă forțele intermoleculare de atracție și să zboare din lichid.

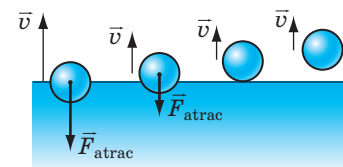


Fig. 13.1. Molecula, care zboară din lichid trebuie să învingă forțele de atracție intermoleculare, ce o atrag înapoi în lichid



Fig. 13.2. După scăldat, pe corpul omului sunt picături de lichid. Evaporându-se lichidul absoarbe energie, și omul simte răcoarea chiar și într-o zi foarte călduroasă



Fig. 13.3. Pentru întrebarea din § 13

? Pentru a usca hainele, noi uneori le punem pe un radiator fierbinte (fig. 13.3) sau le călcăm. De ce în astfel de cazuri hainele se usucă comparativ repede?

Atragem atenția încă la un lucru. Încercând să uscăm hainele repede, noi n-o să le punem pe radiator pe o grămadă, ci o să le îndreptăm, pentru că hainele șifonate se usucă mult mai lent. De ce? Deoarece viteza de evaporare depinde de aria suprafeței libere a lichidului: cu cât e mai mare aria suprafeței lichidului, cu atât mai multe molecule «rapizi» sunt pe această suprafață și cu atât mai repede se evaporă lichidul (fig. 13.4).

Vom desena pe sticlă sau tabla din clasă trei figuri. Una o vom reprezenta cu un șervețel înmuiat în spirt, a doua – cu un șervețel înmuiat în apă, a treilea – cu un șervețel înmuiat în ulei (fig. 13.5). Figura «din spirt» se evaporă într-o clipă, cea «din apă» va rezista un pic mai mult, în schimb cea «din ulei» ne va bucura câteva zile. Chestia constă în aceea, că forțele de atracție dintre moleculele diferitor lichide sunt diferite, de aceea viteza evaporării depinde de natura lichidului. Evident, că se evaporă mai încet lichidul, a cărui molecule interacționează mai puternic una cu alta.

Experiența zilnică arată, că viteza evaporării depinde de asemenea de circulația aerului. De fapt, pentru a usca repede părul, noi conectăm uscătorul pe cel mai puternic regim de viteză (fig. 13.6); pentru a răci mâna arsă, suflăm pe ea. Lenjeria, atârnată la vânt se usucă mai repede decât la liniște. Această dependență de asemenea poate fi explicată ușor din punctul de vedere al mișcării moleculare. Lângă suprafața lichidului întotdeauna există un «nor» de molecule, care au zburat din el (fig. 13.7). Aceste molecule se mișcă haotic, se ciocnesc între ele și cu moleculele altor gaze, din care este alcătuit aerul. Ca rezultat, molecula lichidului poate atât de aproape să ajungă de suprafața lui, încât forțele de interacțiune intermoleculară vor «prinde» molecula și din nou o vor întoarce în lichid. Iar dacă este vânt, atunci el duce moleculele, ce au



Fig. 13.4. Odată cu mărirea ariei suprafeței lichidului (ceaiul este turnat din cană într-o farfurie) viteza de evaporare se mărește. Dar deoarece în timpul evaporării ceaiul cedă energie, el se răcește mai repede (B. M. Coustodiev «Negustoreasa la ceai»)



Fig. 13.5. Demonstrarea dependenței vitezei de evaporare de tipul lichidului. Peste o minută figura, care este desenată cu spirt, va dispărea complet; figura desenată cu apă parțială va rămâne; evaporarea uleiului deloc nu se va observa

zburat din lichid și nu le dă posibilitatea să se reîntoarcă.

Dacă moleculele, părăsind lichidul, nu s-ar reîntoarce deloc în el, atunci viteza de evaporare ar fi fost foarte mare. De exemplu, un pahar plin cu apă la temperatura camerei s-ar fi evaporat în 4 minute, doar în aceste condiții, de pe 1 cm² de apă în fiecare secundă zboară 10²¹ molecule.

4 Facem cunoștință cu procesul de condensare

Voi deja știți, că moleculele încetinu sar din lichid și că o anumită cantitate a lor se reîntorc în acest lichid. Astfel, de rând cu procesul de evaporare, în timpul căruia lichidul se transformă în vapori, există un proces invers, când substanța din starea gazoasă se transformă în cea lichidă.

Trecerea substanței din starea gazoasă în cea lichidă se numește **condensare**.

Procese de condensare (din limba latină *condensatio* – îndesire, comprimare) ale apei noi întâlnim în natură în fiecare zi. Astfel, într-o dimineață de vară pe frunzele plantelor noi vedem picături transparente de rouă (fig. 13.8, a). Aceasta sunt vapori de apă, care se acumulează în aer pe parcursul zilei din cauza evaporării, iar noaptea se răcesc și se condensează.



Fig. 13.8. Manifestările condensării în natură: căderea de rouă (a); formarea norilor (b); apariția ceații (c)



Fig. 13.6. Viteza de evaporare depinde de circulația aerului

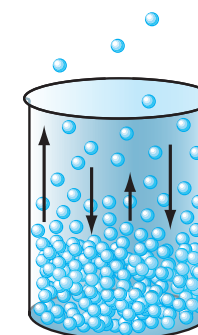


Fig. 13.7. Multe molecule, care au părăsit lichidul se reîntorc în el din cauza mișcării termice

Când aerul umed se ridică în straturile superioare ale atmosferei, atunci, răcindu-se, el formează *norii* (fig. 13.8, b). Dacă aerul umed se răcește în apropierea suprafeței Pământului, se formează *ceața* (fig. 13,8 c). Și norii și ceața constau din picături mici de apă, care s-au format în urma condensării vaporilor de apă*. Deoarece *procesul de condensare este însoțit de degajarea energiei*, formarea ceții încetinește scăderea temperaturii aerului.



Facem totalurile

Procesul termic de trecere a substanței din starea lichidă în cea gazoasă se numește vaporizare. Procesul de vaporizare de pe suprafața liberă a lichidului se numește evaporare.

Evaporarea are loc la orice temperatură, și ea este cu atât mai intensă, cu cât e mai mare temperatura lichidului. Viteza de evaporare, de asemenea, se mărește odată cu creșterea suprafeței libere a lichidului și în urma mișcării aerului din apropierea acestei suprafețe. În afară de aceasta, evaporarea depinde de natura lichidului.

Procesul termic de trecere a substanței din starea gazoasă în cea lichidă se numește condensare.

Evaporarea are loc cu absorbția energiei. Condensarea, invers, este însoțită de degajarea energiei.



Întrebări pentru control

1. Ce este vaporizarea? 2. Ce metode de vaporizare voi cunoașteți? 3. Ce este evaporarea? 4. De care factorii și de ce depinde viteza de evaporare? Dați exemple. 5. Ce este condensarea? Dați exemple de condensare în natură.



Exercițiul Nr. 13

- Când băltoacele după ploaie se usucă mai repede – în vreme caldă sau rece? De ce?
- De ce după umezirea mâinii cu spirt senzația de frig este mai puternică, decât după umezirea cu apă?
- Rămânând un timp îndelungat în haine sau încălțăminte umede, vă puteți răci. De ce?
- De ce câinele scoate limba în timpul arșiței?
- Fiind afara într-o zi geroasă, puteți vedea «vapori», ce ies din gură. Ce vedeți voi în realitate?
- Primăvara, când zăpada se topește intens, peste câmpuri uneori se formează ceață. Pe măsura dispersării ei se poate observa, că cantitatea zăpezii a scăzut considerabil. În popor se spune: «Ceața de primăvară mănâncă zăpada». Explicați această afirmație din punct de vedere al fizicii.

* Norii de asemenea pot fi compuși (parțial sau total) din cristale de gheață.

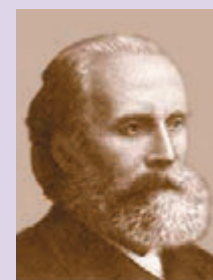
- Peste 4500 de ani în urmă egiptenii foloseau ulcioare, în care apa rămânea rece chiar și într-o zi de arșiță. În Evul Mediu ulcioarele de răcire (alkaratsa) erau răspândite între popoarele sudice. La sfârșitul secolului XX o invenție asemănătoare a fost făcută de către locuitorul Nigeriei Mohammed Bah Abba. «Frigiderul» lui astăzi e numit «pot in pot» («ulciior în ulciior»), el funcționează fără energie electrică și permite păstrarea produselor pe un timp îndelungat (vezi desenul). Folosiți surse suplimentare de informații și aflați mai multe despre ulcioarele de răcire. Pregătiți o comunicare.



Însărcinare experimentală

Luați un șervețel de bumbac umezit bine și stors, puneți-l pe o farfurie și farfuria puneți-o în frigider. Convingeți-vă, că peste un anumit timp șervețelul se va întări, iar după câteva zile se va usca. Folosiți surse suplimentare de informații și pregătiți un raport despre evaporarea corpurilor solide.

Fizica și tehnica în Ucraina



Măhailo Petrovici Avenarius (1835–1895) în decursul anilor 1865–1891 a lucrat la Universitatea din Kiev. Savantul a fost organizatorul și conducătorul școlii kievene de fizicieni-experimentatori – prima școală de fizică din Ucraina.

Principalele lucrări științifice ale lui M. P. Avenarius se referă la termoelectricitate și fizică moleculară. Învățatul a sugerat și a argumentat una dintre formulele de bază, care descrie fenomenul termoelectricității (legea lui Avenarius). În domeniul fizicii moleculare M. P. Avenarius a studiat stările lichidă și gazoasă ale substanțelor în condițiile variației temperaturii și presiunii. Pe parcursul anilor

1873–1877 Avenarius împreună cu ucenicii săi a obținut caracteristicile cantitative ale acestor procese, care au intrat în îndreptarele de fizică de pe vremea aceea. M. P. Avenarius primul a subliniat faptul, că în punctul critic căldura specifică de vaporizare este egală cu zero. Savantul a propus un sistem original de distribuție a curenților alternativi, a fost inițiatorul studierii radiației solare și a energiei electrice atmosferice în țară.

Sistemul de iluminare perfecționat de către Avenarius a fost prezentat la expoziția electrotehnică din Paris în anul 1881, unde a primit medalie de argint. Pentru aceasta Măhailo Petrovici a fost decorat cu cea mai înaltă distincție a Franței – ordinul Legiunii de Onoare.

§ 14. FIERBEREA. CĂLDURA SPECIFICĂ DE VAPORIZARE

Până la ce temperatură se poate încălzi apa? Are oare rost să fie mărită puterea arzătorului, pentru a accelera gătitul supei? Cum se poate fierbe apa, folosind zăpada? La toate aceste întrebări veți putea da răspunsuri de singuri după studierea acestui paragraf.

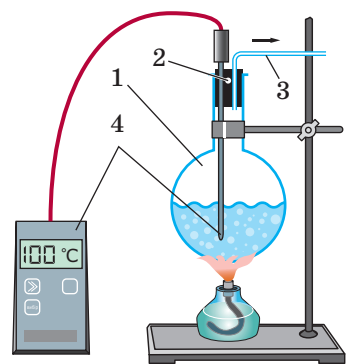


Fig. 14.1. Dispozitiv pentru observarea și studierea procesului de fierbere a lichidului: 1 – retortă de sticlă; 2 – dop de cauciuc cu găuri; 3 – tub pentru evacuarea vaporilor de apă; 4 – termometru

1 Facem cunoștință cu procesul de fierbere

Să efectuăm un experiment. Să fixăm o retortă cu apă în cleștele stativului și să o astupăm cu un dop, lăsând în dop două găuri. Într-una din găuri introducem un tub pentru evacuarea aburului în a doua introducem termometrul (fig. 14.1). Începem să încălzim apa în retortă.

Peste un anumit timp oarecare fundul și părțile laterale ale retortei se vor acoperi cu *bule* (fig. 14.2, a), care sunt formate de către gazele dizolvate în apă și vaporii de apă*. Chestia constă în aceea, că odată cu mărirea temperaturii solubilitatea gazelor scade, iar gazul «suplimentar» se elimină în interiorul bulelor. Cu mărirea temperaturii presiunea gazului din interiorul bulelor de asemenea crește și în momentul, când această presiune depășește presiunea exterioară, bulele vor începe să se mărească în volum.

După ce fiecare bulă atinge o anumită dimensiune *forța lui Arhimede* ce acționează asupra ei, o rupe de pe fundul vasului și bulina se ridică (fig. 14.2 b). În locul bulelor, ce s-au rupt, rămâne o cantitate mică de gaz – *germeni de noi bule*.

Straturile superioare ale lichidului un anumit timp sunt mai reci decât cele inferioare, de aceea în straturile superioare vaporii de apă se condensează în interiorul bulelor și bulele brusc scad în volum – pocnesc. Acest proces este însoțit de zgomot și formarea a numeroase bule mici. Apa devine tulbură – se spune că ea «fierbe ca un izvor alb».

Când tot lichidul se va încălzi (temperaturile straturilor superioare și inferioare se vor egala), bulele ridicându-se, deja nu se vor mai micșora în volum, ci invers se vor mări, *deoarece în interiorul bulelor se evaporă intens apa* (fig. 14.2, c).

* Micro bulinele de gaz în lichid sunt permanent, însă ele se observă mai bine la o temperatură destul de înaltă.

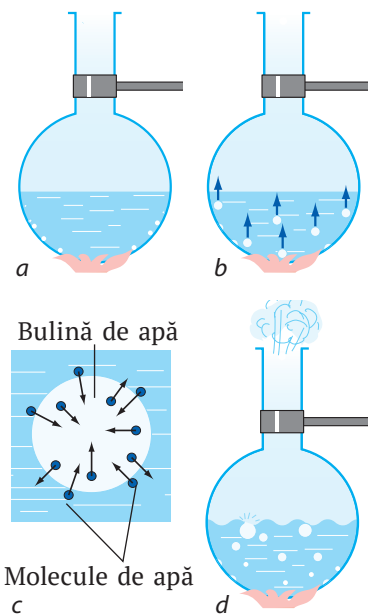


Fig. 14.2. Observarea procesului de clocotire a apei

Ajunghând la suprafața lichidului, bulele crapă și degajă în afară o cantitate mare de vapori de apă (fig. 14,2 d). Apa în acest caz clocotește – noi spunem că ea fierbe. Termometrul în acest moment indică temperatura de 100°C.

Fierberea – aceasta-i procesul de evaporare, care are loc în tot volumul lichidului și este însoțit de formarea și creșterea bulelor de vapori.

2 Aflăm de ce depinde temperatura de fierbere

Vom continua experimentul (vezi punctul 1 al paragrafului). Vom continua să încălzim mai departe apa deja clocotită și vom urmări indicațiile termometrului. Vom vedea, că coloana termometrului s-a oprit la diviziunea de 100 °C. Așadar, în timpul fierberii temperatura lichidului nu se schimbă.

Temperatura, la care un lichid fierbe se numește **temperatură de fierbere**.

De ce în timpul gătitului (fig. 14.3), după ce lichidul începe să fiarbă, e bine să se reducă puterea încălzitorului?

Să clarificăm, de ce depinde temperatura de fierbere a lichidului. Mai întâi vom opri ieșirea vaporilor din retortă, strângând strâns tubul de evacuare a vaporilor (fig. 14.4). Vaporii se vor aduna deasupra suprafeței apei, presiunea deasupra lichidului va crește, fierberea pentru un timp va înceta, iar temperatura lichidului va începe să crească. Așadar, temperatura de fierbere depinde de presiunea exterioară. *Odată cu creșterea presiunii exterioare crește temperatura de fierbere a lichidului* (fig. 14.5).

Dacă în retortă se va turna apă caldă și cu ajutorul unei pompe se va pompa aerul din retortă, atunci peste un anumit timp pe suprafața interioară a retortei vom vedea bule de gaz. Dacă vom pompa aerul în continuare, atunci apa va fierbe (fig. 14.6), însă deja la o temperatură mai joasă de 100 °C. *Odată cu scăderea presiunii exterioare temperatura de fierbere a lichidului scade*.



Fig. 14.3. Pentru întrebările din § 14

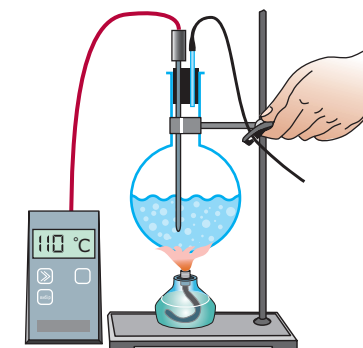


Fig. 14.4. În cazul în care tubul de evacuare a vaporilor este închis presiunea în interiorul retortei crește și aceasta duce la mărirea temperaturii de fierbere a lichidului



Fig. 14.5. Oala de presiune: datorită supapelor și capacului ermetic în spațiul de deasupra lichidului se menține o presiune înaltă, de aceea temperatura de fierbere a apei într-o asemenea oală constituie în jur de 120 °C

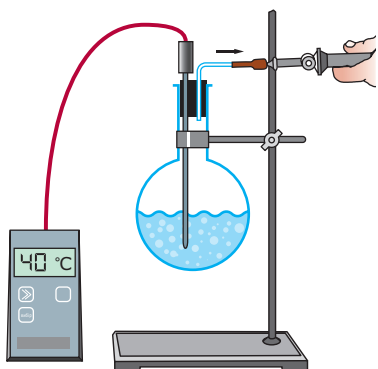


Fig. 14.6. Observarea scăderii temperaturii de fierbere a apei cu condiția micșorării presiunii exterioare

Urmărind fierberea altor lichide, de exemplu a spirtului, uleiului, eterului, se poate observa, că la aceeași presiune ele fierb la temperaturi diferite, care diferă de temperatura de fierbere a apei. Adică *temperatura de fierbere depinde de natura lichidului*. Despre temperatura de fierbere a unor substanțe la presiune atmosferică normală voi puteți afla din tabelul 4 din Anexă.

Temperatura de fierbere de asemenea depinde de prezența în lichid a gazelor dizolvate. Dacă apa va fierbe mult timp, eliminând astfel gazul dizolvat din ea, atunci din nou la presiune normală această apă poate fi încălzită până la o temperatură mai mare de 100 °C. O astfel de apă se numește *supraîncălzită**.

3 Introducem noțiunea de căldură specifică de vaporizare

Procesului de fierbere – aceasta-i procesul de trecere a lichidului în vapori, și acest proces este însoțit de absorbția energiei. De aceea, *pentru menținerea fierberii lichidului trebuie să i se comunice o anumită cantitate de căldură*. Această energie se consumă pentru ruperea legăturilor intermoleculare și formarea vaporilor.

Experimentele arată: *cantitatea de căldură necesară pentru transformarea lichidului în vapori, depinde de natura lichidului*.

Căldura specifică de vaporizare – aceasta-i mărimea fizică, ce caracterizează o anumită substanță și este egală cu cantitatea de căldură, care urmează să fie transmisă lichidului cu masa de 1 kg pentru ca el la temperatură constantă să fie transformat în vapori.

Căldura specifică de vaporizare se notează cu simbolul r^{**} și se calculează după formula:

$$r = \frac{Q}{m},$$

unde Q – cantitatea de căldură, primită de lichid; m – masa vaporilor obținuți.

Din formula pentru determinarea căldurii specifice de vaporizare obținem unitatea de măsură a *acestei mărimi în SI – joule pe kilogram*:

$$[r] = 1 \frac{\text{J}}{\text{kg}}.$$

Căldura specifică de vaporizare este determinată pe cale experimentală (fig. 14.7) și introdusă în tabele (vezi. tabelul 5 din Anexă).

* în mod analog în lipsa centrelor de cristalizare se poate obține apă supraîncălzită, temperatura căreia este mai joasă de 0 °C.

** pentru notarea căldurii specifice de vaporizare se folosește de asemenea simbolul L .

4 Calculăm cantitatea de căldură, care se consumă pentru transformarea unui lichid în vapori sau se degajă în timpul condensării vaporilor

Pentru a calcula cantitatea de căldură necesară pentru transformarea unui lichid în vapori la temperatură constantă, trebuie de înmulțit căldura specifică de vaporizare a acestui lichid cu masa lui:

$$Q = rm,$$

unde Q – cantitatea de căldură, pe care o absoarbe lichidul; r – căldura specifică de vaporizare; m – masa lichidului (masa vaporilor formați). (Într-adevăr, din definiția căldurii specifice de

vaporizare: $r = \frac{Q}{m}$, de unde $Q = rm$.)

Dacă în fața tubului pentru evacuarea vaporilor se va pune un oarecare obiect rece, atunci vaporii se vor condensa pe el (fig. 14.8). Măsurători minuțioase arată, că în timpul condensării vaporilor se degajă exact aceeași cantitate de căldură, care se consumă pentru formarea vaporilor.

5 Ne învățăm a rezolva probleme

Problemă 1. Ce cantitate de căldură este necesară pentru a aduce până la fierbere și a transforma complet în vapori 3 kg de apă, luată la temperatura de 0 °C?

Analiza problemei fizice. Să construim graficul schematic al dependenței temperaturii apei de timpul încălzirii (fig. 14.9).

La momentul inițial temperatura apei (t_0) era 0 °C – punctul O de pe grafic. În timpul încălzirii temperatura apei va crește direct proporțional cu cantitatea de căldură primită Q_1 , și prin urmare, timpul încălzirii (porțiunea OA). Încălzindu-se până la 100 °C (temperatura de fierbere a apei), apa începe să fiarbă și temperatura ei nu se va schimba până când toată apa nu se va evapora (porțiunea AB a graficului). Apa în acest timp primește o anumită cantitate de căldură Q_2 . Capacitatea termică specifică c și căldura specifică de vaporizare a apei r le vom găsi respectiv în tabelele 1 și 5 din Anexă.

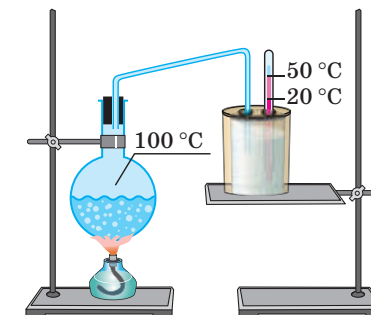


Fig. 14.7. Experiență pentru determinarea căldurii specifice de vaporizare a apei (vezi problema 2 din punctul 5 al § 14)

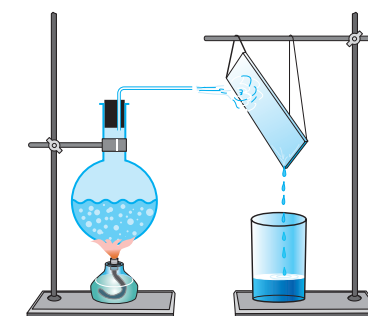


Fig. 14.8. Experiența, care demonstrează condensarea vaporilor

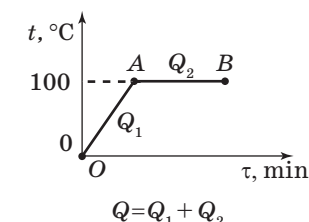


Fig. 14.9. Pentru problema din § 14

Se dă:
 $m = 3 \text{ kg}$
 $t_0 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$
 $t = 100 \text{ }^\circ\text{C}$
 $c = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C}}$
 $r = 2,3 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}} = 2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$

Să se afle:
 $Q - ?$

Căutarea modelului matematic, rezolvarea
 $Q_1 = cm(t - t_0)$ – cantitatea de căldură, necesară pentru încălzirea apei; (1)
 $Q_2 = rm$ – cantitatea de căldură, necesară pentru transformarea apei în vapori; (2)
 $Q = Q_1 + Q_2$ – cantitatea de căldură totală. (3)

Înlocuind formulele (1) și (2) în formula (3), vom obține:
 $Q = cm(t - t_0) + rm.$

Verificăm unitatea de măsură, aflăm valoarea mărimii căutate:
 $[Q] = \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C}} \cdot \text{kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C} + \frac{\text{J}}{\text{kg}} \cdot \text{kg} = \text{J} + \text{J} = \text{J};$
 $Q = 4200 \cdot 3 \cdot (100 - 0) + 2,3 \cdot 10^6 \cdot 3 = 8160000 \text{ (J)}.$

Răspuns: $Q = 8,16 \text{ MJ}.$

Problemă 2. În timpul experimentului pentru determinarea căldurii specifice de vaporizare a apei vaporii de apă, ce au o temperatură de $100 \text{ }^\circ\text{C}$, intră în calorimetru, în care se conține 500 g de apă cu temperatura de $20 \text{ }^\circ\text{C}$ (vezi fig. 14.7). După terminarea experienței, temperatura apei în calorimetru era de $50 \text{ }^\circ\text{C}$, iar masa ei a crescut cu 25 g . După datele experienței calculați căldura specifică de vaporizare a apei. Considerați, că schimbul de căldură cu calorimetrul și mediul înconjurător lipsește.

Se dă:
 $t_1 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$
 $m_{\text{apă}} = 500 \text{ g} = 0,5 \text{ kg}$
 $t_2 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$
 $t = 50 \text{ }^\circ\text{C}$
 $m_{\text{vapori}} = 25 \text{ g} = 0,025 \text{ kg}$
 $c_{\text{apă}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C}}$

Să se afle:
 $r - ?$

Analiza problemei fizice, căutarea modelului matematic, rezolvarea. În timpul experienței are loc schimbul de căldură între apa din calorimetru și vapori.

| | |
|---|--|
| <i>Cedă energie</i> vapori de apă | <i>Primește energie</i> apa în calorimetru |
| • la început se condensează: | • se încălzește de la 20 până la $50 \text{ }^\circ\text{C}$: |
| $Q_1 = rm_{\text{vapori}}$ | $Q_3 = c_{\text{apă}} m_{\text{apă}} (t - t_2).$ |
| • apa obținută se răcește de la 100 până la $50 \text{ }^\circ\text{C}$: | |
| $Q_2 = c_{\text{apă}} m_{\text{vapori}} (t_1 - t).$ | |

Din condiția problemei schimbul de căldură cu mediul înconjurător lipsește, de aceea:
 $Q_1 + Q_2 = Q_3,$
sau $rm_{\text{vapori}} + c_{\text{apă}} m_{\text{vapori}} (t_1 - t) = c_{\text{apă}} m_{\text{apă}} (t - t_2).$

De aici vom afla căldura specifică de vaporizare a apei:

$$rm_{\text{vapori}} = c_{\text{apă}} m_{\text{apă}} (t - t_2) - c_{\text{apă}} m_{\text{vapori}} (t_1 - t) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow r = \frac{c_{\text{apă}} m_{\text{apă}} (t - t_2) - c_{\text{apă}} m_{\text{vapori}} (t_1 - t)}{m_{\text{vapori}}}$$

Verificăm unitatea de măsură, aflăm valoarea mărimii căutate:

$$[r] = \frac{\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C}} \cdot \text{kg} \cdot (\text{ }^\circ\text{C} - \text{ }^\circ\text{C})}{\text{kg}} = \frac{\text{J} \cdot \text{ }^\circ\text{C}}{\text{ }^\circ\text{C} \cdot \text{kg}} = \frac{\text{J}}{\text{kg}};$$

$$r = \frac{4200 \cdot 0,5 \cdot 30 - 4200 \cdot 0,025 \cdot 50}{0,025} = 2310000 \left(\frac{\text{J}}{\text{kg}} \right).$$

Analiza rezultatului. Rezultatul obținut ($r = 2,31 \text{ MJ/kg}$) coincide cu valoarea din tabel, așadar, problema este rezolvată corect.

Răspuns: $r = 2,31 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}.$



Facem totalurile

Procesul de evaporare, care are loc în tot volumul lichidului și este însoțit de formarea și creșterea bulelor de vapori se numește fierbere.

Temperatura de fierbere a unui lichid depinde de presiunea exterioară, natura lichidului și prezența gazelor dizolvate în lichid.

Căldura specifică de vaporizare – aceasta-i mărimea fizică, ce caracterizează o anumită substanță și este egală cu cantitatea de căldură, care urmează să fie transmisă lichidului cu masa de 1 kg pentru ca el la temperatură constantă să fie transformat în vapori.

Căldura specifică de vaporizare se calculează după formula $r = \frac{Q}{m}$ și se măsoară în joule pe kilogram: $[r] = 1 \frac{\text{J}}{\text{kg}}.$

Cantitatea de căldură, care este necesară pentru a transforma lichidul în vapori, este egală cu cantitatea de căldură, pe care o degajă vaporii, condensându-se. Această cantitate de căldură se calculează după formula $Q = rm.$



Întrebări pentru control

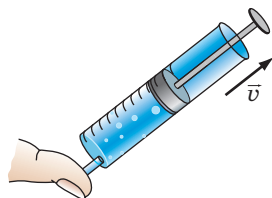
1. Ce este fierberea?
2. Ce fenomene se observă în lichid înainte ca el să înceapă să fiarbă?
3. Ce forță face ca bula de gaz să se ridice la suprafața lichidului?
4. Se schimbă oare temperatura lichidului în timpul fierberii?
5. De ce factori depinde temperatura de fierbere a lichidului?
6. Pentru ce se consumă energia, pe care o primește lichidul în timpul fierberii?
7. Ce se numește căldură specifică de vaporizare?
8. După care formulă se poate calcula cantitatea de căldură, ce se absoarbe în timpul vaporizării sau se degajă în timpul condensării?


Exercițiul Nr. 14

1. Este cunoscut faptul, că temperatura de fierbere a apei pe vârful muntelui Everest este de aproximativ 70 °C. Cum credeți, de ce?
2. Căldura specifică de vaporizare a apei este de 2,3 MJ/kg. Ce înseamnă aceasta?
3. Ce cantitate de căldură trebuie să fie transmisă apei cu masa de 10 kg, luată la temperatura de fierbere, pentru a o transforma în vapori?
4. De ce arsura cu vapori este mai periculoasă, decât cea cu uncrop?
5. Cu cât se va mări energia internă a 10 kg de gheață, luată la o temperatură de 0 °C, în urma transformării ei în vapori, care au temperatura de 100 °C?
6. Într-o cratiță cu apă, ce fierbe este situată o retortă deschisă cu apă. Va fierbe oare apa în retortă?
7. Folosindu-vă de surse suplimentare de informații, aflați despre aplicarea practică a fierberii.


Însărcinări experimentale

1. Turnați cu precauție într-o sticlă transparentă o cantitate mică de apă fierbinte. Legănați apa din sticlă, măbind astfel aria suprafeței libere a apei, și, prin urmare, viteza de evaporare. Vaporii nou formați vor dezlocui din sticlă o parte din aer. Astupați bine sticla, răsturnați-o și răciți fundul ei cu ajutorul apei reci sau zăpezii. Apa în sticlă va fierbe. Explicați acest fenomen.
2. Luați un seringă de unică folosință, fără ac, umpleți-o aproximativ pe jumătate cu apă caldă. Acoperiți strâns gaura cu degetul. Trageți încet pistonul și urmăriți fierberea apei (vezi des.). Explicați fenomenul observat.



Experiență video. Urmăriți videoclipul și explicați fenomenul observat.


§ 15. CĂLDURA DE ARDERE A COMBUSTIBILULUI. RANDAMENTUL ÎNCĂLZITORULUI

Luați o cutie de chibrituri, scoateți un chibrit. În fața voastră sunt două corpuri solide reci. Însă dacă se va freca capul chibritului de cutie, chibritul se va aprinde. De unde se ia această energie? Datorită lucrului efectuat? Dar chiar dacă mult timp și cu eforturi se va freca chibritului cu celălalt capăt, atâta căldură nu se va degaja. Răspunsurile la aceste întrebări le veți găsi în acest paragraf.


1 Facem cunoștință cu diferite feluri de combustibile

Noi deseori avem necesitatea să mărim temperatura unui corp oarecare. Astfel, pentru ca în cameră să fie mai cald, trebuie de mărit temperatura apei în caloriferele de încălzire, pentru a găti mâncare – temperatura aerului în cuptor. Pentru a mări temperatura, oamenii din timpuri străvechi foloseau energia, ce se degajă în timpul reacției chimice de *ardere a combustibilului** (vezi, de exemplu, fig. 15.1).

Drept combustibil poate servi atât substanțele naturale (cărbunele de pământ, petrolul, turba, lemnele, gazul natural) (fig. 15.2), cât și cele obținute în mod special de oameni (petrolul lampant, benzina, praful de pușcă, cărbunele de lemn, alcoolul etilic, etc.) (fig. 15.3). După cum vedem, combustibilul poate fi *solid* (cărbunele de pământ, turba, lemnele, combustibilul uscat), *lichid* (petrolul, petrolul lampant, benzina, motorina) și *gazos* (gazul natural, propanul, butanul).

Pentru civilizația contemporană combustibilul – o condiție necesară pentru existența (fig. 15.4). Pentru lucrul transportului, diferitelor mecanisme din industrie și agricultură, încălzirea apartamentului și gătitul mâncării energia chimică «rezervată» în combustibil se transformă în alte feluri de energie.

2 Introducem noțiunea de căldură specifică de ardere a combustibilului

Combustibilul diferă unul de altul prin puterea calorică. Să ne convingem în aceasta printr-un experiment simplu.

Să punem pe partea stângă a balanței o spirtieră, umplută cu spirt. Deasupra spirtierei vom suspenda un borcan metalic cu apă, măsurând anterior temperatura apei. După ce vom echilibra balanța, vom pune pe talerul din stânga o greutate cu masa de 1 g. Echilibrul balanței va fi încălcat (fig. 15.5, a). Aprindem spirtiera. Pe măsura arderii spirtului masa spirtierei cu

* Vom menționa, că în timpul utilizării combustibilului nuclear energia se degajă în timpul *reacțiilor nucleare* (mai detaliat despre aceasta va fi vorba în clasele superioare).

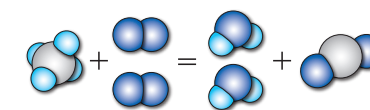


Fig. 15.1. Reacția de interacțiune a metanului (principala componentă a gazului natural) și oxigenului este însoțită de degajarea căldurii:



Fig. 15.2. Lemnele – combustibil natural solid foarte răspândit



Fig. 15.3. Petrolul lampant, benzina, motorina – combustibili lichizi, obținuți de către om

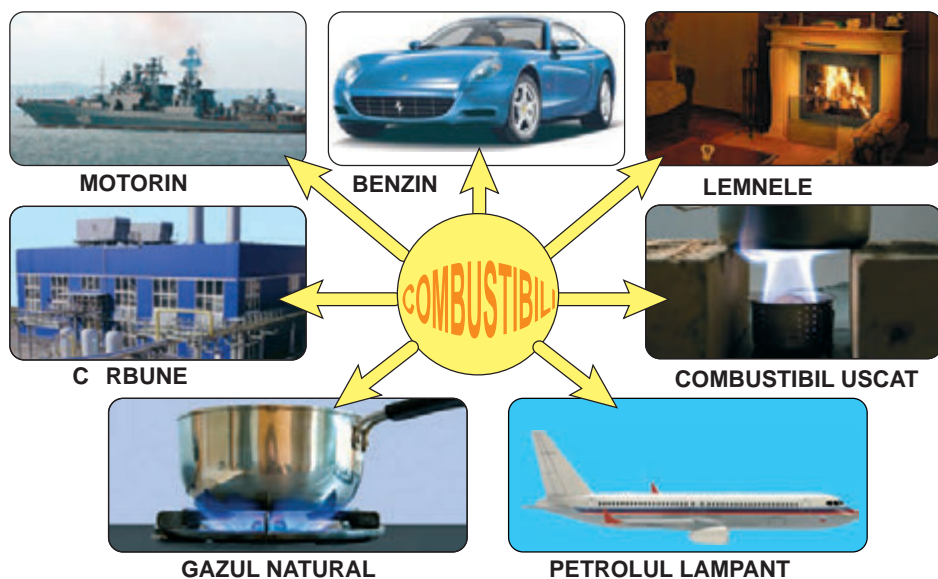


Fig. 15.4. Pentru civilizația contemporană combustibilul este o condiție necesară pentru existență

spirit se va micșora, și peste un anumit timp echilibrul va fi restabilit (aceasta va însemna că a ars 1 g de spirit) (fig. 15.5, b). În acest moment, stingem spirtiera și din nou vom măsura temperatura apei.

Să repetăm experimentul, luând o spirtieră, umplută cu petrol lampant și ne vom convinge, că în acest caz, apa se va încălzi mai mult. Aceasta înseamnă, că în timpul arderii 1 g de petrol lampant s-a degajat mai multă energie, decât în timpul arderii 1 g de spirit.

Pentru caracterizarea cantitativă a puterii calorice a combustibilului se folosește mărimea fizică, care se numește *căldură specifică de ardere a combustibilului*.

Căldura specifică de ardere a combustibilului – aceasta-i mărimea fizică, ce caracterizează un anumit combustibil și numeric este egală cu cantitatea de căldură, ce se degajă în timpul arderii complete a 1 kg de acest combustibil.

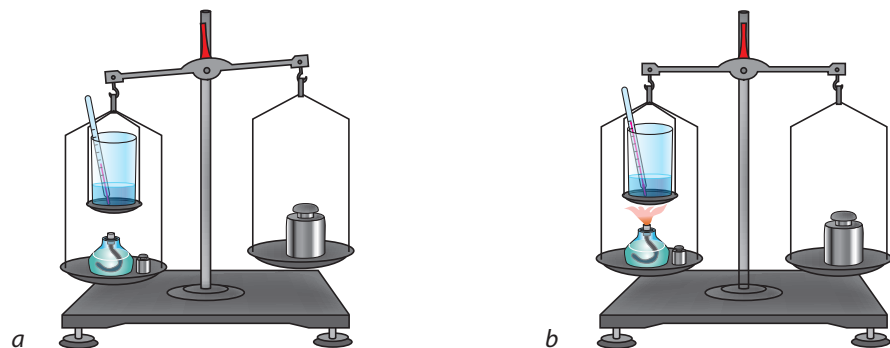


Fig. 15.5. Experiment, cu ajutorul căruia se demonstrează diferența calitativă a diferitelor tipuri de combustibile

Căldura specifică de ardere a combustibilului se notează cu simbolul q și se calculează după formula:

$$q = \frac{Q}{m},$$

unde Q – cantitatea de căldură, ce se degajă în timpul arderii complete a combustibilului cu masa m .

Din formula pentru definiția căldurii specifice de ardere a combustibilului obținem *unitatea de măsură a acestei mărimi în SI – joule pe kilogram*:

$$[q] = 1 \frac{\text{J}}{\text{kg}}.$$

Căldura specifică de ardere a diferitelor tipuri de combustibile se determină în condiții de laborator și se introduce în tabele (vezi tabelul 6 din Anexă).

? În tabelul 6 din Anexă vedem, că, de exemplu, căldura specifică de ardere a turbei este de 15 MJ/kg. Ce înseamnă aceasta? Ce cantitate de căldură se va degaja în timpul arderii complete a 2 kg de turbă?

Cunoscând căldura specifică de ardere a combustibilului q și masa combustibilului m , vom calcula *cantitatea de căldură Q , care se va degaja la arderea completă a acestui combustibil*: deoarece $q = \frac{Q}{m}$, atunci

$$Q = qm$$

3 Calculăm randamentul încălzitorului

Pentru arderea combustibilului se folosesc diferite încălzitoare: sobe și șemineuri, cazane, arzătoare și spirtiere, primusuri, lămpi de sudură și altele (fig. 15.6).

Construcția încălzitorului depinde de natura combustibilului, care arde în el, și de faptul pentru ce se utilizează căldura. De exemplu, dacă trebuie de încălzit locuința, iar drept combustibil e gazul, atunci se recomandă să se cumpere cazan cu gaz; pentru experimentele fizice, în care combustibilul va fi spiritul e bine să fie aleasă spirtiera. Însă chiar și cu cele mai moderne încălzitoare *este imposibil să se folosească complet toată energia*,

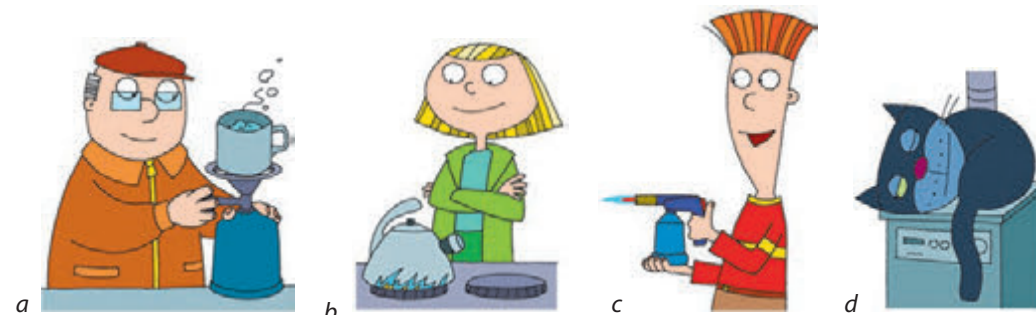


Fig. 15.6. Diverse dispozitive de încălzire, pe care le utilizează omul: primus (a); plită de gaz (b); lampă de sudură (c); boiler cu gaz (g)

care este «acumulată» în combustibil. În primul rând, nici unul dintre combustibile în condiții reale nu poate arde complet. În al doilea rând, o oarecare parte din energie se consumă în zadar (de exemplu, se elimină cu produsele de ardere, se consumă pentru încălzirea mediului înconjurător).

Randamentul încălzitorului – aceasta-i mărimea fizică, ce caracterizează eficiența încălzitorului și este egală cu raportul cantității de căldură utile către cantitatea totală de căldură, care poate fi degajată în timpul arderii complete a combustibilului.

Randamentul încălzitorului se calculează după formula:

$$\eta = \frac{Q_{\text{util}}}{Q_{\text{total}}},$$

unde η – randamentul încălzitorului; Q_{util} – căldura consumată în mod util; Q_{total} – căldura, care poate fi degajată în timpul arderii complete a combustibilului.

De obicei, randamentul se exprimă în procente:

$$\eta = \frac{Q_{\text{util}}}{Q_{\text{total}}} \cdot 100 \%$$

4 Ne învățăm a rezolva probleme

Problemă. Niște turiști s-au oprit pentru o pauză în apropierea unui izvor și au decis să facă ceai. Ce cantitate minimă de lemne uscate ei trebuie să pregătească, pentru a fierbe 10 kg de apă? Apa obține 15% din energia, ce se degajă în timpul arderii complete a lemnului. Temperatura apei în izvor este de 15 °C.

Se dă:
 $m_{\text{apă}} = 10 \text{ kg}$
 $\eta = 15 \% = 0,15$
 $t_0 = 15 \text{ }^\circ\text{C}$
 $t = 100 \text{ }^\circ\text{C}$
 $c_{\text{apă}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C}}$
 $q_{\text{lemn}} = 1 \cdot 10^7 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$

Să se afle:
 m_{lemn} – ?

Analiza problemei fizice, căutarea modelului matematic, rezolvarea

Pentru rezolvarea problemei ne vom folosi de formula pentru calculul randamentului încălzitorului:

$$\eta = \frac{Q_{\text{util}}}{Q_{\text{total}}}. \quad (1)$$

Cantitatea de căldură, care este necesară pentru încălzirea apei:

$$Q_{\text{util}} = c_{\text{apă}} m_{\text{apă}} (t - t_0). \quad (2)$$

Cantitatea de căldură, care se degajă în timpul arderii complete a lemnului:

$$Q_{\text{total}} = q_{\text{lemn}} m_{\text{lemn}}. \quad (3)$$

Înlocuind formulele (2) și (3) în formula (1), obținem:

$$\eta = \frac{c_{\text{apă}} m_{\text{apă}} (t - t_0)}{q_{\text{lemn}} m_{\text{lemn}}} \Rightarrow \eta q_{\text{lemn}} m_{\text{lemn}} = c_{\text{apă}} m_{\text{apă}} (t - t_0) \Rightarrow m_{\text{lemn}} = \frac{c_{\text{apă}} m_{\text{apă}} (t - t_0)}{\eta q_{\text{lemn}}}.$$

La presiune atmosferică normală apa fierbe la o temperatură de 100 °C. De aceea capacitatea termică specifică a apei și căldura specifică de ardere a lemnului le vom găsi, respectiv, în tab. 1 și 6 din Anexă.

Verificăm unitatea de măsură, determinăm valoarea mărimii căutate:

$$[m_{\text{lemn}}] = \left(\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C}} \cdot \text{kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C} \right) : \frac{\text{J}}{\text{kg}} = \frac{\text{J} \cdot \text{kg}}{\text{J}} = \text{kg};$$

$$m_{\text{lemn}} = \frac{4200 \cdot 10 \cdot (100 - 15)}{0,15 \cdot 1 \cdot 10^7} = \frac{4200 \cdot 10 \cdot 85}{15 \cdot 10^5} = 2,38 \text{ (kg)}.$$

Analiza rezultatului. Pentru a încălzi apă, turiștii au nevoie de 2,38 kg de lemne. Rezultatul este real.

Răspuns: $m_{\text{lemn}} = 2,38 \text{ kg}$.



Facem totalurile

Reacția chimică de ardere a combustibilului are loc cu degajarea căldurii. Cantitatea de căldură, care se degajă în timpul arderii complete a combustibilului, se calculează după formula $Q = qm$, unde q – căldura specifică de ardere a combustibilului; m – masa combustibilului.

Căldura specifică de ardere a combustibilului este egală cu cantitatea de căldură, care se degajă în procesul arderii complete a 1 kg de acest combustibil. Această mărime fizică este o caracteristică a capacității calorice a combustibilului și se măsoară în jouli pe kilogram $\left(\frac{\text{J}}{\text{kg}} \right)$.

Arderea combustibilului are loc în încălzitoare. Randamentul încălzitorului se notează cu simbolul η și se calculează după formula $\eta = \frac{Q_{\text{util}}}{Q_{\text{total}}}$. De obicei, randamentul se exprimă în procente: $\eta = \frac{Q_{\text{util}}}{Q_{\text{total}}} \cdot 100 \%$.



Întrebări pentru control

1. Ce tipuri de combustibile voi cunoașteți?
2. Descrieți experimentul pentru confirmarea faptului, că în timpul arderii diferitelor tipuri de combustibile se degajă cantități de căldură diferite.
3. Care este sensul fizic al căldurii specifice de ardere a combustibilului? În ce unități ea se măsoară?
4. Cum se calculează cantitatea de căldură, ce se degajă în procesul arderii complete a combustibilului?
5. Dați definiția randamentului încălzitorului.


Exercițiul Nr. 15

1. Căldura specifică de ardere a prafului de pușcă este cu mult mai mică decât căldura specifică de ardere a lemnului. De ce atunci, un chibrit, care arde la noi în mână este destul de nepericulos, iar când explodează aceeași masă de praf de pușcă, atunci ne putem răni grav?
2. Ce cantitate de căldură se va degaja în timpul arderii complete a cărbunelui de pământ cu masa de 10 kg?
3. În procesul arderii complete a petrolului lampant s-a degajat 92 kJ de căldură. Care a fost masa petrolului lampant?
4. La o spirtieră s-au încălzit 300 g de apă de la 15 până la 75 °C. Determinați randamentul încălzitorului, dacă pentru încălzire s-au consumat 8 g de spirt.
5. Un ceainic, ce se află pe un arzător cu gaz, conține 2 l de apă cu temperatura de 20 °C. Pentru încălzirea apei s-au consumat 42 g de gaz natural. Până la ce temperatură s-a încălzit apa, dacă ea a primit 40% din căldura, care poate fi degajată în timpul arderii complete a gazului dat.
6. Încercați să explicați, de ce în timpul arderii lemnului umede se degajă o cantitate de căldură mai mică decât în timpul arderii aceleiași mase de lemne uscate.
7. Stabiliți corespondența dintre mărimea fizică și expresia pentru determinarea ei.



- | | |
|---|------------|
| 1 Lucrul mecanic | A ρV |
| 2 Drumul | B Fl |
| 3 Puterea | C vt |
| 4 Energia potențială a corpului ridicat | D A/t |
| | E mgh |


Însărcinare experimentală

Scrieți planul efectuării experienței pentru determinarea randamentului încălzitorului cu combustibil uscat. Ce aparate și materialele sunt necesare pentru aceasta? Dacă este posibil, efectuați experiența.

Fizica și tehnica în Ucraina


Universitatea Națională din Cernăuți Iurii Fedicovici a fost întemeiată în a.1875 prin decretul împăratului Austro-Ungariei Franz Joseph. Atunci la universitate erau doar facultățile de teologie, filosofie și drept.

Astăzi la universitate funcționează 2 institute, 11 facultăți, 82 de catedre, unde își fac studiile peste 15 mii de studenți. Lucrul de științifico-pedagogic este asigurat de aproape 160 de doctori în științe (dintre ei 108 sunt profesori), aproximativ 700 de doctoranzi. Printre principalele domenii de cercetare referitoare la fizică se pot numi cercetările teoretice și aplicative ale științei despre materialele semiconductoare;

dezvoltarea de noi tehnologii, materiale, microcircuite și dispozitive pentru opto-, radio- și micro-electronică, echipamente semiconductoare; optică statică și holografie; tehnologii informaționale, în particular securitate chibernetică.


§ 16. PRINCIPIUL DE LUCRU AL MOTOARELOR TERMICE. RANDAMENTUL MOTORULUI TERMIC

Un om dezvoltat fizic poate în decursul unei zile să efectueze un lucru, care este egal aproximativ cu 1 mln. de jouli. Consumul mediu zilnic de energie de către un locuitor al Pământului este de sute de ori mai mare. Din toată energia, pe care o consumă omul, aproximativ 90 % constituie energia combustibilului. Încălzirii locuințelor și pregătirii mâncării îi revine numai o parte neînsemnată din această energie – în general omul folosește energia combustibilului, transformând-o în cea mecanică. Cum are loc aceasta și în ce condiții este posibilă o astfel de transformare?

1 Facem cunoștință cu principiul de lucru al motoarelor termice

Vom efectua un experiment. Vom închide bine ciocul ceainicului și vom pune ceainicul cu apă pe arzătorul plitei de gaz. Peste un anumit timp vom observa, că capacul ceainicului începe să sară în sus. Să aflăm, de ce se întâmplă așa.

Apa în ceainic începe să fiarbă, presiunea vaporilor sub capac se mărește. În rezultat apare momentul, când forța presiunii vaporilor devine mai mare decât forța de greutate, ce acționează asupra capacului și capacul sare în sus. În acest moment o parte din vaporii iese afară, forța presiunii asupra capacului se micșorează și forța de greutate reîntoarce capacul la loc (fig. 16.1). Dacă se va continua încălzirea, atunci procesul se va repeta.

Așadar, în sistemul descris, care este compus din arzătorul plitei de gaz și ceainicul cu capac și apă clocotindă, pe contul energiei, ce se degajă în urma arderii combustibilului, se efectuează un lucru mecanic, pe lângă aceasta o parte din energie se cedă mediului înconjurător.

Dacă se va lega de capacul ceainicului un oarecare mecanism, vom obține cel mai simplu model de motor termic.

Motorul termic – aceasta-i mașina termică, care transformă energia combustibilului în lucru mecanic.

În afară de motoarele termice există alte feluri de mașini termice (mai detaliat despre aceasta va fi vorba în clasele superioare). Să stabilim pe baza exemplului cu ceainicul, din ce părți principale trebuie să fie compusă o mașină termică.

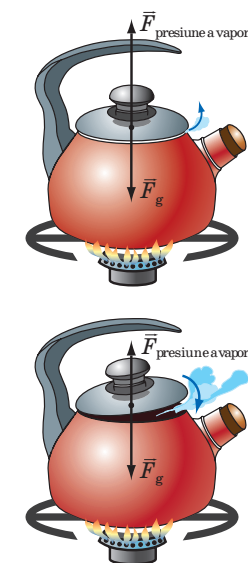


Fig. 16.1. Asupra capacului ceainicului acționează forța de greutate ($F_g = mg$) și forța presiunii vaporilor. Dacă $F_{\text{presiune a vaporilor}} > F_g$, capacul sare în sus; dacă $F_{\text{presiune a vaporilor}} < F_g$, capacul se reîntoarce înapoi

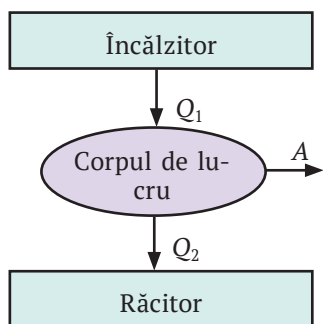


Fig. 16.2. Principiul de lucru al mașinilor termice: corpul de lucru primește o anumită cantitate de căldură (Q_1) de la încălzitor, această căldură parțial se transformă în energie mecanică (corpul de lucru efectuează lucrul A), iar parțial (Q_2) se transmite răcitorului

Orice mașină termică este compusă din trei părți principale: încălzitor, corp de lucru, răcitor (fig. 16.2).

2 Determinăm randamentul motorului termic

În orice motor termic numai o parte din energia, care este «ascunsă» în combustibil, se consumă pentru efectuarea lucrului, doar combustibilul nu arde complet. În afară de aceasta o parte din energia degajată se transmite mediului înconjurător (se pierde). Pe lângă aceasta pierderile de energie în motoarele termice nu se limitează cu pierderile termice. O parte din energie de asemenea se consumă pentru efectuarea lucrului împotriva forțelor de frecare dintre părțile și mecanismele motorului. Astfel de pierderi de energie se numesc *mechanice*. Evident: cu cât sunt mai mici pierderile termice și mecanice într-un motor cu atât mai puțin combustibil trebuie de ars, pentru a obține unul și același lucru util, și cu atât motorul este mai econom.

Randamentul motorului termic – aceasta-i mărimea fizică, care caracterizează economicitatea motorului termic și arată, ce parte din toată energia, ce este «rezervată» în combustibil, se transformă în lucru util.

Randamentul motorului η se calculează după formula:

$$\eta = \frac{A_{\text{util}}}{Q_{\text{total}}},$$

unde A_{util} – lucrul util; Q_{total} – cantitatea de căldură, ce se poate degaja în procesul arderii complete a combustibilului.

Cel mai frecvent randamentul se exprimă în procente:

$$\eta = \frac{A_{\text{util}}}{Q_{\text{total}}} \cdot 100 \%$$

În primul rând, în sistemul menționat lucrul mecanic este efectuat de vaporii, care dilatându-se, ridică capacul. *Gazul, care efectuează lucru în procesul dilatării sale, se numește corp de lucru.*

În al doilea rând, vaporii de sub capac se dilată din cauza măririi presiunii lor în urma încălzirii ceanicului pe arzătorul cu gaz. *Dispozitivul, de la care corpul de lucru primește o anumită cantitate de căldură se numește încălzitor.*

În al treilea rând, vaporii de apă cedau periodic o parte din energie mediului înconjurător (dacă nu s-ar întâmpla acest lucru, «motorul» nu ar putea lucra ciclic – capacul nu s-ar fi reîntors la poziția inițială și procesul nu s-ar repeta). *Obiectul, căruia corpul de lucru îi cedează o anumită cantitate de căldură, se numește răcitor.*

Lucrul util întotdeauna este mai mic decât cantitatea de căldură, ce se degajă în procesul arderii complete a combustibilului, de aceea e clar, că randamentul motorului termic întotdeauna este mai mic decât 100 %. De obicei randamentul motoarelor termice constituie 20–40 % (fig. 16.3).



Facem totalurile

Motorul termic – aceasta-i mașina, care funcționează ciclic și transformă energia combustibilului în lucru mecanic. Orice mașină termică este compusă din trei părți principale: încălzitor, corp de lucru, răcitor.

Principiul de lucru al mașinilor termice: corpul de lucru primește o anumită cantitate de căldură de la încălzitor; o parte din această căldură se transformă în energie mecanică (corpul de lucru efectuează un lucru), iar o parte – se transmite răcitorului.

Randamentul motorului termic η aceasta-i mărimea fizică, care caracterizează economicitatea motorului termic și arată, ce parte din toată energia Q_{total} , ce este «rezervată» în combustibil, se transformă în lucru util A_{util} .

Randamentul motorului se calculează după formula

$$\eta = \frac{A_{\text{util}}}{Q_{\text{total}}} \left(\text{sau } \eta = \frac{A_{\text{util}}}{Q_{\text{total}}} \cdot 100 \% \right).$$



Întrebări pentru control

1. Ce este motorul termic?
2. Numiți părțile principale ale motorului termic.
3. În ce constă principiul de lucru al motorului termic?
4. Numiți principalele feluri de pierderi ale energiei în motoarele termice.
5. Dați definiția randamentului motorului termic.
6. De ce randamentul motorului termic întotdeauna este mai mic decât 100 %?



Exercițiul Nr. 16

1. În timpul arderii complete a combustibilului într-un motor s-au degajat 500 kJ de căldură. În rezultat motorul a efectuat un lucru util, care este egal cu 125 kJ. Determinați randamentul motorului termic.
2. În timpul lucrului unui motor termic s-au folosit 0,5 kg de motorină. În acest timp motorul a efectuat un lucru util egal cu 7 MJ. Calculați randamentul motorului.

Îeșire – energia mecanică a mișcării arborelui motorului

$$A_{\text{util}} = Pt$$

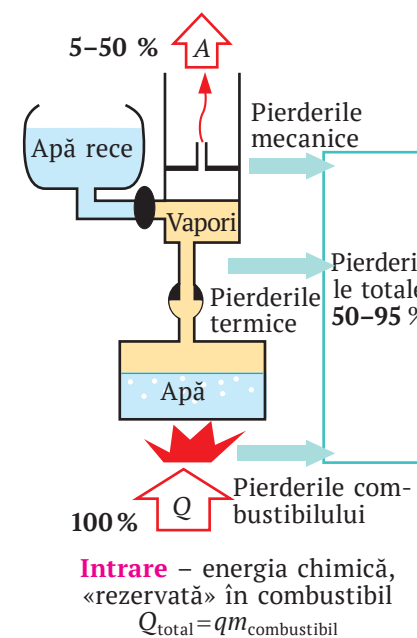


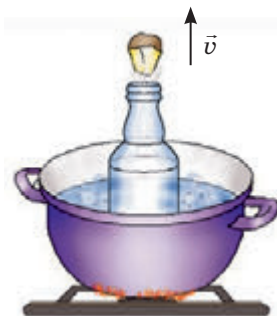
Fig. 16.3. Randamentul motoarelor termice și schema pierderilor de energie

3. Ce lucru util va efectua motorul termic, randamentul căruia constituie 20 %, dacă în el vor arde 10 l de benzină?
4. Ce putere medie dezvoltă motorul unei motociclete, dacă pentru o viteză a mișcării de 90 km/oră consumul de benzină constituie 4 kg la 100 km de drum? Randamentul motorului este egal cu 25 %.
5. Folosiți surse suplimentare de informații și aflați despre primele mașini termice, create de om



Însărcinare experimentală

«Împușcătură de cartof». Luați o sticlă, clătiți-o cu apă și astupați-o cu un cartof (atent împingeți gâtul sticlei în cartof și strângeți resturile de cartof). Puneți sticla închisă într-o cratiță cu apă și încălziți apa. Peste un anumit timp «dopul» va sări (vezi des.). Explicați fenomenul observat. (În timpul efectuării experimentului nu se permite să vă aplecați deasupra cratiței!)



Fizica și tehnica în Ucraina



Asociația de producție «Pivdenmaș» și biroul de construcții de rachete «Pivdenne» (Dnipro)

La începutul aa. 50 ai secolului trecut marea uzină de automobile din Dnipropetrovsc a fost reconstruită în uzină pentru producerea rachetelor cosmice și de asemenea a fost creat biroul de construcții (BC) pentru construcția lor. De atunci BC «Pivdenne» și uzina «Pivdenmaș» mulți ani au determinat nivelul mondial al principalelor direcții și realizări în domeniul rachetelor cosmice.

Sub conducerea renumiților constructori așa ca V. S. Budnik, M. C. Langheli, V. F. Utchin, C. M. Coniuhov în BC «Pivdenne» au fost elaborate 67 de tipuri de aparate cosmice și 12 complexe cosmice. BC «Pivdenne» și «Pivdenmaș» au creat complexul «Zenit» – unul dintre cele mai perfecționate în tehnica rachetelor cosmice din lume după construcție și automatizarea pregătirii pentru start; în total au fost confecționate și lansate pe orbită peste o mie de aparate cosmice.



§ 17. UNELE TIPURI DE MOTOARE TERMICE

Istoria aplicării în industrie a motoarelor termice își ia începutul de la mașina cu abur, pe care a creat-o savantul englez James Watt în a. 1768 (fig. 17.1). Pe parcursul a câțiva ani Watt a perfecționat construcția ei. Din a. 1776 mașinile lui Watt au început să fie pe larg utilizate în mine și la uzinele metalurgice din Anglia. În sec. XX în schimbul primelor mașini cu abur au venit motoarele moderne cu ardere internă, turbinele cu abur și cu gaz, motoarele reactive. Din acest paragraf voi veți afla cum funcționează unele dintre ele.

1 Studiem construcția și principiul de lucru al turbinei cu abur

Turbina cu abur (de la cuv. latin *turbo* – vârtej, rotire rapidă) – unul dintre exemplele de motoare termice.

În motoarele cu abur energia, care se degajă în timpul arderii combustibilului, se folosește pentru formarea vaporilor de apă și încălzirea lor, și numai după aceea aburul încălzit, dilatându-se efectuează un lucru mecanic.

Așadar, corpul de lucru în turbina cu abur este aburul, care se formează din apă și în cazane de abur speciale se încălzește până la o temperatură de aproximativ 600 °C. Din cazan aburul sub o presiune înaltă trece la turbină.

❓ Ce, după părerea voastră, servește drept răcitor în timpul lucrului turbinei?

Să examinăm principiul de lucru al celei mai simple turbine cu abur (fig. 17.2). Jeturile de abur, fiind expulzate prin țevile-duce (1), sunt orientate spre paletetele (2), fixate pe disc (3). Discul, la rândul său, este montat imobil pe arborele turbinei(4). Sub acțiunea aburului discul turbinei și totodată și arborele se rotesc, adică aburul efectuează un lucru (fig. 17.3).

Turbinele cu abur sunt utilizate pe larg la centralele electrice, unde energia mecanică de rotație a turbinei se transformă în cea electrică. În transport turbinele cu abur nu au obținut o utilizare pe scară largă în general din cauza gabaritelor mari.

2 Facem cunoștință cu construcția motorului cu ardere internă

Unul dintre cele mai răspândite tipuri de motoare termice, ce se folosește în mijloacele de transport este motorul cu ardere internă, pe care l-a construit fizicianul german *Nikolaus Otto* (fig. 17.4).

În procesul de lucru al motorului cu ardere internă combustibilul arde direct în interiorul cilindrului lui, de aici și provine denumirea motorului. Motoarele cu ardere internă funcționează pe combustibil lichid sau gaz.



Fig. 17.1. Mașina cu abur a lui Watt

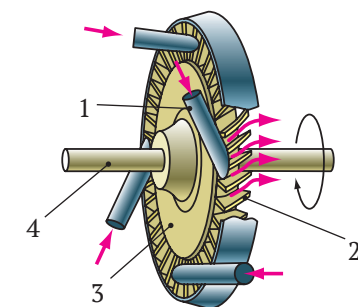


Fig. 17.2. Schema construcției celei mai simple turbine cu abur: 1 – țevile-duce; 2 – paletetele; 3 – discul; 4 – arborele



Fig. 17.3. În turbinele moderne pentru utilizarea maximă a energiei aburului se folosesc câteva discuri cu paletete, care sunt fixate pe un arbore comun



Fig. 17.4. Nikolaus August Otto (1832–1891), constructor și antreprenor german, inventatorul motorului cu ardere internă cu aprinzător electric în patru timpi

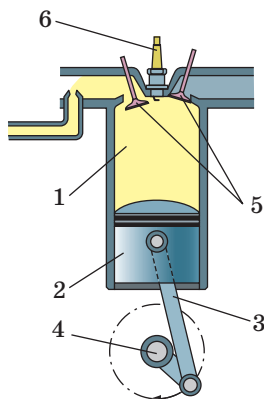


Fig. 17.5. Schema construcției celui mai simplu motor cu ardere internă: 1 – cilindru; 2 – piston; 3 – bielă; 4 – arbore cotit; 5 – supape; 6 – bujie. Prin săgeată este indicată direcția de rotație a arborelui cotit

Motorul cu ardere internă (fig. 17.5) este compus din *cilindru* (1), în care se deplasează *pistonul* (2). În interiorul pistonului este fixată *biela* (3). Biela, la rândul său, este unită cu *arborele cotit* (4), rotirea căruia asigură rotirea roților de tracțiune a mijlocului de transport.

În partea superioară a cilindrului sunt două canale, închise cu *supape* (5). Prin *supapa de admisie* amestecul carburant (amestec de aer cu benzină sau gaz) pătrunde în cilindru; prin *supapa de evacuare* se elimină gazele prelucrate. În unele motoare termice în partea superioară a cilindrului este situată de asemenea *bujia* (6) – dispozitiv pentru aprinderea amestecului carburant cu ajutorul scânteii electrice.

3 Examinăm lucrul motorului cu ardere internă în patru timpi

Ciclul de lucru al motorului în patru timpi este compus corespunzător din patru curse (fig. 17.6).

Cursa I – aspirația (fig. 17.6, a). Pistonul se mișcă în jos, în cilindru scade presiunea. În acest timp se deschide *supapa de admisie* și amestecul carburant este aspirat în cilindru. La sfârșitul I curse *supapa de admisie* se închide.

Cursa a II-a – compresia (fig. 17.6, b). Pistonul se mișcă în sus și comprimă amestecul carburant. Când pistonul ajunge până la poziția extremă de sus, apare o scânteie și amestecul carburant se aprinde. Ambele *supape* sunt închise.

Cursa a III-a – cursa de lucru (fig. 17.6, c). Gazele incandescente împing pistonul în jos.

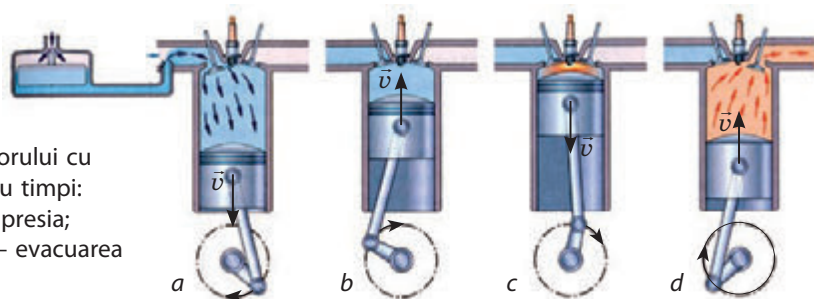


Fig. 17.6. Lucrul motorului cu ardere internă în patru timpi: a – aspirația; b – compresia; c – cursa de lucru; d – evacuarea



Fig. 17.7. Rudolf Diesel (1858–1913), inginer german. Creatorul motorului cu ardere internă cu aprindere de la comprimarea amestecului combustibil

Mișcarea pistonului se transmite bielei, care împinge arborele cotit și-l forțează să se rotească, – motorul efectuează un lucru util. Spre sfârșitul cursei a III-a se deschide *supapa de evacuare*.

Cursa a IV-a – evacuarea (fig. 17.6, d). Pistonul se mișcă în sus și prin țeava de evacuare împinge produsele arderii în atmosferă. La sfârșitul cursei a IV-a *supapa de evacuare* se închide. Evacuarea gazelor utilizate este însoțită de transmiterea unei oarecare cantități de căldură mediului înconjurător.

La fel ca și în orice motor termic, în motorul cu ardere internă există un *încălzitor* (amestecul de aer, ce arde), *corp de lucru* (gazele incandescente), *răcitor* (mediul înconjurător).

În decursul unui ciclu gazele împing pistonul o singură dată, de aceea pentru funcționarea uniformă a motoarelor se pun patru, șase și mai mulți cilindri.

În ultimul timp tot mai larg se folosesc *motoarele Diesel*, numite astfel în cinstea inginerului german *Rudolf Diesel* (fig. 17.7). Aceste motoare, în special, nu au bujii de aprindere, ele pot fi și în doi timpi, randamentul lor este mai mare. În motoarele descrise mai sus randamentul constituie 20–25 %, în cele Diesel – 40 %.

4 Chibzuim despre plusurile și minusurile utilizării motoarelor termice

Privind compuşii, care se formează în rezultatul reacțiilor chimice de ardere a combustibilului (vezi, de exemplu, fig. 15.1), se creează impresia, că mașinile termice sunt destul de perfecționate, doar produsele reacțiilor sunt compuşii «obișnuiți». Într-adevăr, dioxidul de carbon (CO_2) intră în compoziția aerului, iar apa (H_2O) este prezentă pretutindeni în jurul nostru. Aceste substanțe sunt pure din punct de vedere ecologic, adică nu poluează natura. Însă nu trebuie să ne facem concluzii grăbite.

În primul rând, practic toate felurile de combustibil conțin o cantitate neînsemnată de Sulf, care cu timpul se transformă în dăunătorul acid sulfuric.

În al doilea rând, la majoritatea centralelor termice cărbunele se aruncă în cuptoare în formă mărunțită. Aceste particule, arzând, se transformă în cenușă și o anumită cantitate a ei se împrășteie pe terenul din jur, poluându-l.

În al treilea rând, în motorul automobilului combustibilul nu întotdeauna arde complet, de aceea în gazele evacuate se conține o parte însemnată de monoxid de carbon (CO).

Și aceasta este o listă pe departe necompletă a factorilor dăunători!

Poluarea atmosferei – problemă pentru întreaga omenire. Cum de se luptat cu urmările negative ale utilizării motoarelor termice?

Există câteva direcții principale:

- 1) micșorarea (sau cel puțin păstrarea la nivel stabil) a puterii sumare a mașinilor termice. Cu alte cuvinte, consumatorii de energie (televizoarele, frigiderule, becurile etc.) trebuie să folosească mai puțină energie;
- 2) reducerea emisiilor poluante ale centralelor termoelectrice. Pentru aceasta se utilizează, în particular, filtre speciale;
- 3) utilizarea surselor alternative de energie.



Facem totalurile

Cel mai vechi motor termic, ce se aplică în tehnica contemporană, este turbina cu abur. Lucrul în ele îl efectuează aburul încălzit, care cu ajutorul duzelor este orientat spre paletetele turbinei și o rotesc.

Mai un exemplu de motor termic este motorul cu ardere internă. În el combustibilul arde în interiorul cilindrului, iar aerul încălzit, dilatându-se efectuează un lucru. Ciclul de lucru al motorului cu ardere internă în patru timpi are corespunzător patru curse: aspirația, compresia, cursa de lucru, evacuarea.

În ultimul timp este foarte acută problema poluării mediului înconjurător din cauza manifestărilor dăunătoare ale lucrului mașinilor termice.



Întrebări pentru control

1. Care motoare se numesc cu abur? 2. Numiți părțile principale ale turbinei cu abur. 3. Descrieți, cum funcționează turbina cu abur. 4. Ce servește în turbina cu abur drept încălzitor? răcitor? corp de lucru? 5. De unde provine denumirea de motor cu ardere internă? 6. Numiți principalele părți ale motorului cu ardere internă și destinația lor. 7. Ce procese au loc în motorul cu ardere internă cu patru timpi în timpul fiecăruia dintre patru timpi? 8. Demonstrați, că motoarele termice produc o acțiune dăunătoare asupra mediului înconjurător, și propuneți metode de rezolvare a acestei probleme.



Exercițiul Nr. 17

1. Ce transformări ale energiei au loc în timpul lucrului turbinei cu abur?
2. Randamentul celor mai bune motoare Diesel cu sistem de turboalimentare cu răcire intermediară atinge 54,5 %. Ce parte din energia, «rezervată» în combustibilul, pe care-l consumă aceste motoare se consumă în zadar?
3. De ce temperatura amestecului carburant în cilindrul motorului Diesel în timpul compresiei se mărește?
4. De ce în turbina cu abur temperatura aburului utilizat este mai joasă decât temperatura aburului, ce vine la paletetele turbinei?
5. În pofida multor neajunsuri, motoarele termice sunt cele mai răspândite. De ce, după părerea voastră, oamenii le dau prioritate anume lor?



§ 18. TERMOENERGETICA. METODELE DE PĂSTRARE A RESURSELOR ENERGETICE

Activitatea omului contemporan la fiecare pas are nevoie de consum de energie. Cu părere de rău, de obicei energia este insuficientă, de aceea pe parcursul existenței sale omenirea acumulează cunoștințe despre economisirea ei. În deosebi aceasta este actual în ultimul timp, când a început să fie observat «fundul» rezervelor mondiale de combustibil organic (resurselor fosile). Și anume acum s-a creat câteva principii generale ale economiei de energie și sunt dezvoltate tehnologii pentru realizarea acestor principii în viață prin intermediul dispozitivelor și aparatelor noi.

1 Aflăm despre rolul termoenergeticii în viața omului

În decursul multor secole combustibilul a fost practic singura sursă de energie pentru omenire, alte surse (vântul și apa) ocupau un loc neînsemnat.

În sec. XX sursele *alternative* de energie au început să joace un rol însemnat în energetică. Exemple de astfel de surse sunt *centralele hidroelectrice, centralele atomoelectrice, generatoarele de vânt, bateriile solare* (fig. 18.1–18.4).

Sursele alternative de energie, proiectarea și crearea cărora necesită cheltuieli considerabile, au apărut «nu de la viață bună». Doar anume în sec. XX a crescut brusc utilizarea mașinilor termice – dispozitivelor, ce transformă energia combustibilului în alte forme de energie (electrică, mecanică). Merge vorba în primul rând despre automobile și restul mijloacelor de transport, care folosesc ca sursă de energie produsele prelucrării *petrolului* (benzină și motorină). În afară de aceasta, practic pretutindeni pentru încălzirea locuințelor și pregătirea mâncării se folosesc dispozitive, care ard *gazul natural*. Acest gaz în cantități însemnate se folosește de asemenea în procesele de producție (metalurgie, sinteză chimică). Gazul, petrolul, *cărbunele* se utilizează pentru producerea energiei electrice la centralele termoelectrice.

După cum știți, felurile de combustibil menționate sunt *resurse fosile* și *rezervele lor sunt limitate*. Aproximativ în 100 de ani milioane de automobile «au mâncat» o cantitate considerabilă de rezerve mondiale de petrol. Există părerea, că rezervele de gaz natural se vor epuiza undeva peste 40 de ani;



Fig. 18.1. Centrala hidroelectrică (CHEDnipro)

rezervele de cărbune explorat va ajunge pentru câteva sute de ani de consumare. Pe lângă aceasta pentru arderea cărbunelui, petrolului și gazului e nevoie de o mare cantitate de oxigen. Astfel, pentru a arde 1 kg de cărbune e nevoie de 2,7 kg de oxigen, 1 kg de petrol – 3,4 kg, 1 kg de gaz natural (metan) – 4 kg.

2 Chibzuim despre păstrarea resurselor energetice

Datele prezentate mărturisesc despre faptul, că peste câțiva zeci de ani felurile de combustibile obișnuite astăzi se vor afla la limita dispariției. Ce e de făcut?

La momentul actual se propun *trei direcții de rezolvare a problemei «vii-toarei foamete energetice»*.

1. *Economia resurselor fosile prezente*. Este vorba despre utilizarea noilor soluții tehnice – *tehnologiilor de economie a energiei*.

2. *Înlocuirea treptată a combustibilului din resursele fosile cu combustibil, obținut din plante*. Astăzi deja se utilizează două tipuri de tehnologii de producere a combustibilului din plante: extragerea alternativelor de benzină din plante, ce conțin zahăr și prelucrarea uleiului, obținut din unele plante (de exemplu, rapiță) în motorină.

3. *Utilizarea surselor alternative de energie*. În primul rând merge vorba despre energiile nucleară și termonucleară. Rezerve fosile de uraniu – combustibil pentru centralele atomice – va ajunge pentru câteva sute de ani. În multe țări (Franța, Ucraina, SUA) acest fel de producere a energiei electrice este unul dintre cele de prioritate. Astfel, în Ucraina la centralele atomoelectrice se produce aproape jumătate din toată energia electrică.

3 Facem cunoștință cu tehnologiile de economie a energiei

Principiile contemporane de economie a energiei constau nu numai în aplicarea numitelor descoperiri noi, fie și unice. Principală este problema *utilizării complexe a câteva tehnologii*.

Să examinăm o locuință obișnuită. Cea mai mare cantitate de energie, ce se furnizează în ea – aceasta-i energia, necesară pentru încălzire. Înlocuirea geamurilor tradiționale cu cele de metalo-plastic, izolarea ușilor, acoperirea pereților exteriori ale clădirii cu un strat special de protecție a căldurii



Fig. 18.2. Aspectul general al centralei atomoelectrice (CAE Zaporijie)



Fig. 18.3. Generator eolian



Fig. 18.4. Panelul de baterii solare

permit de a economisi o cantitate considerentă de căldură, care de obicei se consumă pentru «încălzirea mediului înconjurător».

Deseori apa caldă în clădiri se transmite de la cazangerii, ce sunt situate la o distanță de câțiva kilometri. Toată această distanță apa caldă o parcurge prin țevi. Așa un drum lung de aprovizionare este legat de pierderi mari de căldură. Dacă însă încălzitorul (boilerul electric sau cel cu gaz) se va instala în apartament, atunci acest drum va constitui numai câțiva metri. Mai mult, boilerul nu numai încălzește caloriferele, dar și asigură cu apă caldă bucătăria și baia.

Pentru economisirea energiei electrice trebuie de utilizat becuri economice și aparate electrice cu un randament înalt.

❓ Gândiți-vă, datorită cărui fapt se mai poate face economie în locuințe.

Noi am adus un exemplu simplu de atașare complexă față de economia energiei în locuințe. Principii analogice, numai cu efect cantitativ cu mult mai mare, se aplică cu succes și față de procesele de producție.

4 Aflăm, cum influențează termoenergetica asupra naturii

Până când centralele termice nu aveau o putere mare, iar automobile erau puține, dauna mașinilor termice nu deranja omenirea. Problema a devenit actuală în a doua jumătate a sec. XX, când au apărut ploile cu acizi, provocate de emisiile centralelor electrice, oamenii au început să se sufocă în conglomerățiile de automobile, să respire odată cu aer toxicul monoxid de carbon etc.

Savanții propun diferite soluționări tehnice ale acestor probleme. Ca exemplu vom da câteva soluții privind *micșorarea emisiilor motoarelor cu benzină*:

- eliminarea compușilor otrăvitori de plumb din compoziția benzinei;
- «arderea până la sfârșit» cu ajutorul dispozitivelor speciale a monoxidului de carbon până la dioxidul de carbon, care e mai puțin dăunător;
- crearea electromobilelor curate din punct de vedere ecologic (fig. 18.5). Electromobilele practic nu poluează mediul înconjurător: în ele se utilizează motorul electric, care se alimentează de la acumuloare;

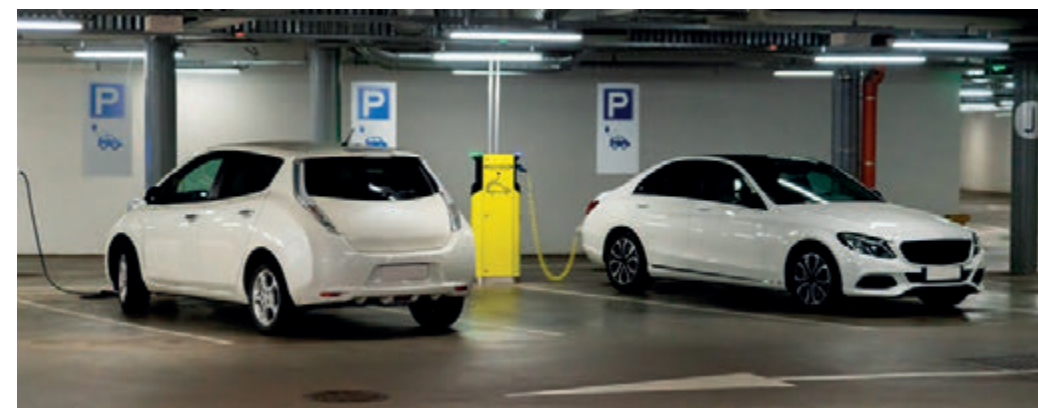


Fig. 18.5. Electromobilele nu se deosebesc cu nimic la exterior de «frații săi cu benzină»

- utilizarea automobilelor hibride, înzestrate cu două motoare – electric și cu benzină: motorul electric curat din punct de vedere ecologic e recomandat să fie utilizat în oraș (unde sunt prea multe automobile), iar cel cu benzină – în afara orașului (unde poluarea aerului nu este atât de periculoasă).

Pentru omenire există încă o problemă enormă. Chestia constă în aceea, că în timpul lucrului mașinilor termice se elimină bioxidul de carbon (CO_2), care în cantități mari devine foarte periculos. După aprecierea învățaților, în 200 de ani de lucru intens al mașinilor termice în atmosferă a fost eliminate aproximativ un trilion (10^{12}) de tone de CO_2 . Această cantitate enormă de dioxid de carbon a provocat așa-numitul *efect de seră* – mărirea temperaturii suprafeței Pământului. De ce s-a întâmplat astfel?

Soarele, după cum știți, nu numai luminează, dar și încălzește Pământul. Încă cu o sută de ani în urmă căldura primită de Pământ practic în întregime era radiată (se întorcea) în cosmos. După ce în straturile superioare ale atmosferei s-a acumulat o cantitate considerabilă de dioxid de carbon, acest gaz a devenit un fel de «oglină» pentru radiația de pe Pământ. Ca rezultat o parte din energie se oprește în atmosferă și o încălzește.

Din cauza efectului de seră temperatura medie a suprafeței Pământului a crescut cu $0,6\text{ }^\circ\text{C}$. Însă chiar și așa o încălzire de mică deja a adus, după părerea multor învățați, la schimbări globale ale climei. Dacă însă temperatura medie a suprafeței Pământului va crește cu $2\text{ }^\circ\text{C}$, atunci vor deveni inevitabile cataclismele globale: topirea ghețarilor, creșterea nivelului oceanului Planetar, inundarea orașelor cu porturi și altele.

Pentru a evita asemenea urmări catastrofice, în a. 1997 în o. Kyoto (Japonia) guvernele multor țări au semnat așa-numitul protocol de la Kyoto. Conform acestui document pentru fiecare țară din lume este determinat volumul maxim de emisie a CO_2 (de la sursele industriale și casnice împreună). Dacă acest volum este depășit, atunci țara-infractoare plătește o anumită sumă ca amendă, care apoi se folosește pentru scăderea nivelului de emisii. În a. 2015 protocolul de la Kyoto a fost completat cu acordul de la Paris, în care sunt conturate perspectivele viitoare ale limitării emisiilor.



Facem totalurile

Petrolul, gazul natural, cărbunele – acestea-s resursele fosile, rezervele cărora sunt epuizabile, limitate.

Directiile principale de învingere a crizei energetice:

- economia resurselor fosile prezente;
- aplicarea tehnologiilor noi cu scopul de a reduce utilizarea combustibilului din resursele epuizabile;
- utilizarea surselor alternative de energie, în primul rând energiile nucleare și termonucleară.

Utilizarea tehnologiilor noi permite de a micșora consumul de energie de câteva ori.



Întrebări pentru control

1. Ce surse de energie folosește omenirea din timpuri străvechi?
2. Ce tipuri de surse alternative de energie există?
3. Care este cauza micșorării irecuperabile a resurselor fosile?
4. Enumerați direcțiile principale de învingere a crizei energetice.
5. Dați exemple de tehnologii de economie a energiei.
6. Cum influențează sursele termice de energie asupra mediului înconjurător?
7. Ce este protocolul de la Kyoto?



Exercițiul Nr. 18

1. Una dintre cele mai bune surse de energie este Soarele. Folosiți-vă de surse suplimentare de informație și aflați, unde astăzi se utilizează energia solară și unde ea poate fi utilizată cu timpul.
2. Folosiți-vă de surse suplimentare de informație și aflați despre perspectivele dezvoltării energeticii alternative în Ucraina.

Fizica și tehnica în Ucraina



Institutul de termofizică tehnică al ANȘ a Ucrainei (ITFT) (Kiev)

ITFT a fost creat în a. 1947 pe baza *Institutului de energetică al AȘ a RSSU*. Astăzi ITFT – centru de frunte în Ucraina în domeniul schimbului termic de masă, termoenergeticii și tehnologiilor termice de economie a energiei. Lucrul institutului este orientat în studierea proceselor termo-fizice, dezvoltarea teoriei schimbului de căldură, măsurarea mărimilor termice. Învățații ITFT lucrează asupra rezolvării problemelor actuale: sporirea eficienței energetice în timpul producerii, transportării și consumării energiei termice; modernizarea complexă a obiectelor sistemului comun al termoenergeticii pe calea dezvoltării și realizării programelor regionale, atragerea surselor regeneratoare de energie și a tipurilor locale de combustibil la potențialul energetic de combustibil.

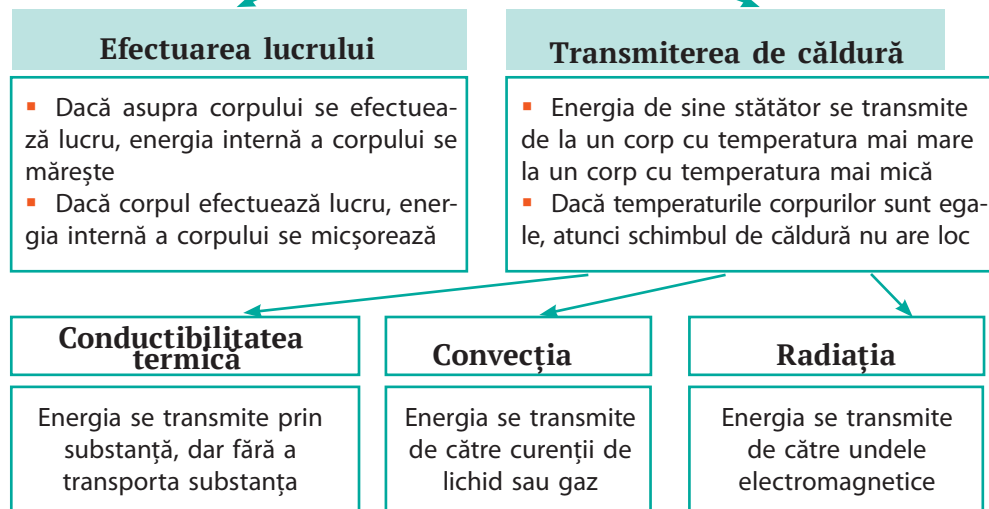
În diferiți ani colectivul științific al ITFT a fost condus de către renumiții fizicieni: I. T. Șveți, G. M. Sciogolev, V. I. Tolubinsichii, G. L. Babuha, O. A. Gherașenco, A. A. Dolinschii.

FACEM TOTALURILE CAPITOLULUI I «Fenomene termice»

În timpul studierii capitolului I voi ați făcut cunoștință cu unele procese termice, mărimi fizice, ce caracterizează aceste procese, și de asemenea cu așa noțiuni fundamentale în fizică ca temperatura și energia internă.

1. Voi ați aflat, că energia internă poate fi schimbată prin două metode.

METODELE SCHIMBĂRII ENERGIEI INTERNE



2. Voi ați aflat, că variația energiei interne în procesul de transmitere a căldurii este caracterizată de mărimea fizică cantitatea de căldură Q . Ca și energia, cantitatea de căldură în SI se măsoară în *joule*.

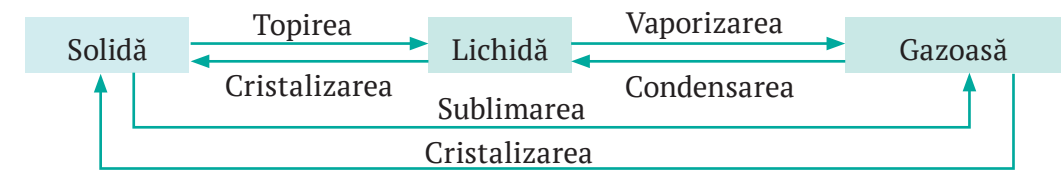
3. Voi ați aflat despre *ecuația bilanțului termic*, care exprimă *legea transformării și conservării energiei* în timpul schimbului de căldură.

ECUAȚIA BILANȚULUI TERMIC

Într-un sistem izolat de corpuri, în care energia internă a corpurilor variază numai în urma transmiterii de căldură cantitatea totală de căldură cedată de unele corpuri ale sistemului este egală cu cantitatea totală de căldură primită de către altele corpuri ale acestui sistem:

$$Q_1^- + Q_2^- + \dots + Q_n^- = Q_1^+ + Q_2^+ + \dots + Q_k^+$$

4. Voi v-ați amintit, că există *trei stări ale substanței*.

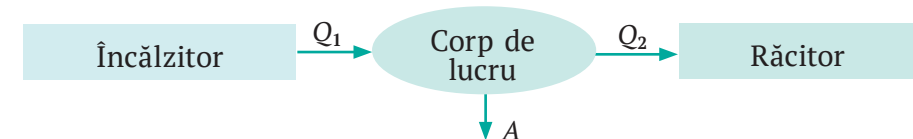


5. Voi ați aflat despre *mărimile fizice, care caracterizează proprietățile termice ale substanțelor*.

| Mărimea fizică | Simbolul pentru notare | Unitatea de măsură | Formula pentru determinare |
|---------------------------------|------------------------|---|----------------------------|
| Capacitatea termică specifică | c | $\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$ | $c = \frac{Q}{m\Delta t}$ |
| Căldura specifică de topire | λ | $\frac{\text{J}}{\text{kg}}$ | $\lambda = \frac{Q}{m}$ |
| Căldura specifică de vaporizare | r | $\frac{\text{J}}{\text{kg}}$ | $r = \frac{Q}{m}$ |

6. Voi v-ați convins, că în procesul arderii combustibilului *se degajă energie*, și ați aflat, că această energie se *utilizează atât în lucrul diferitelor dispozitive de încălzire, cât și în motoarele termice*.

PRINCIPIUL DE LUCRU AL MAȘINILOR TERMICE



7. Voi ați aflat despre *mărimile fizice, care caracterizează combustibilul, dispozitive de încălzire, motoare termice*.

| Mărimea fizică | Simbolul pentru notare | Unitatea de măsură | Formula pentru determinare |
|---|------------------------|------------------------------|---|
| Căldura specifică de ardere a combustibilului | q | $\frac{\text{J}}{\text{kg}}$ | $q = \frac{Q}{m}$ |
| Randamentul încălzitorului | η | % | $\eta = \frac{Q_{\text{util}}}{Q_{\text{total}}} \cdot 100\%$ |
| Randamentul motorului termic | η | % | $\eta = \frac{A_{\text{util}}}{Q_{\text{total}}} \cdot 100\%$ |

Însărcinări pentru autoverificare la capitolul I «Fenomene termice»

PARTEA 1. Temperatura. Energia internă. Transmiterea de căldură

În problemele 1-5, 7 alegeți un răspuns corect.

- (1 bal) În timpul răcirii corpului se micșorează:
 - cantitatea moleculelor lui;
 - masa moleculelor lui;
 - dimensiunea moleculelor lui;
 - viteza mișcării moleculelor lui;
- (1 bal) După deconectarea cuptorului temperatura aerului în el scade. S-a schimbat oare în acest caz energia internă a aerului și dacă s-a schimbat, atunci cum și de ce?
 - nu s-a schimbat;
 - s-a micșorat în urma transmiterii de căldură;
 - s-a mărit în urma transmiterii de căldură;
 - s-a micșorat în urma efectuării lucrului.
- (1 bal) În urma căruia dintre procesele date energia internă a aerului în balon se micșorează?
 - balonul a fost umflat;
 - balonul a crăpat;
 - balonul a fost dus într-o încăpere încălzită;
 - balonul lin s-a lăsat pe podea.
- (1 bal) O piesă de cupru în timpul încălzirii se dilată. În acest caz se mărește:
 - distanța dintre atomii de Cupru;
 - dimensiunea atomilor de Cupru;
 - cantitatea atomilor în piesă;
 - densitatea cuprului.
- (2 baluri) Ce cantitate de căldură se va degaja în timpul răcirii a 2 kg de aluminiu cu 50 °C?
 - 92 kJ;
 - 100 kJ;
 - 420 kJ;
 - 920 kJ.
- (2 baluri) Într-o zi însorită de vară un băiat și o fetiță erau îmbrăcați în haine de bumbac (fig. 1). De ce fetița se simte mai confortabil?
 - aluminiu;
 - fier;
 - oțel;
 - argint.
- (2 baluri) Un om se află la Polul Nord – altul în pustiu. Ambii sunt îmbrăcați «cald» (fig. 2). Explicați de ce.

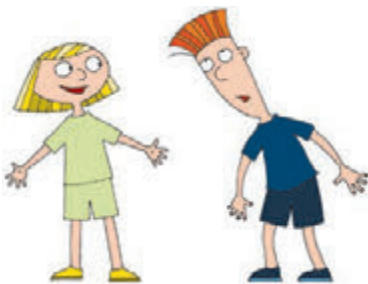


Fig. 1

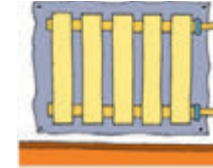


Fig. 2

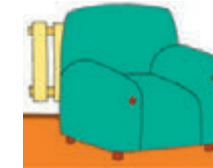
- (2 baluri) Care dintre acțiunile indicate vor duce la economie de energie? Notați toate răspunsurile corecte.



a) acoperirea cu grilele a ventilației



b) amplasarea în spatele radiatorului a unui ecran protector din aluminiu



c) acoperirea radiatorului cu mobilă sau gardini



d) vopsirea radiatorului în culoare deschisă

- (3 baluri) Într-o cratiță de fontă cu masa de 2 kg se conține 1,5 l de apă. Ce cantitate de căldură va primi cratița cu apă în timpul încălzirii apei de la 10 până la 60 °C?
- (3 baluri) După datele din fig. 3 calculați cantitatea de căldură, care este necesară pentru încălzirea cilindrului de oțel reprezentat, de la 0 până la 12 °C.
- (3 baluri) Cu câte grade se poate încălzi 510 g de cupru, dacă se va folosi aceeași cantitate de căldură, ce se degajă în timpul răcirii a 2 l de ulei de la 60 până la 20 °C?
- (4 baluri) Se știe, că fiecare kilogram al corpului omului în 1 s radiază în mediul înconjurător aproximativ 1,6 J de energie. Cu câte grade se poate încălzi 1 l de apă, dacă apei i se va transmite căldura, pe care o degajă un elev cu masa de 49 kg în decursul unei lecții (45 min)?
- (4 baluri) De la ce înălțime a căzut o bilă de plumb, dacă în urma loviturii de o placă de oțel ea s-a încălzit cu 2,5 °C? Considerați, că viteza inițială a bilei este egală cu 0, iar la încălzirea bilei s-a consumat 80 % din energia ei potențială inițială.
- (4 baluri) Determinați, care a fost temperatura inițială a unui cilindru din alamă (fig. 4), dacă după scufundarea lui apa din cilindru gradat s-a răcit de la 37 până la 20 °C. Pierderile de energie neglijați-le.

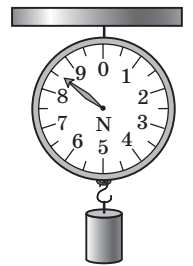


Fig. 3

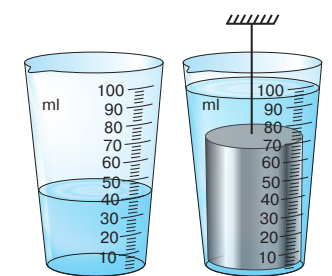


Fig. 4

Confrunțați răspunsurile voastre cu cele indicate la sfârșitul manualului. Marcați problemele, pe care le-ați executat corect și numărați suma balurilor. Apoi această sumă împărțiți-o la trei. Rezultatul obținut va corespunde nivelului vostru de reușită la învățatură.

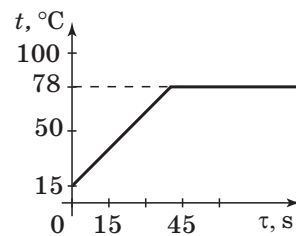


Însărcinări de antrenare sub formă de teste cu verificare la calculator.

PARTEA 2. Schimbarea stării de agregare a substanței. Motoare termice

În problemele 1-8, 10 alegeți un răspuns corect.

- (1 bal)* Care dintre substanțele indicate își păstrează volumul, dar nu-și păstrează forma la temperatura camerei?
a) oțelul; b) oxigenul; c) heliul; d) mercurul.
- (1 bal)* Gazul ușor se comprimă de aceea, că moleculele gazului:
a) se ciocnesc una cu alta;
b) aproape că nu interacționează una cu alta;
c) se află în mișcare haotică neconținută;
d) sunt situate suficient de departe una de alta.
- (1 bal)* Când substanța trece dintr-o stare de agregare în alta, se schimbă:
a) masa moleculelor;
b) dimensiunea moleculelor;
c) caracterul mișcării și interacțiunii moleculelor;
d) compoziția moleculelor.
- (1 bal)* În timpul cristalizării temperatura substanței:
a) rămâne neschimbată;
b) se micșorează;
c) se mărește;
d) pentru unele substanțe se mărește, pentru altele – se micșorează.
- (2 baluri)* Gazul dintr-un vas închis a fost comprimat, micșorând volumul lui de două ori. În rezultat:
a) cantitatea moleculelor de gaz în vas s-a micșorat de două ori;
b) densitatea gazului s-a mărit de două ori;
c) masa gazului a scăzut de două ori;
d) distanța medie dintre molecule a crescut de două ori.
- (2 baluri)* Ce substanță poate fi topită într-un vas de oțel?
a) fierul; b) cuprul; c) plumbul; d) wolframul.
- (2 baluri)* În condiții de laborator la presiune atmosferică normală a fost efectuată cercetarea dependenței temperaturii unui oarecare lichid de timpul încălzirii lui. Rezultatele cercetării au fost reprezentate sub formă de grafic (vezi des.). Determinați lichidul studiat.
a) apa; c) uleiul;
b) eterul; d) spirtul
- (2 baluri)* Ce cantitate de căldură trebuie consumată pentru topirea a 5 kg de aluminiu, luat la temperatura de topire?
a) 3 kJ; b) 607 kJ; c) 1965 kJ; d) 3036 kJ.



- (3 baluri)* Stabiliți corespondența dintre procesul termic, care are loc cu o anumită substanță și formula pentru calculul cantității de căldură, ce se degajă în urma acestui proces.
1 Apa din băltoacă s-a transformat în gheață. A $Q = qm$
2 Gospodarul a aprins lemnele în șemineu. B $Q = rm$
3 Deasupra râului s-a format ceața. C $Q = \lambda m$
D $Q = cm\Delta t$
- (2 baluri)* Cât petrol lampant trebuie de ars, pentru a obține 92 MJ de căldură? Considerați, că petrolul lampant arde complet.
a) 450 g; b) 500 g; c) 2 kg; d) 100 kg.
- (2 baluri)* Temperatura normală în subsorii omului este egală cu 36,8 °C, iar în plămâni – 32 °C. Care, după părerea voastră, este cauza temperaturii mai joase în plămâni?
- (2 baluri)* De ce temperatura amestecului combustibil în timpul comprimării crește, iar în timpul cursei de lucru – scade?
- (2 baluri)* În încălzitorul cu gaz în timpul arderii a 2,5 kg de gaz natural s-au obținut 82,5 MJ de căldură. Determinați randamentul încălzitorului.
- (3 baluri)* Eterul cu masa de 20 g la temperatura de 15 °C s-a evaporat complet. Ce cantitate de căldură a absorbit eterul în timpul acestui proces?
- (3 baluri)* Cu câte grade se poate încălzi 10 kg de cupru, folosind cantitatea de căldură, care poate fi degajată în timpul arderii complete a 100 g de lemne?
- (4 baluri)* Într-o cutie de fier cu masa de 200 g se conține 100 g de plumb cu temperatura de 27 °C. Ce masă de gaz natural trebuie de ars, pentru a topi plumbul? Considerați, că pentru încălzirea cutiei cu plumb se consumă 40 % din energia, care poate fi degajată în timpul arderii complete a gazului.
- (4 baluri)* Un automobil, mișcându-se cu viteza medie de 114 km/oră, a consumat 8 kg de motorină pentru 100 km de drum. Determinați puterea medie și forța de tracțiune medie a automobilului pe întreg drumul, dacă randamentul motorului lui este de 30 %.

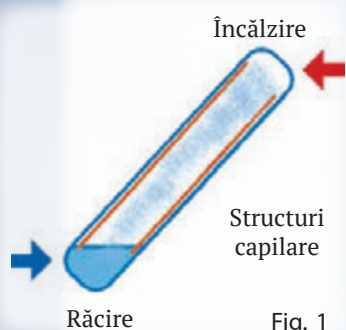
Confrunțați răspunsurile voastre cu cele indicate la sfârșitul manualului. Marcați problemele, pe care le-ați executat corect și numărați suma balurilor. Apoi această sumă împărțiți-o la trei. Rezultatul obținut va corespunde nivelului vostru de reușită la învățatură.



Însărcinări de antrenare sub formă de teste cu verificare la calculator.

Ce sunt tuburile termice

Voi deja știți, că metalele sunt cele mai bune conductoare de căldură, iar printre ele «campionii» sunt cuprul, argintul, aluminiul. Și când o să fiți întrebați: «Cum mai repede să fie transmisă căldura de la o porțiune la alta?», – voi, fără îndoială, o să vă amintiți: dacă de amplasat un capăt al barei de metal într-un loc cald, atunci al doilea capăt al lui repede se va încălzi. Dar se poate oare transmite căldura mai repede, decât cu ajutorul acestor metale? Se pare că nu, doar aceste metale nu în zadar sunt numite



campioni. Însă inginerii au rezolvat și o astfel de problemă, iar dispozitivul inventat a fost numit *tub termic*.

Vom explica principiul acțiunii lui (fig. 1). Să luăm un tub sudat cu o cantitate mică de apă în interior. Capătul superior al tubului îl vom pune într-un loc fierbinte. Picăturile de apă, ce au rămas pe suprafața interioară a acestei părți ai tubului, vor începe să se transforme în vapori. Moleculele de vapori «vor zbura» în toate direcțiile, inclusiv și în jos, unde și se vor condensa în porțiunea capătului rece al tubului. Căldura,

care este absorbită în timpul vaporizării apei este foarte mare, de aceea transmiterea căldurii în tub are loc extrem de efectiv.

Cu părere de rău construcția are un neajuns esențial – «e de unică folosință»: picăturile de apă se vaporizează și procesul transmiterii de căldură încetează. Pentru rezolvarea acestei probleme inginerii s-au folosit de așa-numitul *efect de capilar*. (Amintiți-vă: dacă marginea cămășii sau a rochi-ei va nimeri în apă, atunci devine umed nu numai el, dar și pânza din jur).

Structuri capilare au fost amplasate de-a lungul pereților interiori ai tubului de căldură (banda roșie din fig. 1), și tubul a devenit «de multiplă folosință». Într-un asemenea dispozitiv apa se mișcă «după o circumferință»: în capătul cald al tubului (sus) apa se evaporă, vaporii se deplasează în jos și se condensează în capătul rece al tubului; apa creată prin capilar se deplasează în sus, din nou se evaporă ș.a.m.d.

Pentru rezolvarea problemelor concrete tuburile sunt confecționate din metal, iar capilarele sunt făcute sub formă de cablu de sârmă (fig. 2), sau sub formă de pilitură de microparticule (fig. 3).

Tuburile termice sunt foarte răspândite. Astfel tubul termic, asemănător cu cel indicat în fig. 2, se aplică pentru răcirea calculatoarelor personale.

O aplicare surprinzătoare o au tuburile termice în Alaska. În fig. 4 este reprezentată o porțiune a conductei de gaz, construite pe teritoriul gheții veșnice. În timpul transportării gazului are loc o anumită încălzire a lui, căldura se transmite tubului, iar o parte din această căldură încălzește suporturile și trece în pământ. Dacă se va transmite multă energie termică, atunci porțiunea de lângă suport a veșnicului îngheț se va topi și va apare pericolul accidentului. Constructorii au rezolvat această problemă, înzestrând fiecare suport cu tuburi termice (barele albe din fig. 4), datorită cărora surplusul de căldură se deplasează în sus, în atmosferă.

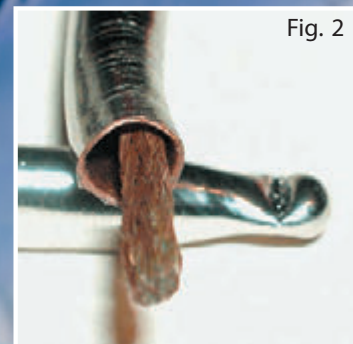


Fig. 2



Fig. 3



Fig. 4

Efectul «de memorie a formei»

În sec. XX fizicienii au descoperit un fenomen deosebit de interesant, care mai târziu a primit o aplicare largă. Este vorba despre așa-numitul *efect «de memorie a formei»*. În ce totuși constă esența lui??

Ne vom folosi de un exemplu simplu. Efectul «de memorie a formei» este propriu unor aliaje, dintre care cel mai răspândit este nitinolul – un aliaj de nichel și titan. Să luăm o vergea lungă, confecționată din nitinol, o vom încălzi și-i vom imprima orice formă, să zicem, o vom încovoia sub formă de inel. Apoi vom lăsa vergeaua să se răcească până la temperatura camerei și-i vom imprima o altă formă, adică nu de inel, – de exemplu, o vom dezdoi, sau o vom încovoia sub formă de orice altă figură. Însă dacă acum din nou se va încălzi vergeaua, atunci ea, parcă ar fi o ființă vie, «își va aminti» istoria sa și de sine stătător va primi forma inițială, adică în acest caz se va încovoia în inel. Mai mult, vergeaua pentru mult timp «păstrează memoria» despre forma sa inițială și în anumite condiții o poate primi de multe ori. Anume acest fenomen și se numește efect «de memorie a formei». El este aplicat pe scară largă

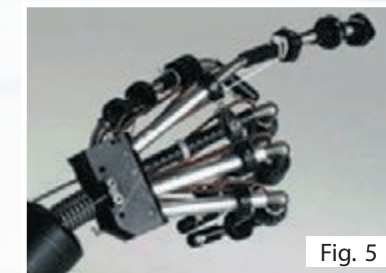


Fig. 5

în tehnică. De exemplu, în fig. 5 este reprezentată o mână de robot. «Degetele», confecționate dintr-un aliaj, căruia îi este proprie efectul «de memorie a formei», au fost îndoite în stare fierbinte. «Încheieturile degetelor» reprezintă niște încălzitori electrici, și dacă prin ele va trece curentul, atunci «încheieturile» se vor încălzi și «mâna» se va strânge în pumn.

Temele orientative ale proiectelor

1. Problemele ecologice ale termoenergeticii și ale utilizării căldurii.
2. Tehnologiile de economisire a energiei.
3. Proprietățile unice ale apei.
4. Cristalele lichide și utilizarea lor.
5. Polimerii.
6. Mașinile frigorifice.
7. Condiționerile, pompele termice.

Temele referatelor și comunicărilor

1. Adaptarea plantelor la temperaturi înalte.
2. Vaporizarea și condensarea în natura vie.
3. Aplicarea vaporizării și condensării în tehnică.
4. Convecția în natură.
5. Cum, unde și de ce au loc așa fenomene naturale: ploaia, ceața, zăpada, roua, grindina.
6. De ce «plâng» geamurile?
7. Metodele de păstrare a căldurii în încăperi.
8. «Minunile culinăriei» și legile fizicii.
9. Substanțele amorfe.
10. Cristalele lichide, particularitățile și utilizarea lor.
11. Istoria creării nanomaterialelor.
12. Nanotehnologii în medicină și cosmetologie: «pentru» și «contra».
13. Aportul învățaților ucraineni în dezvoltarea nanotehnologiilor.
14. Radiația termică a corpului omului.
15. Influența motoarelor termice asupra mediului înconjurător.
16. Încălzirea globală – pericolul omenirii?
17. Surse alternative de energie.
18. Dispozitive casnice, care funcționează pe baza energiei radiației solare.

Temele cercetărilor experimentale

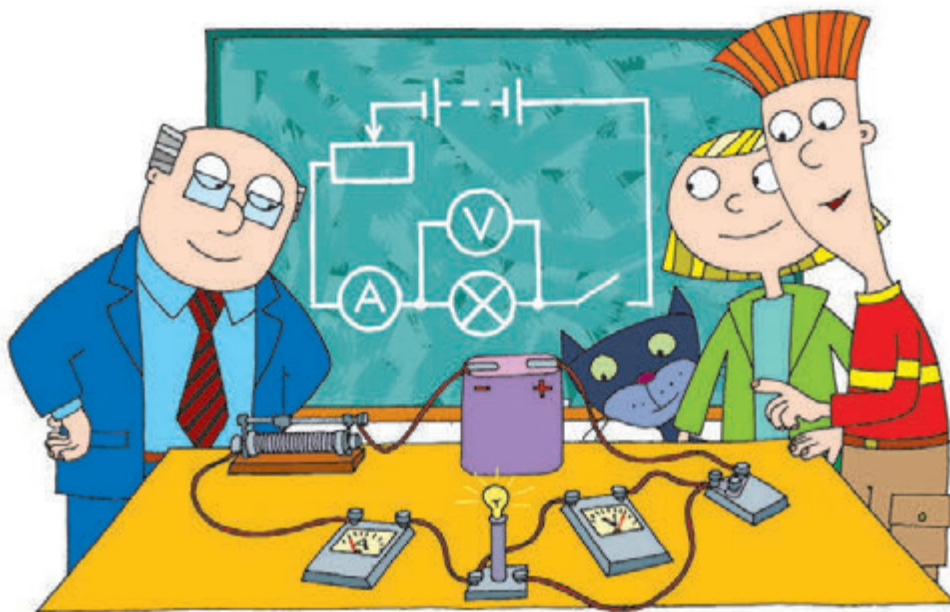
1. Studiarea conductibilității termice ale diferitelor materiale.
2. Creșterea cristalelor din diferite feluri de săruri.
3. Studiarea fierberii apei și dependenței variației temperaturii de fierbere a apei de presiunea exterioară și prezența impurităților.
4. Crearea «frigiderelor», care nu folosesc energie electrică.
5. Crearea motorului, care utilizează energia unei lumânări.

Înainte de a începe lucrul asupra proiectului, referatului, efectuării cercetării experimentale faceți cu atenție cunoștință cu sfaturile date în internet-susținerea manualului.

CAPITOLUL II

FENOMENE ELECTRICE. CURENTUL ELECTRIC

- Voi ați văzut, că părul elektrizat se atrage de pieptene, dar acum veți stabili, de ce și când are loc aceasta
- Voi de multe ori v-ați folosit de dispozitive electrice, dar acum veți afla, ce se numește circuit electric și-l veți putea compune
- Voi știți despre existența curentului electric, dar acum veți afla, în ce condiții el poate exista
- Voi zilnic consumați energie electrică, dar acum vă veți învăța a calcula cantitatea și costul ei
- Voi nu o singură dată ați observat fulgerul, dar acum veți putea explica, de ce el apare și cum de se protejat de el



PARTEA 1. SARCINA ELECTRICĂ. CÂMPUL ELECTRIC. CURENTUL ELECTRIC

§ 19. SARCINA ELECTRICĂ ȘI INTERACȚIUNEA ELECTROMAGNETICĂ

Inginerii de exploatare și militarii numesc sarcină explozivul; uneori cuvântul «sarcină» se folosește pentru determinarea «rezervei de sentimente» (sarcină de voieșie). Dar ce este sarcina electrică?

1 Facem cunoștință cu interacțiunea electromagnetică

Structura atomului – componentul elementar a oricărei substanțe – voi deja ați studiat-o în cursurile științei naturii, fizicii, chimiei. Deci, să ne amintim: atomul oricărei substanțe constă din nucleu, în jurul căruia se mișcă electronii.

E clar, că fără atracția reciprocă a electronilor și nucleului atomul s-ar descompune. S-ar putea admite, că o astfel de atracție este condiționată de interacțiunea gravitațională. Însă lucrurile nu stau astfel: electronii și nucleul sunt peste măsură de ușori, și interacțiunea gravitațională dintre ei este foarte slabă, – ea este insuficientă pentru a menține electronii lângă nucleu. S-a demonstrat, că atomul nu se descompune datorită interacțiunii de alt tip – ea se numește **interacțiune electromagnetică**.

Dar nucleul și electronii, din care este compus atomul, sunt descoperiți comparativ nu de mult, cu mai puțin de 150 de ani în urmă. Oare savanții nu știau nimic despre existența interacțiunii electromagnetice mai înainte? Se înțelege că știau.

Cu mai mult de douăzeci și cinci de secole în urmă filozoful, matematicianul, cercetătorul naturii *Fales* (cca. 625 – cca. 547 î. e. n.) din orașul Milet freca cu blană o bucată de chihlimbar și observa cum după aceasta chihlimbarul începea să atragă spre sine penne de păsări, puf, paie, frunze uscate. Anume de la denumirea grecească a chihlimbarului – *electron* – procesul, în rezultatul căruia corpurile obțin proprietatea de a atrage alte corpuri, l-au numit *electrizarea* corpurilor, iar corpurile, care posedă această proprietate, – *electrizate*.

Din viața de toate zilele noi știm, că după pieptănarea părului uscat cu pieptene de masă plastică ultimul obține proprietatea de-a atrage spre sine părul, firicele de ață, bucățele de hârtie etc. Proprietate analoagă obține și bastonașul de ebonită în rezultatul frecării de lână sau bastonașul din sticlă organică, dacă el va fi frecat de mătase sau de hârtie (fig. 19.1).

2 Aflăm despre sarcina electrică

Experiențele demonstrează, că corpurile electrizate atrag nu numai firicele de ață ușoare, pășoare, bucățele de hârtie, dar și obiecte metalice, bulgărași de pământ și chiar jeturi subțiri de apă sau ulei. Atrageți atenția, că intensitatea interacțiunii electromagnetice poate fi diferită. Astfel, în experimentul, reprezentat în fig. 19.2, a, jetul de apă deviază mai mult, decât în experimentul din fig. 19.2, b.

❓ Efectuați experimente asemănătoare. În loc de bastonaș e comod să se folosească un pieptene de masă plastică, electrizându-l prin pieptănarea părului.

Pentru a avea posibilitatea de a determina cantitativ intensitatea interacțiunii electromagnetice a fost introdusă mărimea fizică – *sarcină electrică*.

Sarcina electrică – asta-i mărimea fizică, care caracterizează proprietatea particulelor și corpurilor de a intra în interacțiune electromagnetică.

Sarcina electrică se notează cu simbolul q . *Unitatea de măsură a sarcinii electrice în SI – coulombul* (numită în cinstea fizicianului francez *Charles Coulomb*): $[q]=1\text{ C}$.

Această unitate – derivă din unitățile fundamentale ale SI (definiția coulombului va fi dată în § 27).

Despre corpul electrizat se spune, că *corpului i s-a transmis sarcină electrică – corpul este electrizat*.

Electrizarea – aceasta-i procesul obținerii sarcinii electrice de către corpurile macroscopice.

3 Să studiem proprietățile fundamentale ale sarcinii electrice

1. Există două feluri de sarcini electrice – **pozitive** și **negative**. Sarcina electrică de felul, ca sarcina obținută pe chihlimbar sau pe bastonașul de ebonită, frecăți cu lână, este primit de o numit negativă, iar de felul ca sarcina electrică, obținută pe bastonașul din sticlă organică, frecat de mătase sau hârtie, – pozitivă.

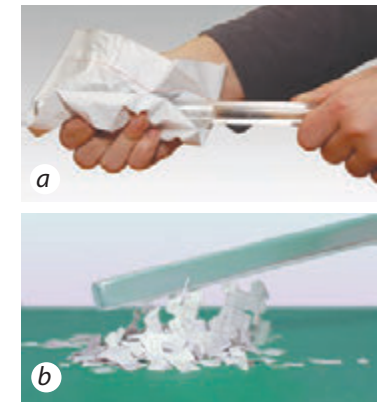


Fig. 19.1. Pentru a electriză bastonașul din sticlă organică este suficient de-l frecat cu o foaie de hârtie (a). După ce bastonașul a fost frecat puțin timp el începe să atragă spre sine diferite corpuri mărunte (b)



Fig. 19.2. Intensitatea interacțiunii electromagnetice a bastonașului electrizat și a jetului de apă poate fi diferită

2. Corpurile, care posedă sarcini de același semn, se resping; corpurile, care posedă sarcini de semn opus – se atrag (fig. 19.3).

3. Purtătorul sarcinii electrice este particula – sarcina electrică nu există separat de particulă. În timpul electrizării corpul primește sau cedează un anumit număr de particule, care au sarcină electrică*. Una dintre particulele încărcate negativ este *electronul*, iar una dintre cele încărcate pozitiv – *protonul* (protonul intră în componența nucleului atomului).

De regulă în timpul electrizării corpul primește sau cedează o anumită cantitate de electroni.

4. Sarcina electrică este discretă, adică sarcinile electrice ale corpurilor fizice sunt multiple unei sarcini electrice minimale (elementare):

$$|q| = N|e|,$$

unde q – sarcina corpului fizic; N – număr natural; e – sarcină elementară.

Purtătorul sarcinii elementare negative este electronul. Această sarcină se notează cu simbolul e , iar valoarea ei se scrie astfel: $e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}^{**}$. Purtătorul sarcinii elementare pozitive este protonul. Sarcina protonului după modul este egală cu sarcina electronului: $q_p = +1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

❓ Cum considerați voi, poate oare corpul fizic să poseze o sarcină de $0,5e$? $-17,7e$? $198e$?

5. Și microparticulele, și corpurile macroscopice pot avea sarcină (pozitivă sau negativă), sau pot fi neutre. De exemplu, particule neutre – particule, sarcina cărora este nulă – sunt neutronii (ei împreună cu protonii constituie nucleul atomului). În componența atomilor intră protonii și electronii, care posedă sarcini electrice, însă înșiși atomii sunt neutri, deoarece în ei cantitatea de electroni coincide cu cantitatea de protoni.

Facem totalurile

Sarcina electrică – asta-i mărimea fizică, care caracterizează proprietatea particulelor și corpurilor de a intra în interacțiune electromagnetică. Sarcina electrică se notează cu simbolul q și se măsoară în coulombi (C).

* În continuare particulele, care posedă sarcină electrică le vom numi *particule încărcate*.

** $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ – aceasta-i valoarea aproximativă a sarcinii elementare, rotunjită până la zeci. La momentul de față valoarea sarcinii elementare este determinată cu o precizie mai înaltă cu ajutorul aparatelor contemporane.

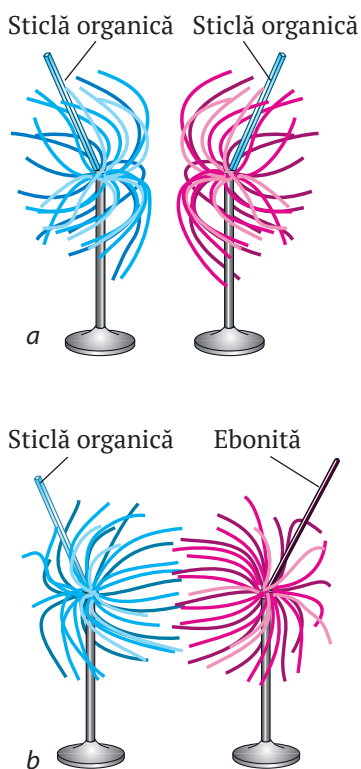


Fig. 19.3. Fâșiile de hârtie încărcate cu sarcini de același semn se resping (a); fâșiile încărcate cu sarcini de diferit semn – se atrag (b)

Procesul obținerii sarcinii electrice de către corpurile macroscopice se numește electrizare. În timpul electrizării de obicei corpul primește sau cedează o anumită cantitate de electroni.

Se deosebesc două feluri de sarcini electrice: pozitive și negative. Corpurile încărcate cu sarcini de același semn se resping, iar cele încărcate cu sarcini de semn diferit – se atrag.

Sarcina electrică este discretă: există sarcină electrică minimă (elementară), căreia îi sunt multiple toate sarcinile electrice ale corpurilor și particulelor. Sarcina electrică nu există separat de particulă; purtătorul sarcinii electrice elementare negative este electronul, a celei pozitive – protonul.

Întrebări pentru control

1. Ce se numește sarcină electrică?
2. Numiți unitatea de măsură a sarcinii electrice.
3. Ce feluri de sarcini electrice există?
4. Ce fel de sarcină electrică are bastonașul de ebonită, frecat cu lână? bastonașul de sticlă, frecat cu mătase?
5. Cum interacționează corpurile, care posedă sarcini de același semn? sarcini de semn diferite?
6. Din care particule este compus atomul?
7. Care particule intră în componența nucleului atomului?
8. Care particulă are cea mai mică sarcină negativă? cea mai mică sarcină pozitivă?
9. Cum înțelegeți afirmația, că sarcina electrică este discretă?

Exercițiul Nr. 19

1. Pe desen este reprezentat un corp încărcat pozitiv și bilele 1 și 2, suspendate de fire de ață, care dețin sarcini electrice de semn necunoscute. Determinați semnele sarcinilor bilelor 1 și 2.
2. O bilă din hârtie încărcată este suspendată de un fir subțire de mătase. În ce mod se poate determina semnul sarcinii electrice a bilei, având la dispoziție un bastonaș de ebonită și o bucată de lână?
3. Atomul, nucleul căruia are 12 protoni, a pierdut 2 electroni. Câți electroni au rămas în atom?
4. Câți electroni în plus trebuie să fie transmiși corpului, pentru ca el să obțină o sarcină egală cu -1 C ?
5. Folosind surse suplimentare de informații sau experiența proprie, dați câteva exemple curioase de interacțiune a corpurilor încărcate.
6. Determinați forța, cu care un corp cu masa de 5 g este atras la Pământ. Ce denumire are această forță? Efectuați un desen schematic, pe care să indicați direcția acțiunii și punctul de aplicare al acestei forțe.

Însărcinare experimentală

Alcătuți planul cercetării caracterului interacțiunii corpurilor, care posedă sarcini electrice. Ca obiecte de cercetare luați o fâșie de hârtie și una de polietilenă cu dimensiunile de aproximativ $4 \times 15 \text{ cm}$, o fâșie din polietilenă cu dimensiunea de $2 \times 3 \text{ cm}$, suspendată de un fir de ață, un pix din masă plastică. Efectuați experimentul respectiv.

Fizica și tehnica în Ucraina



Universitatea națională din Harkiv V. N. Carazin (UNH), întemeiată în noiembrie a. 1804 – una dintre cele mai vechi universități din Europa de Est. Istoria UNH este o parte esențială a istoriei intelectuale, culturale și spirituale a țării noastre. De universitatea de la Harkov sunt legate numele următorilor învățați și iluminători renumiți ca *P. P. Hulac- Artemovschii*, *O. M. Liapunov*, *M. I. Costomarov*, *M. P. Barabașov*, *M. M. Bechetov*, *D. I. Bagalii*, *A. M. Crasnov*, *M. V. Ostrogradschii*, *V. A. Steclov*, *O. O. Potebenia*, *O. V. Pogorelov* și mulți alții. Universitatea de la Harkov – unica din Ucraina, unde au învățat sau au lucrat trei laureați ai premiului Nobel – biologul *I. I. Mecinico*v, fizicianul *L. D. Landau*, economistul *Saimon Cuzneți*.

i

§ 20. CÂMPUL ELECTRIC

Amintiți-vă, cum în timpul pieptănării părul uscat și curat «se întinde» după pieptenele din masă plastică. În acest caz are loc electrizarea: și părul, și pieptenele primesc sarcină electrică. Dar de ce părul chiar și la distanță repetă mișcările pieptenelui (parcă cobra – mișcarea fluierului fachirului indian), veți afla din acest paragraf.

1 Să observăm interacțiunea corpurilor încărcate

În § 19 v-ați convins, că bastonașul electricizat atrage bucățele de hârtie neîncărcate. Dacă voi ați efectuat experiența corespunzătoare, atunci, probabil, ați atras atenția la faptul, că bucățelele de hârtie «presimțeau» apropierea bastonașului din timp, încă până ca bastonașul să se atingă de ele. Adică bastonașul electricizat acționează asupra altor obiecte la distanță!

Să efectuăm încă o experiență. Vom avea nevoie de un balonaș mic cu aer frecat cu grafit*, suspendat de un fir de ață de mătase, un bastonaș de ebonită, o bucățică de țesătură din lână, o foaie de hârtie și o placă din sticlă organică.

Vom electriza bastonașul de ebonită, frecându-l de lână. Apoi atingem cu bastonașul electricizat balonașul suspendat de un fir de ață – balonașul va primi sarcină electrică negativă. Frecăm placa de sticlă organică cu hârtie – placa va obține sarcină electrică pozitivă. Să apropiem lin placa de balonaș. Pe măsura apropierii ei firul de ață, de care este suspendat balonașul, va începe să devieze de la verticală. Dacă vom opri apropierea, atunci balonașul așa și va rămâne nenatural deviat (fig. 20.1, a). Mai mult decât atât, ridicând placa deasupra balonașului noi putem să impunem

* Cu un creion simplu foarte moale hașurați o bucățică de hârtie și frecați balonașul cu această bucățică.

balonașul să încremenească într-o poziție cu mult mai nenaturală pentru el (fig. 20.1, b). Ce se întâmplă? De ce balonașul se comportă astfel? Concluzia este evidentă: asupra balonașului – în afară de forța de greutate și forța de elasticitate a firului – din partea plăcii electrizate acționează a treia forță (în fig. – \vec{F}_e).

2 Dăm definiția câmpului electric

Din experimentul descris mai sus se poate conchide, că *placa electricizată provoacă anumite modificări în spațiul din jurul ei*. Și anume: spațiul se schimbă în așa un mod, că asupra balonașului electricizat începe să acționeze o oarecare forță. În acest caz se spune, că în spațiu *există câmp electric*.

Câmpul electric – aceasta-i o formă specifică a materiei, care există în jurul corpurilor sau particulelor electricizate și acționează cu o oarecare forță asupra altor particule sau corpuri, care posedă sarcină electrică.

Astfel, interacțiunea electrică a plăcii electricizate și a balonașului încărcat se realizează cu ajutorul câmpului electric. Când balonașul încărcat nimereste în câmpul electric al plăcii electricizate, acest câmp începe să acționeze asupra balonașului cu o oarecare forță, în rezultatul acestui fapt balonașul deviază.

Forța, cu care câmpul electric acționează asupra particulelor sau corpurilor încărcate se numește *forță electrică* \vec{F}_e .

Trebuie de avut în vedere, că nu numai placa electricizată acționează cu câmpul său electric asupra balonașului încărcat, – balonașul cu al său câmp electric de asemenea acționează asupra plăcii.

? Explicați, de ce în acest caz placa nu deviază.

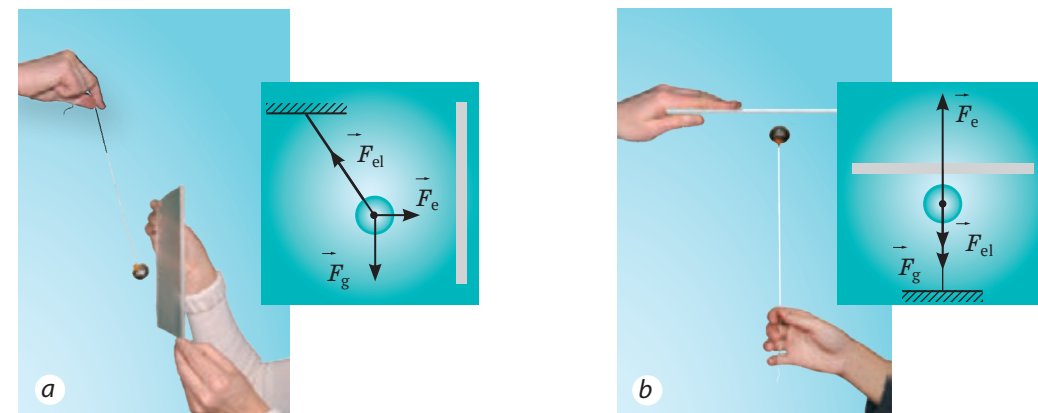


Fig. 20.1. Balonașul încărcat cu sarcină negativă este atras de placa din sticlă organică, încărcată pozitiv. Balonașul se va afla în repaus, când forța de greutate \vec{F}_g și forța de elasticitate a firului de ață \vec{F}_{el} vor fi compensate de forța electrică \vec{F}_e , care acționează asupra balonașului din partea plăcii electricizate

3 Caracterizăm câmpul electric

Organele de simț ale omului nu percep câmpul electric al corpului încărcat – noi nu putem vedea, auzi, simți prin pipăire acest câmp. Însă cum de aflat, ce proprietăți are el? Sperăm, voi deja v-ați priceput: câmpul electric poate fi studiat după acțiunea lui asupra corpurilor sau particulelor încărcate.

Anume această acțiune confirmă faptul, că *câmpul electric este material*, doar, în primul rând, el acționează asupra obiectelor materiale (balonașul încărcat, bucățița de hârtie, jetul de apă) și, în al doilea rând, acționează independent de om.

Să efectuăm un experiment, folosind o sferă metalică, amplasată pe un suport din masă plastică. Electrizați minuțios un bastonaș de sticlă, frecându-l de hârtie și vom atinge sfera cu bastonașul. Sfera va obține sarcină pozitivă (fig. 20.2). Spațiul din jurul sferei se va modifica – lângă ea va exista câmp electric. Vom studia acest câmp cu ajutorul balonașului de aer freat cu grafit, încărcat pozitiv (fig. 20.3).

Experiența ne va demonstra, că în primul rând, *câmpul electric există în orice punct al spațiului, ce înconjoară sarcina* (sfera încărcată); în al doilea rând, *pe măsura îndepărtării de la sarcină câmpul devine mai slab*, Noi putem de asemenea afirma, că câmpul electric are energie, doar din cauza acțiunii lui balonașul se mișcă, abătându-se sub un oarecare unghi.

Noi am scos în evidență doar câteva proprietăți ale câmpului electric. Mai amănunțit despre el veți afla în clasele superioare, iar până atunci vom atrage atenția asupra următorului fapt: *câmpul electric poate exista oriunde chiar și în vid*, chiar și în vid.

4 Reprezentăm câmpul electric grafic

Când voi vreți să povestiți cât mai bine posibil despre locul, în care ați fost, sau despre un prieten nou, atunci ce veți face voi, mai întâi? Probabil, mulți dintre care vor răspunde: «voi arăta pozele».

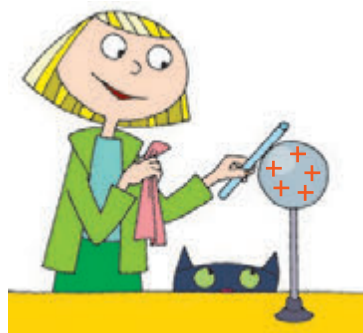


Fig. 20.2. În timpul atingerii cu un bastonaș încărcat pozitiv de o sferă aceasta obține sarcină pozitivă

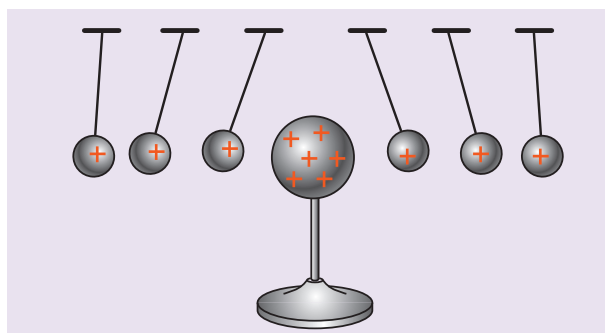


Fig. 20.3. Studiarea câmpului electric al sferei încărcate: câmpul electric al sferei acționează asupra balonașului încărcat în orice punct; cu mărirea distanței de la sferă forța, ce acționează asupra balonașului din partea câmpului electric al sferei, se micșorează

Cu părere de rău, câmpul electric nu se poate fotografia. Fizicianul englez *Michael Faraday* a propus ca câmpul electric să fie reprezentat grafic cu ajutorul liniilor de forță și astfel de-l vizualizat.

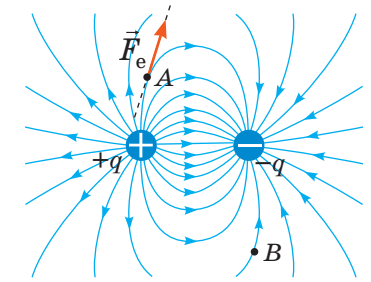


Fig. 20.4. Imaginea liniilor de forță ale câmpului electric, creat de un sistem de două sarcini de semn diferit egale ca modul (+q și -q). \vec{F}_e – forța, cu care acest câmp electric acționează asupra sarcinii pozitive, situate în punctul A

Liniile de forță ale câmpului electric, sau liniile câmpului electric, – acestea-s liniile imaginare, de-a lungul tangențelor cărora asupra corpului încărcat acționează forța din partea câmpului electric.

După direcția liniilor de forță se poate determina direcția, în care câmpul electric acționează asupra sarcinii electrice. Densitatea liniilor de forță pe desen depinde de faptul, cât de puternic este câmpul electric: cu cât este mai puternic câmpul electric, cu atât mai dens sunt situate liniile.

Să examinăm figura 20.4, în care este reprezentat grafic câmpul electric, creat de două sarcini de semn diferit. Să determinăm, în ce direcție este orientată forța \vec{F}_e , ce acționează asupra sarcinii pozitive, amplasate în punctul A al câmpului. Pentru aceasta vom duce tangenta la linia de forță în acest punct. Forța \vec{F}_e va acționa de-a lungul acestei tangente în direcția liniei de forță. E clar: dacă în punctul A va fi amplasată o sarcină negativă, atunci direcția forței va fi opusă direcției forței \vec{F}_e .

❓ Încercați să determinați, cum va fi orientată forța, ce acționează asupra sarcinii negative, amplasate în punctul B (vezi fig. 20.4) și aflați, în ce punct (A sau B) câmpul electric este mai puternic.

În caz general liniile câmpului electric sunt linii curbe, dar pot fi și drepte. De exemplu, liniile câmpului electric al unei bile încărcate uniform, depărtate de alte corpuri încărcate, – linii drepte (fig. 20.5, a, b). Sunt drepte și liniile câmpului electric dintre două plăci paralele, ce au sarcini egale ca valoare și semne opuse (fig. 20.5, c).

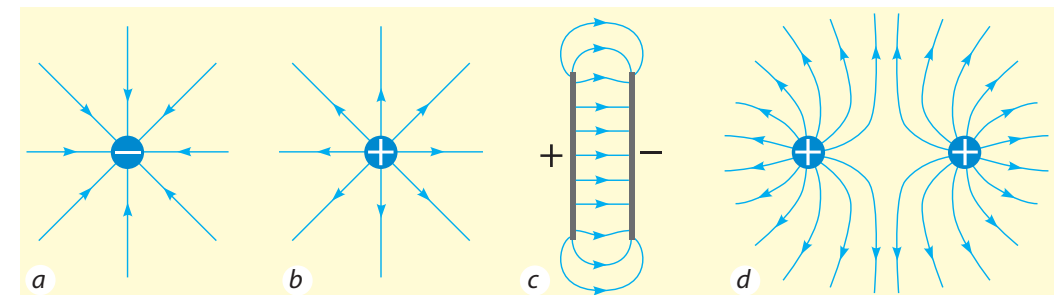


Fig. 20.5. Imaginile liniilor de forță ale câmpurilor electrice, create: a – de o bilă încărcată negativ; b – de o bilă încărcată pozitiv; c – de un sistem din două plăci paralele, sarcinile cărora sunt egale ca modul și de semne opuse; d – de un sistem din două bile, ce au sarcini pozitive egale

Atrageți atenția: liniile de forță ale câmpului electric încep pe sarcina pozitivă și se termină pe cea negativă (vezi, de exemplu, [fig. 20.4, 20.5](#)).

5 Aflăm despre influența câmpului electric asupra organismului omului

Experimental s-a demonstrat, că suprafața Pământului este încărcată negativ, iar straturile superioare ale atmosferei – pozitiv, așadar, în atmosfera Pământului există câmp electric. Odată cu dezvoltarea civilizației acest câmp natural s-a completat cu câmpuri electrice, pe care le folosește omul.

La ora actuală se știe, că celulele și țesuturile organismului de asemenea creează în jurul său câmpuri electrice. Înregistrarea și măsurarea acestor câmpuri se aplică pe larg pentru diagnosticarea diverselor boli (electroencefalografia, electrocardiografia, electroretinografia ș. a.).

Noi trăim într-un adevărat păienjeniș, țesut dintr-o cantitate colosală de câmpuri electrice. Mult timp se considera, că ele nu influențează asupra oamenilor, însă astăzi este stabilit, că acțiunea câmpului electric exterior asupra celulelor și țesuturile organismului omului, mai ales cea de lungă durată, duce la consecințe negative.

Așa, în timpul funcționării calculatorului pe ecranul monitorului se acumulează sarcină electrică, care creează câmp electric. Tastatura și mouse-ul computațional de asemenea se electrizează în urma frecării. Sub influența acestor câmpuri electrice la utilizator se modifică starea hormonală și biocurenții creierului, ceea ce provoacă înrăutățirea memoriei, oboseală sporită ș. a.

? De ce pentru sănătatea omului e mai bine de purtat îmbrăcăminte, confecționată din țesături naturale, de exemplu, din bumbac și nu din sintetică?

Ce-i de făcut? Doar e foarte greu să refuzăm lucrul la calculator, viziunea televizorului, utilizarea tehnicii casnice, care tot este sursă de câmpuri electrice. La fel de greu e să renunțăm la țesăturile sintetice. Problema poate fi soluționată, diminuând câmpul electric, de exemplu, pe calea măririi umidității aerului sau utilizând antistatici. Există ieșire mai eficace, dar și mai scumpă – ionizarea artificială a aerului, saturarea lui cu ioni negativi ușori. În acest scop se utilizează *aeroionizatorii* – generatori de ioni negativi ai aerului.

Facem totalurile

Dacă în spațiu e prezentă acțiunea forțelor asupra sarcinilor electrice, atunci se spune, că în spațiu există câmp electric.

Dacă în spațiu e prezentă acțiunea forțelor asupra sarcinilor electrice, atunci se spune, că în spațiu există câmp electric.

Câmpul electric – aceasta-i o formă specifică a materiei, care există în jurul corpurilor sau particulelor electrizate și acționează cu o anumită forță asupra altor particule sau corpuri, care posedă sarcină electrică.

Există o metodă comodă de descriere vizuală a câmpurilor electrice, și anume reprezentarea lor grafică cu ajutorul liniilor de forță ale câmpului

electric – linii imaginare, de-a lungul tangențelor cărora asupra corpului acționează forța din partea câmpului electric. După direcția liniilor de forță se poate determina direcția, în care câmpul electric acționează asupra sarcinii electrice.

De influența câmpurilor electrice exterioare depind starea generală a omului, starea funcțională a principalelor sisteme ale organismului.

Întrebări pentru control

1. Cum poate fi demonstrat pe cale experimentală, că corpurile, care au sarcină electrică interacționează chiar și la distanță.
2. Ce este câmpul electric?
3. Cum de aflat, că în punctul dat al spațiului este câmp electric?
4. Numiți principalele proprietăți ale câmpului electric.
5. Dați definiția liniilor de forță ale câmpului electric.
6. Cum sunt orientate liniile de forță ale câmpului electric?
7. Ce formă are imaginea liniilor de forță ale câmpului electric a unei sfere încărcate pozitiv? a unei sfere încărcate negativ?
8. Ce influență asupra organismului omului efectuează câmpurile electrice, create de către diverse dispozitive electrotehnice?

Exercițiul Nr. 20

1. În [fig. 1](#) sunt reprezentate liniile câmpului electric dintre două perechi de plăci încărcate. Între care plăci câmpul electric este mai intens? Determinați semnul sarcinii fiecărei plăci.
2. În [fig. 2](#) sunt reprezentate liniile câmpurilor electrice, create de două sarcini diferite ca modul. Determinați pentru fiecare caz: 1) direcția liniilor de forță; 2) care sarcină este mai mare ca modul; 3) direcția forței, care acționează asupra sarcinii pozitive, situate în punctul A; 4) direcția forței, care acționează asupra sarcinii negative, situate în punctul B.

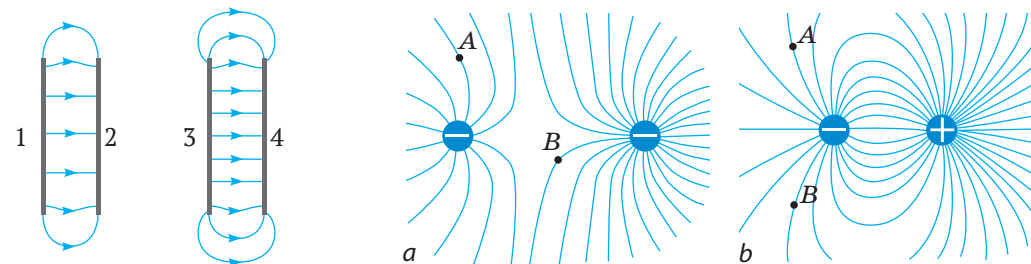


Fig. 1

Fig. 2

3. O picătură încărcată de ulei cu masa de 3,2 mg se află în suspensie între două plăci încărcate ([fig. 3](#)). Determinați direcția și valoarea numerică a forței, care acționează asupra picăturii din partea câmpului electric al plăcilor, și de asemenea semnul sarcinii fiecărei plăci.
4. Determinați forța de elasticitate a firului (vezi [fig. 20.1, b](#)), dacă câmpul electric acționează asupra balonașului cu forța de 56 mN, volumul balonașului – 4 cm³, densitatea medie – 0,6 g/cm³.



Fig. 3

5. Unul dintre primii aeroinizatori, care se utilizează și în ziua de astăzi – candelabru lui Cijevschii. Dispozitivul generează ioni negativi – «vitamine electrice», cum le-a numit inventatorul dispozitivului *Olexandr Leonidovici Cijevschii*. Folosind surse suplimentare de informații, aflați despre această invenție și autorul ei.
6. Oare poate avea particula sarcina electrică egală cu $8 \cdot 10^{-19}$ C? $-2,4 \cdot 10^{-19}$ C? $2,4 \cdot 10^{-18}$ C? Argumentați răspunsul vostru.



Însărcinări experimentale

- Propuneți câteva indiciatori de existență a câmpului electric, aplicați-le.
- «Vată zburătoare». Pregătiți o bucățică de vată înfoiată cu diametrul nu mai mare de 1 cm și puneți-o pe o riglă electrizată din masă plastică. Brusc scuturând rigla, dobândiți ca bucățica de vată să înceapă a «înnota» deasupra ei în aer. Explicați fenomenul observat. Efectuați desenul, pe care notați forțele ce acționează asupra bucățelei de vată.

§ 21. MECANISMUL ELECTRIZĂRII. ELECTROSCOPUL



Fig. 21.1. William Gilbert (1544–1603) – fizician și medic englez, întemeietorul științei despre electricitate

Se consideră, că studierea sistematică a fenomenelor electromagnetice a început-o savantul englez *William Gilbert* (fig. 21.1). Însă explicarea electrizării corpurilor a putut fi făcută după mai mult de trei secole apoi. După descoperirea electronului fizicienii au constatat, că o parte din electroni poate comparativ ușor să se desprindă de atom sau să se alipească la el, transformând atomul neutru în particulă încărcată – *ion*. Dar iată cum are loc electrizarea corpurilor macroscopice, voi veți afla din acest paragraf.

1 Examinăm electrizarea prin frecare

Înarmându-ne cu cunoștințele despre structura atomului să studiem procesul de *electrizare prin frecare*. Luăm un bastonaș de ebonită și-l vom freca de o pânză de lână. În acest caz, după cum știți, bastonașul obține sarcină negativă. Să clarificăm, ce a provocat apariția sarcinii pe bastonaș.

Înainte de frecare și bastonașul și lâna sunt neutre din punct de vedere electric (neelectrizate). Dar iată

în cazul contactării foarte strânse a două corpuri, confecționate din materiale diferite o parte din electroni trece de pe un corp pe altul. Dacă după contact vom despărți corpurile, atunci vom constata că ele sunt electrizate: *corpul, care a cedat o parte din electronii săi va fi încărcat pozitiv, iar corpul care le-a adăugat, – negativ*. Lâna reține electronii săi mai slab decât ebonita, de aceea în timpul contactului electronii în general trec de pe pânza de lână pe bastonașul de ebonită, și nu invers. În rezultat după despărțire bastonașul devine

încărcat negativ, iar lâna – pozitiv. Rezultat analogic se poate obține, dacă se va pieptăna părul uscat cu un pieptene din plastic (fig. 21.2). Trebuie de menționat, că expresia uzuală «electrizare prin frecare» nu este chiar precisă, corect ar fi de spus despre «*electrizare prin atingere*», deoarece frecarea corpurilor unul de altul e necesară numai pentru aceea, ca să se mărească cantitatea de parcele ale contactului lor strâns.

2 Să formulăm legea conservării sarcinii electrice

Dacă până la experiența, descrisă în punctul 1 al acestui paragraf, bastonașul și pânza de lână nu erau electrizate, atunci după contact ele vor fi electrizate, pe lângă aceasta, sarcinile lor vor fi egale ca modul și opuse după semne. Adică sarcina lor sumară, ca și până la experiență, va fi egală cu zero.

În urmă a numeroase experiențe fizicienii au clarificat, că *în procesul electrizării se petrece redistribuirea sarcinilor electrice prezente, și nu formarea a noi sarcini*. Așadar, se realizează **legea conservării sarcinii electrice**:

Sarcina totală a unui sistem închis de corpuri rămâne invariabilă în procesul tuturor interacțiunilor, care au loc în acest sistem:

$$q_1 + q_2 + \dots + q_n = \text{const},$$

unde q_1, q_2, \dots, q_n – sarcinile corpurilor, care formează sistemul electric închis (n – numărul de corpuri).

Prin *sistem electric închis se înțelege un astfel de sistem de corpuri, în care nu pătrund particule încărcate din exterior și care nu pierde particulele încărcate «proprii»*.

3 Legăm la pământ aparatele și dispozitivele. Deosebim conductorii și dielectricii

Dacă se va încerca să se electrizeze prin frecare o tijă metalică, ținând-o în mână, atunci va ieși la iveală, că aceasta este imposibil. Chestia constă în aceea, că metalele – aceasta-s substanțe cu infinit de mulți *electroni liberi*, care se deplasează ușor prin tot volumul corpului de metal. Asemenea substanțe se numesc *conductoare*. Încercarea de a electriza tija metalică, ținând-o în mână va duce la aceea, că electronii excesivi foarte repede «vor fugi» de pe tijă și ea va rămâne neelectrizată. «Drumul fugii» electronilor este însuși cercetătorul,

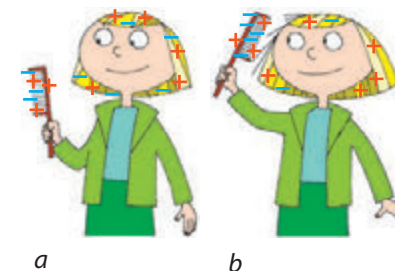


Fig. 21.2. Înainte de a se pieptăna cantitatea de sarcini pozitive pe păr și pe pieptene este egală cu cantitatea celor negative (a). În timpul pieptănării o parte din electronii de pe păr va trece pe pieptene, în consecință pieptenele se va încălca negativ, iar părul – pozitiv (b)



Fig. 21.3. Electrizarea sferei prin inducție (a); drept indice a prezenței sarcinii servește balonașul aerian încărcat pozitiv – el deviază de la sferă, deci, sfera (spre deosebire de bastonaș) este încărcată pozitiv (b)

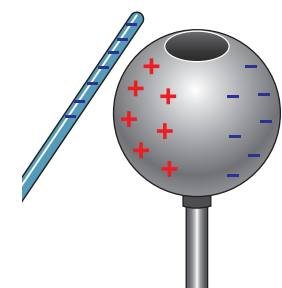


Fig. 21.4. În urma acțiunii câmpului electric al bastonașului încărcat negativ porțiunea cea mai apropiată de el obține sarcină pozitivă

deoarece corpul omului – este conductor*. De obicei «punctul final» pentru electroni este Pământul, care la fel este un conductor. Dimensiunile lui sunt colosale, și dacă orice corp încărcat este unit printr-un conductor cu Pământul, atunci el devine practic neutru din punct de vedere electric (neîncărcat). Deoarece corpurile, încărcate pozitiv vor adăuga o cantitate oarecare de electroni de la Pământ, iar din corpurile, încărcate negativ cantitatea excesivă de electroni se va duce în Pământ.

Mijlocul tehnic, care permite descărcarea oricărui corp încărcat pe calea unirii lui printr-un conductor cu Pământul se numește **legare cu pământul (împământare)**.

În unele cazuri, de exemplu, pentru a comunica sarcină conductorului sau pentru a păstra pe el sarcina trebuie de evitat legătura cu pământul. Pentru aceasta sunt folosite corpurile, confecționate din *dielectrici*. În dielectrici (ei mai sunt numiți *izolatori*) particulele încărcate libere practic lipsesc. De aceea, dacă între pământ și corpul încărcat se va pune o barieră în formă de izolator, atunci particulele libere încărcate nu vor putea nici părăsi conductorul, nici să nimerească pe el și conductorul va rămâne încărcat.

Sticla, sticla organică, ebonita, chihlimbarul, cauciucul, hârtia sunt dielectrici, de aceea în experiențele electrostatice ei pot fi lejer electricizați – sarcina de pe ei nu se scurge.

4 Să aflăm despre electrizarea prin inducție

Să efectuăm o experiență. Apropiem (fără a se atinge!) un bastonaș de ebonită încărcat negativ de o sferă metalică neelectrizată, amplasată pe un suport izolator. Pentru un interval scurt de timp ne atingem cu mâna de porțiunea sferei, ce este cea mai îndepărtată de corpul electricizat (fig. 21.3, a), iar apoi înlăturăm bastonașul încărcat. Devierea bilei ușoare încărcate pozitiv va arăta, că sfera a obținut sarcină pozitivă (fig. 21.3, b). *Atrageți atenția:* semnul sarcinii sferei este opus semnului bastonașului de ebonită.

Deoarece în acest caz nu a avut loc contactul nemijlocit dintre corpurile electricizate și cel

* Deoarece corpul omului este conductor, *experimențele cu electricitatea pot fi periculoase pentru participanții la ele!*

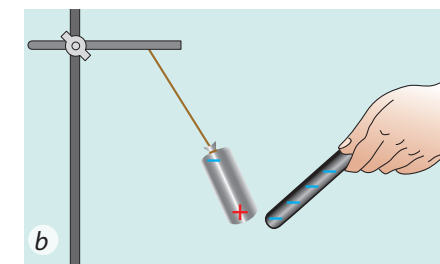
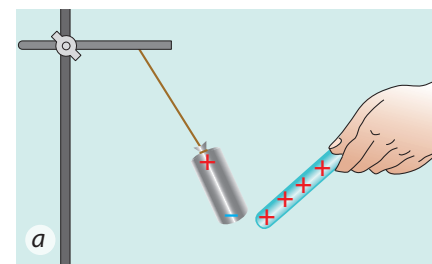


Fig. 21.5. Pentru întrebarea din § 21

neelectrizat, procesul descris este numit **electrizare prin inducție** sau **inducție electrostatică**.

Se explică acest mod de electrizare astfel. În urma acțiunii câmpului electric al bastonașului încărcat negativ electronii liberi se redistribuie pe suprafața sferei. Electronii au sarcină negativă, de aceea ei se resping de la bastonașul încărcat negativ. În rezultat cantitatea de electroni devine excesivă pe porțiunea sferei, care este cea mai îndepărtată de la bastonaș și insuficientă – pe cea mai apropiată (fig. 21.4). Dacă ne vom atinge de sferă cu mâna, atunci o oarecare cantitate de electroni liberi va trece de pe sferă pe corpul cercetătorului. Astfel, pe sferă apare lipsă de electroni și ea devine încărcată pozitiv.

? Clarificând mecanismul electrizării prin inducție, sperăm, că voi veți putea explica de ce un corp metalic neîncărcat întotdeauna se atrage de corpul, care are sarcină electrică. De exemplu, explicați, de ce un cartuș, confecționat din folie de staniol, se atrage atât de un bastonaș de sticlă, ce are sarcină pozitivă (fig. 21.5, a), cât și de bastonașul de ebonită, sarcina căruia este negativă (fig. 21.5, b). Ce se va întâmpla, dacă cartușul se va atinge de bastonaș?

Este mai complicat de explicat atragerea bucățelelor de hârtie de către bastonașul electricizat, doar se știe, că hârtia este un dielectric și de aceea ea practic nu conține electroni liberi. Chestia constă în aceea, că câmpul electric al bastonașului încărcat acționează asupra electronilor legați ai atomilor, din care este compusă hârtia, și drept consecință se modifică forma norului

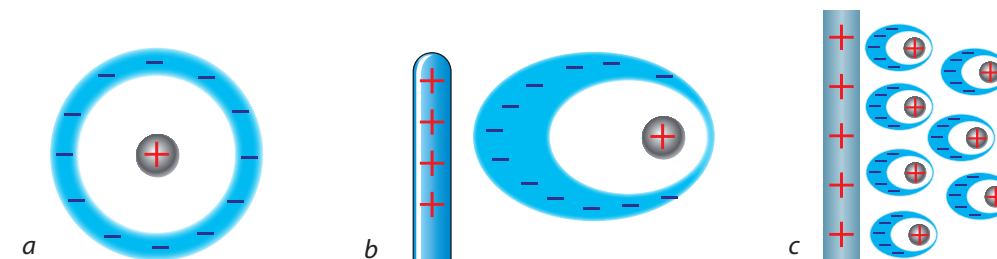


Fig. 21.6. În urma acțiunii câmpului electric exterior forma norului electronic se modifică. Forma norului electronic: în lipsa câmpului (a); în prezența câmpului (b). Pe suprafața hârtiei, care este cea mai apropiată de bastonașul încărcat pozitiv se formează sarcină negativă (c)

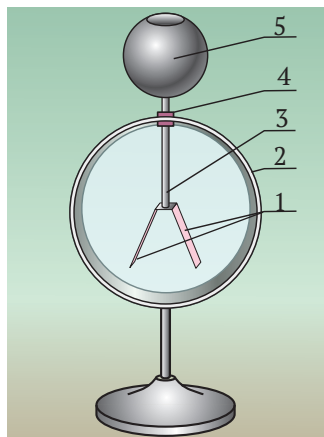


Fig. 21.7. Construcția electroscopului: 1 – indicatorul (foițe de hârtie); 2 – carcasa metalică; 3 – bară metalică; 4 – dielectric; 5 – conductor

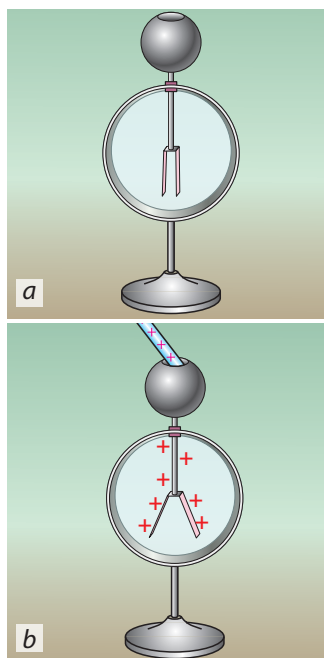


Fig. 21.8. Electroscopul este neîncărcat și foițele de hârtie sunt repartizate vertical (a); după atingerea corpului electrizat de conductorul electroscopului foițele se îndepărtează (b)

electronic – el devine lunguiet (fig. 21.6). În rezultat pe suprafața hârtiei, care este cea mai apropiată de bastonaș se acumulează sarcina, care după semn este opusă sarcinii bastonașului și de aceea hârtia începe să se atragă spre bastonaș. Procesul descris se numește **polarizarea dielectricului**.

5 Să construim electroscopul și să facem cunoștință cu electrometrul

Până acum pentru studierea fenomenelor electrice voi ați folosit mijloacele, care sunt la îndemână. Însă cunoștințele voastre sunt deja suficiente pentru a înțelege principiul funcționării aparatelor, care permit studierea caracteristicilor nu numai calitative, ci și cantitative ale corpurilor electrizate.

Din timpuri străvechi pentru depistarea prezenței în corpul fizic a sarcinii electrice, determinarea semnului sarcinii și aprecierea valorii sarcinii se folosește **electroscopul** (fig. 21.7). Să explicăm construcția lui.

Orice fenomene electrice sunt strâns legate de câmpul electric. Voi deja știți, că câmpul electric poate fi depistat după devierea unui bile ușoare încărcate. Însă bila – nu este un indicator suficient de comod, e mai bine de utilizat două foițe subțiri de hârtie (1). După comunicarea sarcinii de același semn foițelor ele vor începe să se respingă și capetele lor libere (de jos) se vor despărți în diferite părți.

Pentru a face dispozitivul cât se poate de sensibil, pentru indicator (foițe) trebuie de ales hârtia cea mai subțire, dar atunci pot influența precizia măsurării curenții de aer sau chiar respirația observatorului. Pentru protecție foițele sunt amplasate în carcasă (2) cu pereții laterali transparenți.

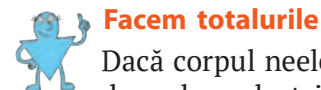
Pentru a furniza sarcina la foițe se folosește conductorul – bara metalică (3). Pentru ca sarcina electrică să nu se scurgă de pe bară pe carcasă în locul intersecției lor se instalează o barieră din dielectric (4).

În sfârșit, ultimul element al construcției electroscopului – conductorul (5) – o sferă metalică goală, care este fixată pe capătul de sus al barei.

Dacă ne vom atinge de conductorul electroscopului cu corpul electrizat cercetat, atunci o parte din sarcina acestui corp va nimeri pe foițele de hârtie și ele se vor îndepărta (fig. 21.8). *Atrageți atenția:* Unghiul dintre foițe depinde de valoarea sarcinii

obținute de ele. Acest unghi este cu atât mai mare cu cât este mai mare sarcina obținută.

Pentru depistarea și măsurarea sarcinii electrice se poate utiliza **electrometrul** (fig. 21.9). Spre deosebire de electroscop electrometrul neapărat are carcasă metalică, scară, datorită căreia se poate aprecia mai precis valoarea sarcinii transmise electrometrului, și un ac indicator de metal (în loc de foițe de hârtie).



Facem totalurile

Dacă corpul neelectrizat (adică neutru din punct de vedere electric) cedează o parte din electronii săi, atunci el devine încărcat pozitiv, iar dacă adăunează electroni, atunci devine încărcat negativ.

În timpul electrizării corpurilor are loc redistribuirea sarcinilor electrice prezente în ele, și nu crearea de noi sarcini. Pentru sistemul izolat de corpuri se realizează legea conservării sarcinii electrice: sarcina totală a unui sistem electric închis de corpuri rămâne invariabilă în timpul tuturor interacțiunilor, care au loc în sistem.

După proprietățile electrice substanțele sunt împărțite în conductori și dielectrici. Procedul tehnic, care permite descărcarea oricărui corp încărcat prin intermediul legării lui cu ajutorul conductorului cu pământul, se numește legare la pământ (împământare).

În urma acțiunii câmpului electric asupra conductorului are loc procesul de redistribuire a sarcinilor în interiorul conductorului – inducția electrostatică. În urma acțiunii câmpului electric asupra dielectricului are loc polarizarea dielectricului.

Electroscopul – aparat pentru depistarea sarcinii electrice.



Întrebări pentru control

1. Ce și de ce se întâmplă în timpul contactului foarte strâns a două corpuri, confecționate din diferite materiale?
2. De ce în timpul frecării bastonașului de ebonită de lână se electrizează ambele corpuri?
3. Formulați legea conservării sarcinii electrice.
4. În ce constă deosebirea dintre conductori și dielectrici?
5. Ce se numește legarea la pământ (împământare)?
6. În ce mod cu ajutorul unui corp încărcat negativ se poate electriza alt corp pozitiv?
7. Explicați de ce orice corp neîncărcat totdeauna este atras de corpul, care posedă sarcină electrică.
8. Pentru ce se folosește electroscopul? Cum el este construit și care este principiul lui de funcționare?
9. Prin ce se deosebește electrometrul de electroscop?



Exercițiul Nr. 21

1. Oare se deosebește masa bastonașului din sticlă organică, neîncărcat de masa aceluiași bastonaș încărcat pozitiv? Dacă se deosebește atunci cum?



Fig. 21.9. Electrometrul

- Se poate oare întâmpla astfel, că după atingerea de conductorul unui electroscop încărcat cu un oarecare corp va ieși la iveală că electroscopul e neîncărcat? Explicați răspunsul.
- Unui electroscop i s-a transmis o sarcină electrică pozitivă (fig. 1, a). Apoi de el s-a apropiat un alt bastonaș încărcat (fig. 1, b). Determinați semnul sarcinii acestui bastonaș.
- Două bile identice conductoare încărcate s-au atins una de alta și momentan s-au îndepărtat. Calculați sarcina fiecărei bile după atingere, dacă până la atingere sarcina primei bile era egală cu $-3 \cdot 10^{-9}$ C, iar sarcina celei de-a doua era egală cu $9 \cdot 10^{-9}$ C.
- În ce mod cu ajutorul unei bile metalice încărcate negativ, fără ai micșora sarcina ei, de încărcat pozitiv o bilă identică neîncărcată? de încărcat negativ o bilă identică?
- Folosind surse suplimentare de informații, aflați pentru ce se folosește antistaticul și cum el «funcționează».

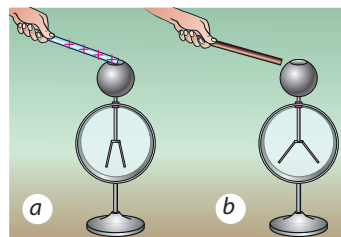


Fig. 1



Însărcinări experimentale

- Dintr-un borcan de sticlă cu capac de plastic confecționați un electroscop (fig. 2). Ca bară a electroscopului poate fi folosită andreaua pentru împletit, iar în loc de foițele de hârtie – fâșii înguste de staniol. Încercați cum funcționează electroscopul confecționat de voi.
- Confecționați din hârtie ușoară bărcuțe mici și puneți-le pe apă. Cu ajutorul pieptenului elektrizat puneți în mișcare «floata» voastră.



Fig. 2

Fizica și tehnica în Ucraina



cu renume mondial: D. I. Mendeleev, M. E. Jucovschi, C. A. Timireazev, I. I. Sicorsichi, S. P. Coroliiov, S. P. Timoșenco, E. O. Paton, B. E. Paton și a multor altora.

Universitatea Națională Tehnică a Ucrainei

«Institutul Politehnic din Kiev în numele lui Igor Sicorschi» (IPK) – cea mai mare instituție superioară de învățământ din țară – a fost creată la sfârșitul sec. XIX. Atunci la patru catedre ale institutului își făceau studiile numai 360 de studenți. Astăzi IPK, căruia în a. 1995 i s-a acordat statutul de Național Tehnic, numără peste 40 de mii de studenți, care obțin cunoștințe la 19 facultăți. Pe parcursul sec. XX de institut erau strâns legate viața și activitatea învățaților

§ 22. LEGEA LUI COULOMB

Până la sfârșitul sec. XX fenomenele electrice erau studiate numai calitativ, iar mașinile electrice în bună parte îndeplineau rolul jucăriilor în distracțiile aristocrației. Trecerea la caracteristicile cantitative, iar ulterior și la aplicarea în practică a electricității, a devenit posibilă abia după aceea, ce cercetătorul francez *Charles Coulomb* (fig. 22.1) în a. 1785 a descoperit *legea interacțiunii sarcinilor punctiforme*. Din acel moment știința despre electricitate s-a transformat într-o știință exactă.

1 Introducem noțiunea de sarcină punctiformă

Înainte de a învăța legea interacțiunii sarcinilor punctiforme, trebuie să ne lămurim cu termenul «sarcină punctiformă». Vom folosi analogia cu mecanica, doar noțiunea de «sarcină punctiformă» este asemănătoare cu noțiunea de «punct material». Amintiți-vă cursul de fizică de anul precedent. De exemplu, trenul «Kiev – Lvov» poate fi considerat ca punct material, dacă vom construi graficul mișcării lui pe itinerarul dintre două orașe. Dar furnica nu poate fi considerată punct material, dacă admitem, că vom rezolva problema despre traiectoria mișcării lăbuței ei de dinainte.

După analogia cu punctul material *sarcină punctiformă este numit corpul, dimensiunile căruia pot fi neglijate în comparație cu distanțele de la el până la alte corpuri încărcate, care sunt studiate.*

Sarcina punctiformă, la fel ca și punctul material, nu este un obiect real, ci model fizic. Necesitatea introducerii unui astfel de model este cauzată de aceea, că în cazul general interacțiunea corpurilor încărcate depinde de mulți factori, deci, nu există o singură formulă simplă care să descrie interacțiunea electrică pentru orice caz arbitrar.

2 Stabilim de ce depinde forța de interacțiune a două sarcini punctiforme

Inginerul militar Ch. Coulomb a început să efectueze investigările sale într-un domeniu foarte îndepărtat de electrostatică. El cerceta legitățile răsucirii elastice a firelor de ață și a stabilit dependența forței de elasticitate de unghiul de răsucire. Datele obținute i-au permis lui Coulomb să construiască un aparat extraordinar de sensibil, pe care el l-a numit *balanță de torsiune* (fig. 22.2). Ulterior savantul a folosit balanța de torsiune pentru măsurarea forței de interacțiune a două sarcini punctiforme.

În experiențele sale Coulomb urmărea interacțiunea unor bile conductoare mici încărcate. Condițiile experiențelor permiteau să fie considerate



Fig. 22.1. Charles Augustin Coulomb (1736–1806) – fizician și inginer militar francez. În a. 1785 a formulat legea fundamentală a electrostaticii, mai târziu numită în numele lui

aceste bile drept sarcini punctiforme. Experiențele savantului le efectua în felul următor.

Într-un cilindru din sticlă pe un suport special era amplasată o bila încărcată 1 (vezi fig. 22.2). Rotind capacul cilindrului, cercetătorul tindea, ca bilele 1 și 2 să se atingă una de alta și o parte din sarcină să treacă de pe bila 1 pe bila 2. Sarcinile de același semn se resping, de aceea bilele se îndepărtau la o anumită distanță. După unghiul de răsucire al sârmei Coulomb determina forța de interacțiune a sarcinilor.

Apoi, rotind capacul cilindrului, cercetătorul schimba distanța dintre bile și din nou măsura forța de respingere dintre ele. S-a constatat: când distanța se mărea de două, trei, patru ori forța de interacțiune a bilelor se micșora respectiv de patru, nouă și șaisprezece ori.

Efectuând o mulțime de experiențe asemănătoare, Coulomb a conchis, că *forța F de interacțiune a două sarcini punctiforme este invers proporțională cu pătratul distanței r dintre ele:*

$$F \sim \frac{1}{r^2}$$

Pentru stabilirea dependenței forței F de sarcinile bilelor Coulomb a folosit următorul procedeu. Inițial savantul a măsurat forța de interacțiune a două bile – 1 și 2, care aveau aceeași sarcină q ($q_1=q$; $q_2=q$).

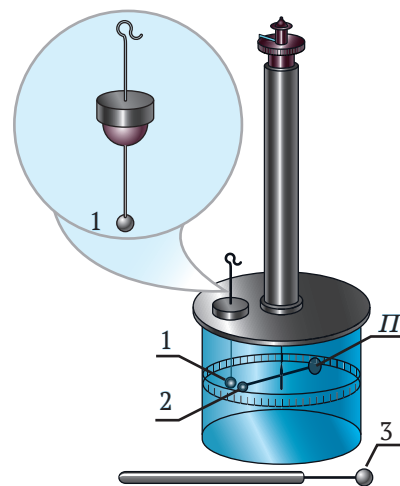
Apoi cercetătorul se atingea de bila 1 cu bila neîncărcată 3. Dimensiunile bilelor erau aceleași, de aceea sarcina se repartiza între bile în mod egal, adică pe bila 1 rămânea sarcina $\frac{q}{2}$. Apoi Coulomb măsura forța de interacțiune a bilei încărcate 1 ($q_1 = \frac{q}{2}$) și a bilei încărcate 2 ($q_2 = q$).

Continuând să divizeze sarcinile bilelor și efectuând măsurătorile, savantul s-a convins, că *forța F de interacțiune a două sarcini punctiforme q_1 și q_2 este direct proporțională cu produsul modulelor acestor sarcini:*

$$F \sim |q_1| \cdot |q_2|$$

Fig. 22.2. Balanța de torsiune a lui Coulomb.

De sârma metalică este fixată pârghia, pe capetele căreia sunt situate bila 2 și contragreutatea Π . Prin gaura capacului cilindrului de sticlă era coborâtă bila 1. Bila 3 este situată pe suport, care este confecționat din dielectric



3 Formulăm legea lui Coulomb

Pe baza experiențelor efectuate Coulomb a descoperit legea, care ulterior a primit numele lui, – **legea lui Coulomb:**

Forța F de interacțiune a două sarcini punctiforme imobile q_1 și q_2 este direct proporțională cu produsul modulelor acestor sarcini și invers proporțională cu pătratul distanței r dintre ele:

$$F = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2},$$

unde k – coeficient de proporționalitate.

S-a stabilit, că în timpul interacțiunii sarcinilor punctiforme în vid* $k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$.

Atrageți atenția: în legea lui Coulomb merge vorba de produsul modulelor sarcinilor, deoarece semnele sarcinilor influențează numai asupra direcției forței.

Forțele cu care interacționează două sarcini punctiforme mai sunt numite **forțele lui Coulomb.**

Forțele lui Coulomb sunt orientate de-a lungul dreptei convenționale, care unește sarcinile punctiforme care interacționează (fig. 22.3).

Cunoscând valoarea coeficientului k , putem aprecia forța cu care două sarcini a câte 1 C fiecare interacționează la distanța de 1 m. Aceasta este o forță colosală! Ea este egală, de exemplu, cu forța de greutate care acționează asupra unei nave mari (fig. 22.4).

❓ Determinați valoarea acestei forțe, folosind legea lui Coulomb.

4 Ne învățăm a rezolva probleme

Problemă. Două bile mici încărcate negativ sunt situate în aer la distanța de 30 cm una de cealaltă. Forța de interacțiune a lor este egală cu 32 μN . Calculați cantitatea excesivă de electroni pe a doua bilă, dacă sarcina primei bile este egală cu -40 nC .

Analiza problemei fizice. Pentru determinarea cantității excesive de electroni să

* În multe medii forța de interacțiune va fi considerabil mai mică decât în vid. În aer în comparație cu vidul ea se micșorează neînsemnat.

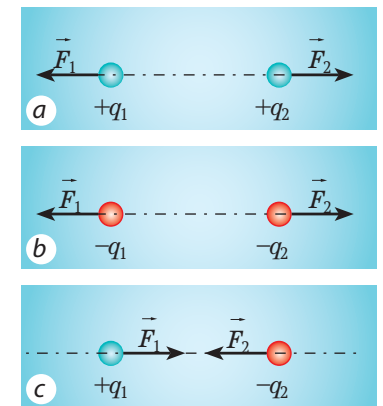


Fig. 22.3. Forțele de interacțiune electrică (\vec{F}_1 și \vec{F}_2) sunt orientate de-a lungul unei drepte convenționale, care unește sarcinile punctiforme



Fig. 22.4. Dacă pe fundul navei și la distanța de 1 m sub fundul ei s-ar putea amplasa sarcini identice a câte 1 C fiecare, atunci s-ar putea reuși depășirea forței atracției universale și fără nici un fel de dispozitive speciale s-ar putea ridica nava

ne amintim, că sarcina electrică este discretă: $|q| = N|e|$, unde N – cantitatea excesivă de electroni, iar $e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ – sarcina electronului.

Bilele sunt mici și situate la o distanță foarte mare una de cealaltă, de aceea ele pot fi considerate sarcini punctiforme și pentru determinarea sarcinii q_2 vom aplica legea lui Coulomb.

| | |
|---|--|
| <p>Se dă: $r = 0,3 \text{ m}$ $F = 32 \cdot 10^{-6} \text{ N}$ $q_1 = -40 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ $e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ $k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$</p> | <p>Căutarea modelului matematic, rezolvarea Conform legii lui Coulomb $F = \frac{k q_1 \cdot q_2 }{r^2}$. Deci, $F r^2 = k q_1 \cdot q_2 \Rightarrow q_2 = \frac{F r^2}{k q_1 }$. Însă $q_2 = N_2 e$, de aceea $N_2 e = \frac{F r^2}{k q_1 }$. De aici avem: $N_2 = \frac{F r^2}{k q_1 \cdot e }$</p> |
| <p>Să se afle: N_2 – ?</p> | <p>Verificăm unitatea de măsură, determinăm valoarea mărimii căutate: $[N_2] = \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \cdot \text{C} \cdot \text{C}} = 1$ (cantitatea electronilor este mărime fără unități de măsură); $N_2 = \frac{32 \cdot 10^{-6} \cdot 0,09}{9 \cdot 10^9 \cdot 40 \cdot 10^{-9} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = \frac{32 \cdot 9 \cdot 10^{-8}}{9 \cdot 4 \cdot 16 \cdot 10^{-19}} = 5 \cdot 10^{10}$</p> |
| <p>Răspuns: $N_2 = 5 \cdot 10^{10}$.</p> | |



Facem totalurile

Sarcină punctiformă se numește corpul încărcat, dimensiunile căruia pot fi neglijate în comparație cu distanțele de la el până la alte corpuri, ce sunt studiate.

Legea interacțiunii sarcinilor punctiforme imobile a fost descoperită de către Ch. Coulomb cu ajutorul balanței de torsiune.

Legea lui Coulomb: forța F de interacțiune a două sarcini punctiforme imobile q_1 și q_2 este direct proporțională cu produsul modulelor acestor sarcini și invers proporțională cu pătratul distanței dintre ele: $F = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}$. Forțele lui Coulomb sunt orientate de-a lungul dreptei convenționale, care unește sarcinile punctiforme, ce interacționează.



Întrebări pentru control

1. Care sarcină se numește punctiformă? Comparați noțiunile «sarcină punctiformă» și «punct material».
2. Descrieți procedeul utilizat de Ch. Coulomb pentru a stabili dependența forței de interacțiune a două sarcini punctiforme de modulele acestor sarcini.
3. Formulați legea lui Coulomb.
4. De ce, formulând legea lui Coulomb, este obligatorie folosirea noțiunii de «sarcină punctiformă»?
5. După care formulă se determină forța lui Coulomb?
6. Cum este orientată forța lui Coulomb?



Exercițiul Nr. 22

1. În fig. 1 sunt reprezentate două perechi de bile mici imobile. Reprezentați forța lui Coulomb ce acționează asupra fiecărei bile.
2. Cum se va schimba forța de interacțiune a două sarcini punctiforme, dacă modulul fiecăreia dintre ele se va mări de 2 ori?
3. Cum se va schimba distanța dintre două sarcini punctiforme, dacă se știe, că forța de interacțiune a lor s-a mărit de 9 ori?
4. Două bile sunt situate la distanța de 16 cm una de alta. Determinați forța de interacțiune a bilelor, dacă se știe, că pe fiecare dintre ele sunt $2 \cdot 10^{10}$ electroni excesivi. Considerați bilele sarcini punctiforme.
5. Două bile conductoare identice cu sarcinile de -5 nC și $+15 \text{ nC}$ s-au atins una de cealaltă și au deviat la distanța de 60 cm. Determinați forța de interacțiune a bilelor. Considerați bilele sarcini punctiforme.
6. În fig. 2 sunt reprezentate trei perechi de bile conductoare, care sunt amplasate la aceeași distanță una de alta. Modulele sarcinilor tuturor bilelor sunt aceiași. Oare cu aceeași forță interacționează perechile de bile? Dacă nu, atunci care pereche de bile interacționează mai tare?

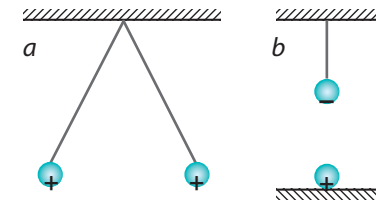


Fig. 1

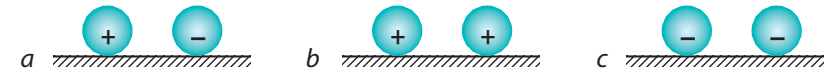


Fig. 2



7. Stabiliți corespondența dintre proprietatea, care stă la baza acțiunii dispozitivului și denumirea acestui dispozitiv.

| | |
|--|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1 Gazul încălzit, dilatându-se efectuează un lucru. 2 Sarcinile de același semn se resping. 3 Toate corpurile se atrag la Pământ. 4 Lichidul își păstrează volumul. | <ol style="list-style-type: none"> A Mensură B Motor termic C Balanță D Placă bimetalică E Electroscop |
|--|---|

§ 23. CURENTUL ELECTRIC. CONDUCTIBILITATEA ELECTRICĂ A MATERIALELOR

Probabil mulți elevi la întrebarea «Ce ați lua cu voi pe o insulă nepopulată?» repede ar da răspuns: «Telefonul mobil și calculatorul», – dar peste un timp oarecare, se înțelege, și-ar da seama: «Vai, dar acolo lipsește electricitatea!...»

Este greu să ne imaginăm, dar încă cu o sută de ani în urmă cea mai mare parte a țării noastre era asemănătoare cu o astfel de insulă: se puteau folosi de electricitate numai unii oameni. La ora actuală fiecare va numi nu mai puțin de zece aparate electrice casnice, fără de care cu greu ne imaginăm viața noastră: mașina de spălat rufe, becul, televizorul etc. Aceste aparate sunt numite electrice de aceea, că funcționarea lor este bazată pe acțiunile curentului electric. Dar ce este curentul electric?

1 Dăm definiția curentului electric

Să efectuăm o experiență. Punem pe masă două electrometre (A și B) și încercăm unul din ele, de exemplu, electrometrul A (fig. 23.1, a). Unim conductoarele electrometrelor cu o tijă metalică, fixată pe un mâner de plastic. După abaterea acelor electrometrelor se vede, că sarcina electrometrului A s-a micșorat, iar electrometrul neîncărcat B a primit sarcină (fig. 23.1, b). Aceasta înseamnă, că o anumită cantitate de particule încărcate (în acest caz de electroni) a trecut prin tijă de la un aparat la altul. Se spune, că prin tijă a trecut *curent electric*.

Curentul electric – aceasta-i mișcarea orientată a particulelor încărcate.

2 Să clarificăm condițiile apariției și existenței curentului electric

Luând în considerație definiția curentului electric vom formula prima condiție pentru apariția și existența lui în orice mediu: *în mediu trebuie să fie particule libere încărcate*. Astfel de particule se pot deplasa în tot mediul, – ele se mai numesc *purtători de curent*.

Dar această condiție este insuficientă pentru aceea, ca într-un mediu să existe curent electric. Pentru crearea și susținerea mișcării orientate a particulelor libere încărcate este necesară de asemenea *prezența câmpului electric*. Anume datorită acțiunii câmpului electric mișcarea particulelor libere încărcate va obține un caracter ordonat (orientat), ceea ce și va însemna apariția în acest mediu a curentului electric.

3 Ne învățăm a deosebi conductorii, dielectricii și semiconductorii

Cunoscând condițiile apariției și existenței curentului electric, e ușor de ați da seama, că *conductibilitatea electrică* – capacitatea de a conduce curentul electric – este diferită la diferite substanțe. În dependență de această capacitate toate substanțele și materialele se împart în *conductori*, *dielectrici* și *semiconductori* (despre conductori și dielectrici s-a vorbit în § 21).

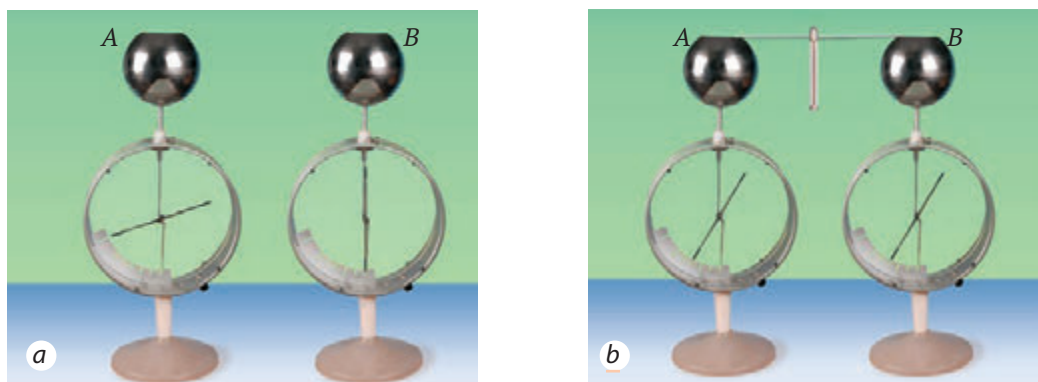


Fig. 23.1. Dacă se va uni electrometrul încărcat cu cel neîncărcat cu ajutorul unui conductor, o parte de sarcină va trece pe electrometrul neîncărcat

Conductorii – substanțele și materialele, care conduc bine curentul electric.

Conductori sunt metalele (atât în starea solidă, cât și în cea lichidă), grafitul, soluțiile apoase ale sărurilor (de exemplu, a sării de bucătărie), acizilor și bazelor. Conductibilitatea electrică înaltă a conductorilor se explică prin prezența în ei a unei cantități mari de particule libere încărcate. Astfel, în conductorul metalic o parte din electroni, părăsind atomii, liber «călătoresc» prin tot volumul lui, și cantitatea unor asemenea electroni ajunge la 10^{23} într-un centimetru cub.

Solul umed, corpul omului sau al animalului conduc bine curentul electric, deoarece conțin substanțe care sunt conductori.

Dielectricii – substanțele și materialele, care rău conduc curentul electric.

Dielectrici sunt multe substanțe solide (ebonita, porțelanul, cauciucul, sticla ș. a.), lichide (apa distilată, petrolul lampant, benzina ș. a) și gaze (oxigenul, hidrogenul, azotul, dioxidul de carbon ș. a.). În dielectrici aproape că lipsesc particule libere încărcate.

Conductorii și dielectricii sunt utilizați pe larg în industrie, viața de toate zilele, tehnică. Astfel, cablurile, cu ajutorul cărora se transportă curentul electric de la centralele electrice la consumatori sunt confecționate din metale – conductori buni. Totodată cablurile se instalează pe suporturi cu ajutorul izolatoarelor, – aceasta evită scurgerea sarcinii electrice în Pământ (fig. 23.2).

❓ Cum voi considerați, de ce cablurile, care sunt trase prin pământ se acoperă cu un strat de dielectric?

Există multe substanțe (de exemplu, germaniul, siliciul, arseniul), care sunt numite **semiconductori**. De obicei ele rău conduc curentul electric și ele pot fi raportate la dielectrici. Însă, dacă se va mări temperatura sau se va mări iluminarea, în semiconductori apare o cantitate suficientă de particule libere încărcate și semiconductorii devin conductori. Semiconductorii se utilizează pentru confecționarea aparatului radioelectronice, bateriilor solare (fig. 23.3) etc.

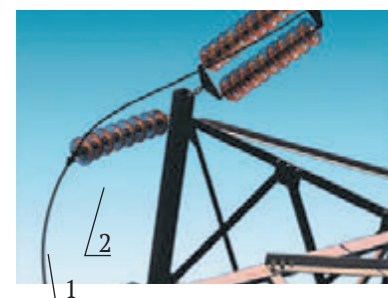


Fig. 23.2. Crearea liniilor de transmisie a energiei electrice este imposibilă fără folosirea conductorilor (1) și a dielectricilor (2)



Fig. 23.3. Cristalele semiconductoare sunt folosite pentru confecționarea bateriilor solare



Facem totalurile

Curentul electric – aceasta-i mișcarea orientată a particulelor încărcate. Pentru apariția și existența curentului electric este necesară existența particulelor încărcate libere și a câmpului electric, acțiunea căruia creează și susține mișcarea orientată a lor.

În dependență de conductibilitatea electrică toate substanțele se împart în conductori (substanțe, care bine conduc curentul electric), dielectrici (substanțe, care rău conduc curentul electric) și semiconductori.



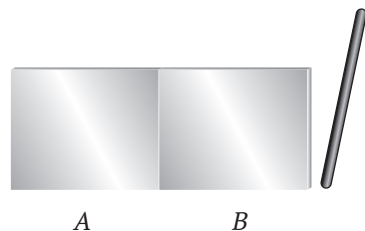
Întrebări pentru control

1. Ce este curentul electric? 2. Formulați condițiile apariției și existenței curentului electric. 3. Care substanțe aparțin la conductori, dielectrici, semiconductori? Dați exemple. 4. De ce metalele bine conduc curentul electric? 5. Dați exemple de aplicare a conductorilor și dielectricilor.



Exercițiul Nr. 23

1. Scrieți denumirile a câtorva obiecte, confecționate din substanțe, care sunt: a) conductori; b) dielectrici.
2. Căror cerințe trebuie să corespundă materialul, din care sunt confecționate corpurile prizelor și a întrerupătoarelor?
3. De ce este dificil, iar uneori practic imposibil de încărcat un electroscoap într-o încăpăre cu umiditate relativ mare a aerului?
4. De ce în experiența, descrisă în p. 1 al § 23, conductoarele electrometrelor le-au unit cu o tijă metalică (vezi fig. 23.1)? De ce tija era fixată pe un mâner din plastic? Cum se vor schimba rezultatele experienței, dacă de folosit în loc de tijă metalică o tijă din plastic?
5. Se mișcă oare particulele încărcate libere într-un conductor, când în el lipsește curentul? Explicați răspunsul.
6. Folosiți-vă de surse suplimentare de informații și aflați, care substanțe sunt cei mai buni dielectrici și unde ele se aplică.
7. De două plăci metalice unite între ele *A* și *B* s-a apropiat un bastonaș de ebonită freat de lână (vezi *des.*).
 - 1) Ce sarcină va obține placa *A*? placa *B*?
 - 2) Vor rămâne oare plăcile încărcate, dacă:
 - a) plăcile se vor despărți, fără a înlătura bastonașul?
 - b) se va înlătura bastonașul, iar apoi se vor despărți plăcile?



A

B

§ 24. ACȚIUNILE CURENTULUI ELECTRIC

Voi deja știți, că curent electric este numit procesul mișcării orientate a particulelor, care dețin sarcină electrică. Dar cum de clarificat, dacă curge prin conductor curent electric? Doar a vedea, de exemplu, cum se mișcă electronii liberi într-o tijă metalică este imposibil. Se știe, că despre existența curentului electric noi aflăm datorită acțiunilor lui. Anume despre diversele acțiuni ale curentului electric va fi vorba în acest paragraf.

1

Aflăm despre acțiunile termică și luminoasă a curentului electric

Acțiunea termică a curentului se manifestă prin încălzirea conductorului, prin care curge curentul. Așa când voi călcați, sudați o piesă cu ciocanul de lipit, gătiți pe o plită electrică, încălziți o încăpăre cu un încălzitor electric, atunci folosiți aparate casnice, funcționarea cărora se bazează pe acțiunea termică a curentului electric (fig. 24.1).

Acțiunea termică a curentului electric se folosește pe larg de asemenea și în industrie (sudarea, tăierea, topirea metalelor) și în agricultură (încălzirea serelor și incubatoarelor, uscarea cerealelor, fânului).

Manifestarea acțiunii termice a curentului electric se poate observa și în natură: energia, care se degajă în timpul fulgerului poate provoca incendii silvice (fig. 24.2).

Incendiul în urma loviturii fulgerului este un exemplu, când acțiunea termică a curentului electric este dăunătoare. Încercați să aduceți alte exemple, când acțiunea termică a curentului este dăunătoare.

Dacă într-un circuit se va conecta un bec de incandescență, firul lui se va încălzi și va începe a radia lumină. În acest caz odată cu acțiunea termică noi observăm *acțiunea luminoasă a curentului*. Apropo, în becul de incandescență se transformă în lumină numai 5 % din energia electrică (fig. 24.3, a).



Fig. 24.1. Funcționarea multor aparate casnice se bazează pe acțiunea termică a curentului electric



Fig. 24.2. Deseori incendiile în păduri sunt provocate de fulger



Fig. 24.3. Becurile electrice – dispozitive, în care energia electrică parțial se transformă în energie luminoasă: *a* – bec de incandescență (randamentul – 5 %); *b* – bec fluorescent (randamentul – 10–20 %); *c* – bec cu LED (randamentul – 50 %)

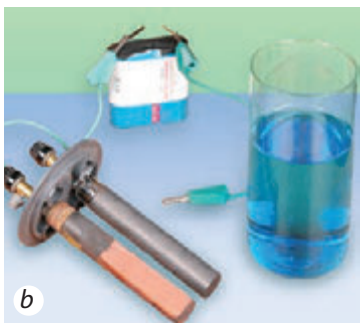


Fig. 24.4. Experiență, care demonstrează acțiunea chimică a curentului electric: dacă în decursul unui anumit timp curentul electric va trece printr-o soluție apoasă a sulfatului de cupru (*a*), pe unul din electrozi va apărea un strat subțire de cupru (*b*)

În ultimul timp se aplică pe larg *becurile economice* – în ele se transformă în lumină până la 50 % din energia electrică (fig. 24.3, *b*, *c*).

? Dați exemple de acțiune luminoasă a curentului în natură.

2 Observăm acțiunea chimică a curentului electric

Când prin soluția de săruri, acizi și baze trece curentul electric, pe electrozii scufundați în soluție au loc reacții chimice. În acest caz avem noi de afacere cu *acțiunea chimică a curentului electric*.

Astfel, dacă într-un vas cu soluție apoasă a sulfatului de cupru (CuSO_4) se vor introduce doi electrozi din carbon și se va trece prin soluție curent electric (fig. 24.4, *a*), atunci peste un anumit timp unul dintre electrozi se va acoperi cu un strat subțire de cupru (fig. 24.4, *b*).

La sfârșitul acestui capitol veți face cunoștință cu diferite cazuri de descompunere chimică a substanțelor în urma acțiunii curentului electric, și de asemenea despre aplicarea acestui fenomen.

Trebuie de menționat, că *acțiunea chimică a curentului electric nu întotdeauna se observă*. Dacă curentul electric trece, de exemplu, prin metale, atunci noi nu vom observa nici un fel de modificări chimice.

3 Facem cunoștință cu acțiunea magnetică a curentului electric

Conductorul, prin care trece curentul electric, obține proprietăți magnetice. Ne putem convinge de aceasta cu ajutorul unui cui metalic obișnuit. Vom înfășura pe un cui un cablu izolat și vom lăsa să treacă prin cablu curentul electric. Cuiul va începe să atragă la sine obiecte metalice, adică va manifesta *proprietăți magnetice* (fig. 24.5).

Funcționarea diverselor motoare electrice, aparate electrice de măsurat este posibilă numai datorită *acțiunii magnetice a curentului* (fig. 24.6). Mai amănunțit veți face cunoștință cu acțiunea

magnetică a curentului în clasa a 9-a, studiind fenomenele magnetice.

Cercetând diverse acțiuni ale curentului electric trebuie de atras atenția asupra faptului, că mai frecvent se manifestă concomitent câteva acțiuni. De exemplu, în timpul experimentului referitor la acțiunea chimică a curentului (vezi fig. 24.4) temperatura soluției sulfatului de cupru treptat se mărește, iar dacă lângă vas vom amplasa un ac magnetic, el va devia.

4 Aflăm despre acțiunea curentului electric asupra organismelor

Curentul electric exercită acțiuni termică, chimică, magnetică asupra organismelor, inclusiv și asupra omului. Probabil, unii dintre voi ați vizitat în spital cabinetul de fizioterapie. Multe din aparatele acestui cabinet sunt menite pentru *tratament cu electricitate*: acțiunea termică a curentului electric este utilizată pentru încălzirea unor părți ale corpului, acțiunea chimică și magnetică – pentru stimularea activității organelor, îmbunătățirea schimbului de substanțe ș. a.

Trebuie, însă, de reținut, că nu întotdeauna acțiunea curentului electric asupra organismului uman are efect curativ. Curentul poate cauza arsură, convulsii și chiar poate pricinui moartea. De aceea, înainte de a se folosi de orice aparat sau dispozitiv electric trebuie cu atenție de studiat manualul de utilizare anexat și strict de-l executat.

Facem totalurile

În timpul trecerii prin conductor curentul electric exercită acțiune termică (încălzirea conductorului), acțiune magnetică (abaterea acului magnetic, magnetizarea fierului), poate exercita acțiune chimică (descompunerea chimică a substanțelor) și acțiune luminoasă (iluminarea becului). Deseori diferite acțiuni ale curentului electric se manifestă concomitent.

Curentul electric exercită acțiuni termică, chimică și magnetică asupra organismelor vii, inclusiv și asupra omului.



Fig. 24.5. În timpul trecerii curentului cuiul devine magnet și atrage spre sine pilitura de fier



Fig. 24.6. Funcționarea aparatelor electrice de măsurat și a motoarelor electrice se bazează pe acțiunea magnetică a curentului

Întrebări pentru control

1. Cum de aflat, dacă trece prin conductor curent? 2. Enumerați acțiunile curentului electric. 3. Demonstrați, că curentul electric exercită acțiune termică; poate exercita acțiune luminoasă. 4. Descrieți experiența, care confirmă faptul, că curentul electric exercită acțiune chimică. 5. Oare întotdeauna se manifestă acțiunea chimică a curentului? 6. Ce trebuie de făcut pentru a magnetiza un cui de fier? 7. Aduceți exemple pentru confirmarea faptului, că curentul electric acționează asupra organismului omului. În ce mod se manifestă această acțiune? Unde ea este aplicată?

Exercițiul Nr. 24

1. Aduceți exemple de dispozitive tehnice casnice neamintite în § 24, funcționarea cărora se bazează pe acțiunea termică a curentului.
2. De ce utilizarea aparatelor și dispozitivelor electrice necesită o precauție deosebită?
3. De ce lumina fulgerului este însoțită de tunet?
4. Unii pești, de exemplu, torpedinidele și țiparul electric, folosesc acțiunea curentului electric pentru protecție, vânat, orientare în spațiu. Folosiți surse suplimentare de informații și aflați mai multe despre acești pești.
5. Încălzitorul electric, care funcționează într-o cameră, degajă în decursul unei zile 81 MJ de căldură. Câte lemne trebuie de ars în șemineu, pentru a transmite camerei aceeași cantitate de căldură? Randamentul șemineului este de 45 %.

**§ 25. SURSE DE CURENT ELECTRIC**

Mulți cunosc situația: e nevoie de a telefona urgent, voi luați telefonul mobil și cu regret constatați, că bateria acumulatorilor s-a descărcat, iar telefonul dintr-o minune a gândirii tehnice s-a transformat într-o bucățică de plastic. Un lucru asemănător se poate întâmpla și cu acumulatorii aparatului de fotografiat, playerului, lanternei, ceasornicului. Ce trebuie de făcut mai departe știți chiar și elevul din clasa întâi, dar iată ce este acumulatorul voi veți afla din acest paragraf.

1 Facem cunoștință cu sursele de curent electric

Evident, că orice dispozitiv electrotehnic, care funcționează va lucra numai atunci, când vor fi îndeplinite condițiile existenței curentului electric: existența particulelor libere încărcate și existența câmpului electric. De crearea câmpului electric «poartă răspunderea» sursele de curent.

În sursele de curent electric câmpul electric este creat și susținut datorită separării sarcinilor electrice de semne opuse. În rezultat, la unul dintre

polii sursei se acumulează particulele, ce au sarcini pozitive, iar la altul – particulele, ce au sarcini negative. Între poli apare câmp electric.

Însă nu e atât de simplu de separat sarcinile de semne diferite, doar între ele există forțe de atracție. Pentru separarea sarcinilor de semne diferite și deci pentru crearea câmpului electric trebuie de efectuat un lucru. Și acest lucru poate fi efectuat pe contul energiilor mecanice, chimice, termice și a altor feluri de energie.

Surse de curent electric – dispozitivele, care transformă diferite feluri de energie în energie electrică.

2 Aflăm despre diferite feluri de surse de curenți electrici

Toate sursele de curent electric pot fi împărțite convențional în fizice și chimice.

La sursele fizice de curent electric este primit să se refere dispozitivele, în care separarea sarcinilor are loc pe contul energiei mecanice, luminoase sau termice. Drept exemple de astfel de surse de curent pot servi mașina electrostatică (fig. 25.1), turbogeneratoarele centralelor electrice (fig. 25.2), foto și termoelementele (fig. 25.3, 25.4) ș. a.

? Ce fel de energie se transformă în electrică în generatorul de genul dinam al bicicletei? în generatorul de vânt?

Surse chimice de curent electric sunt numite dispozitivele, în care separarea sarcinilor are loc pe contul energiei, ce se degajă în urma reacțiilor chimice. La sursele chimice de curent se referă elementele galvanice și acumulatorii.

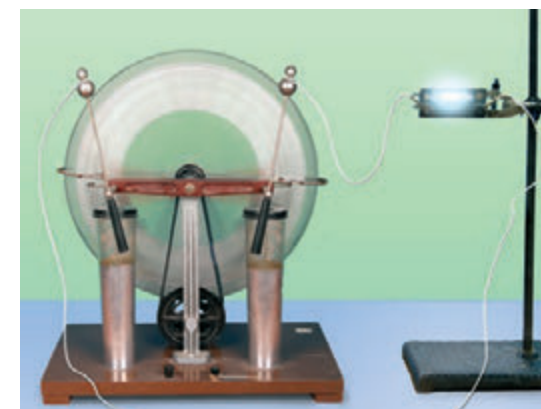


Fig. 25.1. Dacă conductoarele încărcate cu sarcini diferite ale mașinii electrostatice se vor uni cu un bec electric, în bec va apărea curent electric. Becul va lumina, până când se vor roti discurile mașinii – în acest caz energia mecanică se transformă în electrică



Fig. 25.2. Datorită turbogeneratoarelor, care transformă energia mecanică de rotație a turbinelor în energie a curentului electric, produc 80 % din energia electrică consumată în lume



Fig. 25.3. Bateriile solare ale satelitului de sondare la distanță a Pământului furnizează energie electrică pentru toată aparatura de cercetare. Bateriile solare transformă energia luminii în energie electrică

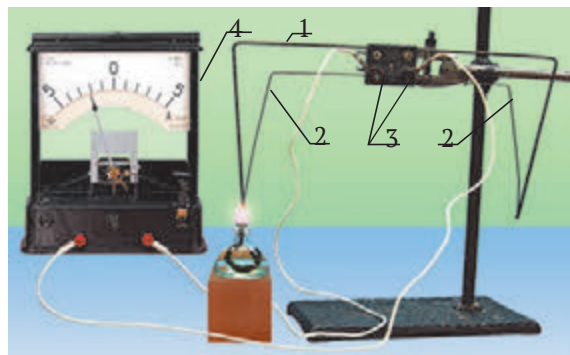


Fig. 25.4. Termocuplul – dispozitiv pentru transformarea energiei termice în electrică. De extremitățile unui conductor de constantan (1) sunt sudate două conductoare din fier (2), capetele libere ale cărora (3) sunt unite cu galvanometrul* (4). Dacă se va încălzi locul sudurii, galvanometrul va fixa prezența curentului

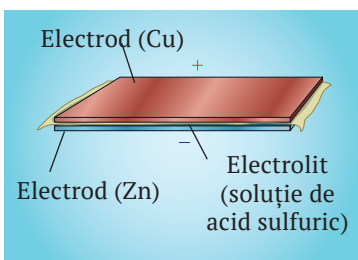


Fig. 25.5. Cel mai simplu element galvanic



Fig. 25.6. Alessandro Volta (1745–1827) – fizician italian, inventatorul bateriei cu elemente galvanice («coloana Volta»)

3 Să confecționăm elementul galvanic

Luăm plăci de cupru și de zinc și le curățăm suprafețele. Între plăci punem o țesătură, muiată într-o soluție slabă de acid sulfuric. Dispozitivul confecționat reprezintă cel mai simplu *simple element galvanic* (fig. 25.5). Dacă se vor uni plăcile prin intermediul *galvanometrului**, atunci aparatul va fixa prezența curentului.

Elementul galvanic a fost creat de către savantul italian *A. Volta* (fig. 25.6); el l-a numit în cinstea compatriotului său *Luigi Galvani* (1737–1798). Experiențele descrise de către Galvani i-au sugerat lui *A. Volta* ideea creării sursei chimice de curent.

Orice element galvanic este constituit din *electrolit și doi electrozi*.

Între electrozi și electrolit au loc reacții chimice, în rezultatul cărora unul dintre electrozi obține sarcină pozitivă, iar al doilea – sarcină negativă. Când rezerva de substanțe, ce iau parte în reacție se epuizează, elementul galvanic își încetează funcționarea.

* *Galvanometru* – aparat electric sensibil de măsurat, care deseori se folosește ca indicator al prezenței curentului electric slab.

4 Studiem acumuloarele

Cu timpul elementele galvanice devin inutilizabile și ele nu pot fi folosite a doua oară. Dar iată că alt tip de surse chimice de curent electric – *acumuloarele electrice* – pot fi folosite de mai multe ori.

Acumuloarele, la fel ca și elementele galvanice, constau din doi electrozi introduși în electrolit. Astfel, acumulatorul de plumb, folosit la automobile are un electrod din plumb, iar al doilea – din oxid de plumb (dioxid de plumb); servește ca electrolit soluția apoasă a acidului sulfuric.

Dacă se vor uni electrozii acumulatorului încărcat, de exemplu, cu un bec electric, atunci prin filamentul lui va trece curent electric. În interiorul acumulatorului se vor petrece reacții chimice, în rezultatul cărora electrodul din plumb tot timpul va fi încărcat negativ, iar electrodul din dioxid de plumb – pozitiv. Totodată acidul sulfuric se va transforma în apă. Când concentrația acidului sulfuric se va micșora până la o anumită limită, acumulatorul se va descărca – va deveni inutilizabil. Însă el poate fi încărcat din nou. În timpul încărcării acumulatorului reacțiile chimice decurg în direcție opusă și concentrația acidului sulfuric se restabilește.

5 Aplicăm sursele chimice de curent electric

Acumuloarele la fel ca și elementele galvanice, de obicei sunt îmbinate, obținând respectiv *baterie de acumuloare* sau *baterie de elemente galvanice* (fig. 25.7).

După principiul de acțiune sursele chimice de curent electric actuale aproape că nu se deosebesc de acele, care au fost create cu peste două sute de ani în urmă. Totodată la ora actuală există o cantitate mare de diferite tipuri de elemente galvanice și acumuloare și se realizează elaborarea activă a noilor tipuri. Unul de altul ele se deosebesc prin dimensiuni, masă, capacitate de absorbție a energiei, termenul de funcționare, siguranță, securitate, preț etc.

Alegerea uneia sau a alteia surse chimice de curent este impusă de domeniul folosirii lor. Astfel, la automobile e rațional de utilizat bateriile de acumuloare acide, care sunt comparativ ieftine, și faptul, că ele sunt destul de grele nu este factorul hotărâtor. Dar iată sursele de curent pentru telefoanele



Fig. 25.7. Sursele chimice de curent electric pe larg utilizate: baterie de elemente galvanice (a); baterii de acumuloare (b, c)

mobile trebuie să fie ușoare și sigure, de aceea în ele trebuie folosite așa-numitele baterii litiu-ionice, cu toate că ele sunt comparativ scumpe.



Facem totalurile

Dispozitivele, care transformă diferite feluri de energie în energie electrică se numesc surse de curent electric.

În sursele de curent electric are loc separarea sarcinilor electrice de semne opuse, datorită cărui fapt la unul din polii sursei se acumulează sarcină pozitivă, iar la altul – negativă, deci se creează câmp electric.

În sursele de curent electric lucrul de separare a sarcinilor electrice de semne diferite se efectuează pe contul energiilor mecanice, chimice, termice și a altor feluri de energie.

La sursele chimice de curent electric se referă elementele galvanice și acumulatorii. Elementul galvanic – sursă chimică de curent electric de unică folosință. Acumulatorul – sursă chimică de curent electric de folosință multiplă.



Întrebări pentru control

1. Care dispozitive sunt numite surse de curent electric? **2.** Care procese au loc în sursele de curent electric? **3.** De ce pentru separarea sarcinilor de semne opuse este necesar să se efectueze un anumit lucru? **4.** Pe contul cărei energii se poate realiza separarea sarcinilor de semne diferite în sursa de curent electric? **5.** Ce fel de surse de curent electric știți voi? Dați exemple de utilizare a lor în tehnică.



Exercițiul Nr. 25

1. Ce transformări ale energiei se petrec: a) în timpul încărcării acumulatorului? b) în timpul lucrului acumulatorului?
2. Cum pe două electroscopuri unite printr-un conductor metalic (vezi fig. 23.1, b), să se mențină sarcini electrice de semne diferite?
3. Ce transformări ale energiei se petrec în timpul funcționării centralei hidroelectrice?
4. Se va modifica oare acțiunea celui mai simplu element galvanic (fig. 25.5), dacă pentru confecționarea lui se vor lua plăci din același metal?
5. Folosiți-vă de surse suplimentare de informație și aflați, ce observări și experimente ale lui L. Galvani l-au făcut pe A. Volta să creeze sursa chimică de curent electric.
6. Puterea totală a generatoarelor centralei hidroelectrice de pe Nistru este egală cu 702 MW, randamentul – 92 %; înălțimea de cădere a apei – 54 m. Determinați masa apei, ce cade de pe baraj într-o minută.



Însărcinare experimentală

«Baterie din fructe». Luați o lămâie, o copeică (sau o sârmă) din cupru, un cui de fier și confecționați din aceste obiecte un element galvanic. Desenați construcția lui, notați denumirile componentelor principale. Dacă aveți un multimetru, convingeți-vă că sursa voastră de curent funcționează. Dacă nu aveți multimetru, aduceți dispozitivul vostru la școală și verificați-l cu ajutorul galvanometrului. Gândiți-vă cu ce fruct sau legumă se poate înlocui lămâia.

§ 26. CIRCUITUL ELECTRIC ȘI ELEMENTELE LUI

Pentru a se descurca în construcția oricărui aparat electric sau a înlătura defectul firului electric din locuință mai întâi de toate trebuie de avut schema circuitului electric respectiv. Despre aceea, ce este circuitul electric, din ce el este compus și cum se reprezintă pe schema lui unele dispozitive electrice voi veți afla, studiind materialul acestui paragraf.

1

Facem cunoștință cu circuitul electric

Orice dispozitiv electric – telefonul mobil, tableta, notebook-ul, lanterna, aparatul de fotografiat digital, calculatorul și altele – are o anumită garnitură de elemente obligatorii. Pentru a evidenția aceste elemente obligatorii și a înțelege menirea lor să facem modelul celui mai simplu dispozitiv electric – al lanternei de buzunar (fig. 26.1).

Pentru ca dispozitivul electric să funcționeze mai întâi de toate e nevoie de *sursă de curent*. În modelul prezentat sursă de curent este bateria de elemente galvanice (1). Bateria are două borne de ieșire (poli). Borna bateriei, la care se acumulează sarcina excesivă pozitivă este notată cu semnul «+».

Al doilea element obligatoriu – *consumatorul de energie electrică*. În modelul prezentat – aceasta-i becul electric (2). Orice consumator de asemenea are două borne de ieșire (la bec ele sunt situate pe soclu – cilindrul metalic cu filet, care este unit cu balonul din sticlă).

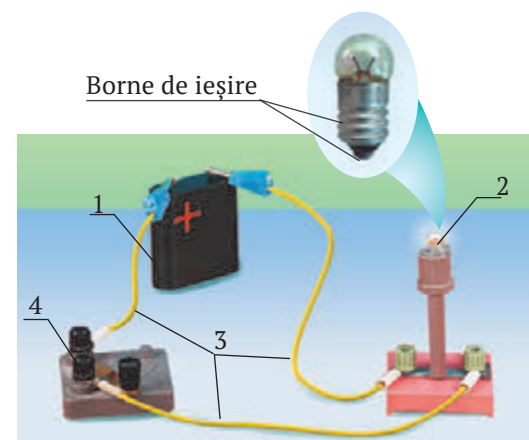


Fig. 26.1. Modelul celui mai simplu dispozitiv electric (lanterna):
 1 – sursă de curent – baterie de elemente galvanice;
 2 – consumator de energie electrică – becul;
 3 – conductoare de conexiune
 4 – cheie

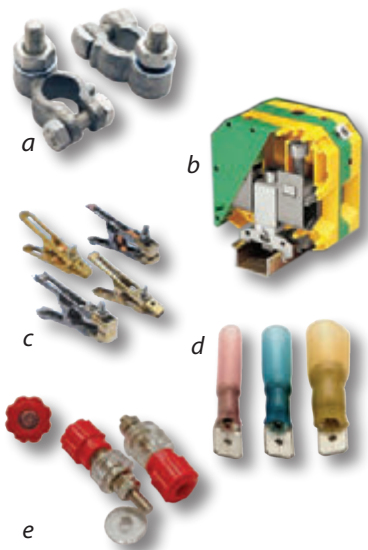


Fig. 26.2. Diverse borne (cleme) pentru unirea conductoarelor: pentru acumulatori (a); pentru tensiune înaltă (b); pentru legătura la pământ (c); borne-cuțit (d); pentru aparate (e)

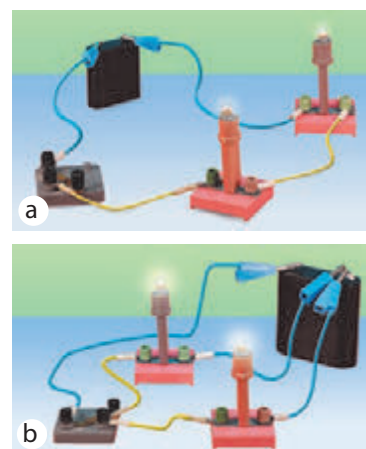


Fig. 26.3. Două metode de legare a becurilor în circuitul electric: a - în serie; b - în paralel

Sursa de curent și consumatorul sunt legați cu ajutorul *elementelor de conexiune* – firelor* (3). Pentru fixarea firelor se folosesc dispozitive speciale (fig. 26.2), lipirea sau sudarea.

Și, în sfârșit, ultimul element. Pentru comoditatea conectării și deconectării consumatorului, se folosesc diferite *dispozitive de conectare (deconectare)*: cheia, întrerupătorul cu pârghie sau electronic, butonul, priza. În modelul studiat (vezi *des.*) un astfel de dispozitiv este cheia (4).

Sursa de curent, consumatorii, dispozitivele de conectare (deconectare) legate într-o anumită ordine cu conductoare de conexiune alcătuiesc circuitul electric.

Atrageți atenția: în dispozitivul real are importanță o anumită ordine de legare a elementelor circuitului electric.

În fig. 26.3 sunt reprezentate două circuite electrice elementare, care conțin aceleași elemente. Totodată modul legării unor elemente (becurilor) este diferit. În fig. 26.3, a becurile sunt *legate în serie*, în fig. 26.3, b – *în paralel*.

2 Facem cunoștință cu analogul mecanic al circuitului electric

Pentru a înțelege mai bine menirea elementelor circuitului electric, să cercetăm analogul lui mecanic. Modelul mecanic (fig. 26.4) este compus din două vase umplute cu apă ($V+$ și $V-$), un tub moale din plastic (3), morișcă mecanică (2) și... colegul vostru (1), a cărui sarcină constă în turnarea continuă a apei din vasul $V-$ în vasul $V+$. Scufundând unul dintre capetele tubului în vasul cu nivelul apei mai înalt ($V+$), vom crea «curent de apă», care va provoca rotirea moriștii.

* În modelul reprezentat în fig. 26.1 lungimea conductoarelor de conexiune este făcută intenționat prea mare. În practică constructorii micșorează la maxim toate elementele «de prisos». Așa, în lanterna de buzunar rolul unuia dintre conductoarele de conexiune deseori îl efectuează carcasa de metal. Al doilea conductor de asemenea lipsește: una din bornele de ieșire a sursei de curent este în contact nemijlocit cu borna de ieșire a becului.

Pentru ca morișca să nu se oprească este necesar de susținut «curentul de apă» continuu. Iar el va exista până când există diferență între nivelurile apei din vase, adică până când colegul vostru va turna apă. Și tot așa și curentul electric va exista în circuit, până când lucrează sursa de curent. Permanent «trăgând» sarcinile respective de la un pol pe altul, sursa de curent creează și susține câmpul electric. Voi, probabil, v-ați priceput, «curentul de apă» în modelul mecanic este analogul curentului electric.

❓ Analogul mecanic al cărui element al circuitului electric este tubul cu apă?

Noi putem închide tubul cu un dop și astfel opri fluxul de apă. Așadar dopul în acest caz este analogul mecanic al cheii din circuitul electric.

Dacă apa din tub va îngheța, atunci «curentul de apă» se va opri. Astfel, condiția curgerii continue este prezența «substanței», care se poate deplasa liber. Pentru circuitul electric o astfel de «substanță» sunt particulele încărcate libere (de exemplu, electronii în metale sau ionii în lichide).

Atrageți atenția la aceea, că deloc nu e obligatoriu de văzut curgerea apei în tub. Prezența ei poate fi fixată, observând, de exemplu, rotirea moriștii. Tot așa și concluzia despre prezența curentului electric noi o facem, când observăm acțiunile lui.

3 Să facem cunoștință cu schemele electrice

Pentru a arăta, care anume dispozitive electrice sunt necesare pentru obținerea unui anumit circuit electric și în ce mod ele trebuie unite se folosesc *schemele electrice* (deseori ele sunt numite simplu *scheme*).

Schemă electrică – aceasta-i desenul, pe care prin semne convenționale se arată, din care elemente este compus circuitul electric și în ce mod aceste elemente sunt unite între ele.

Semnele convenționale ale unor elemente ale circuitului electric sunt date în tabelul de la pag. 138. Atrageți atenția la notarea sursei de curent (elementului galvanic sau acumulatorului și bateriei de elemente galvanice sau acumulatori): e primit că liniuța lungă înseamnă polul pozitiv al sursei de curent, iar cea scurtă – polul negativ.

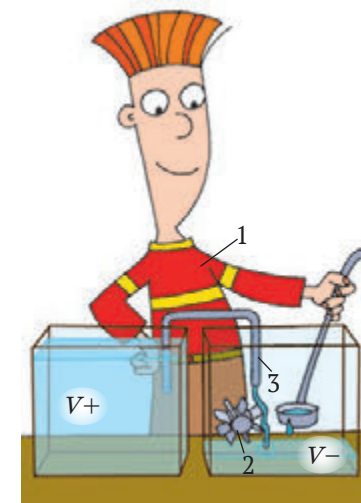

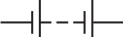
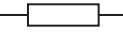







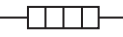
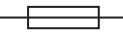


Fig. 26.4. Analogul mecanic al circuitului electric, reprezentat în fig. 26.1. Corespondența componentelor poate fi urmărită după cifrele, cu care ele sunt notate în figuri

Unele semne convenționale, utilizate pe scheme

| Elementul circuitului electric | Semnul convențional |
|--|---|
| Element galvanic sau acumulator |  |
| Baterie de elemente galvanice sau acumuloare |  |
| Rezistor |  |
| Sonerie electrică |  |
| Priză |  |
| Unirea conductoarelor |  |
| Intersecția conductoarelor (fără a fi unite) |  |
| Cleme pentru conectarea unui oarecare aparat |  |
| Cheie |  |
| Bec electric |  |
| Element încălzitor (termic) |  |
| Siguranță |  |

? Va lucra oare măcar un consumator, dacă se va deschide numai cheia K_1 ? dacă se va închide numai cheia K_1 ? Dacă va lucra, atunci care?



Facem totalurile

Sursa de curent, consumatorul de energie electrică, dispozitivul de conectare (deconectare) legați prin intermediul conductoarelor de conexiune formează cel mai simplu circuit electric.

Desenul, pe care prin semne convenționale se arată, din care elemente este compus circuitul electric și în ce mod aceste elemente sunt unite între ele se numește schemă electrică.

Direcția curentului se indică pe scheme cu o săgeată.

Direcție a curentului în circuit convențional se consideră direcția, în care s-ar mișca în circuit particulele, ce au sarcină pozitivă, adică direcția de la polul pozitiv al sursei de curent spre cel negativ.

Atrageți atenția: într-un conductor metalic electronii sub acțiunea câmpului electric se mișcă de la polul negativ spre cel pozitiv, adică direcția mișcării electronilor este opusă direcției acceptate a curentului

În fig. 26.5 sunt date schemele circuitelor electrice, reprezentate în fig. 26.1, 26.3, și este arătată direcția curentului în ele.

Să examinăm schema unui circuit electric mai complicat (fig. 26.6).

Circuitul are trei întrerupătoare (chei), doi consumatori de curent (becul electric și încălzitorul electric) și o sursă de curent (baterie de acumuloare).

Dacă se vor închide cheile K_1 și K_2 , iar cheia K_3 se va deschide, atunci circuitul în care becul este consumator va fi închis la sursa de curent – și becul va lumina. Dacă se vor închide cheile K_1 și K_3 , iar cheia K_2 se va deschide, atunci va lucra încălzitorul, iar becul nu va lumina. Dacă însă se vor închide toate trei chei, atunci concomitent va lumina becul și va lucra încălzitorul.

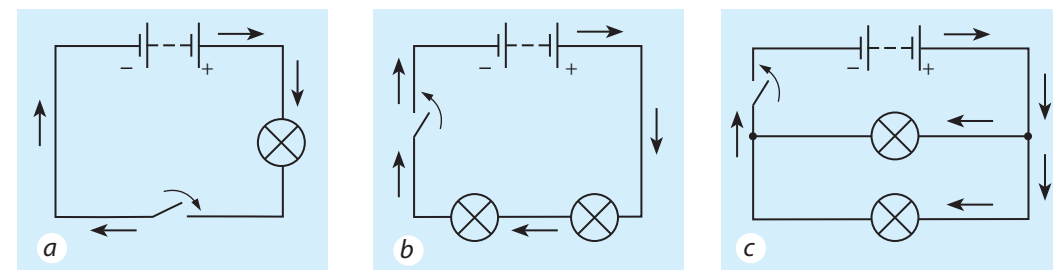


Fig. 26.5. Schemele unor circuite electrice: a – schema circuitului electric a conectării becului (vezi fig. 26.1); b – schema legării în serie a două becuri (vezi fig. 26.3, a); c – schema legării în paralel a două becuri (vezi fig. 26.3, b). Prin săgeți este notată direcția curentului în cazul închiderii cheii

Drept direcție a curentului în circuit convențional se acceptă direcția, în care s-ar fi mișcat prin circuit particulele încărcate pozitiv, adică direcția de la polul pozitiv al sursei de curent spre cel negativ.



Întrebări pentru control

1. Numiți elementele principale ale circuitului electric.
2. Folosind analogia mecanică, explicați destinația fiecărui element al circuitului electric.
3. Dați exemple de consumatori ai energiei electrice.
4. Cu ce scop se folosește cheia în circuitele electrice?
5. Ce se numește schemă electrică?
6. Cum se reprezintă în schemele electrice elementul galvanic? bateria de elemente galvanice? soneria electrică? cheia?
7. Care direcție este acceptată drept direcție a curentului în circuitul electric?



Exercițiul Nr. 26

1. În fig. 1 este reprezentată schema circuitului electric. Desenați schema în caiet, cu semnele «+» și «-» notați poli sursii de curent, prin săgeți indicați direcția curentului electric. Notați denumirea fiecărui element al circuitului.
2. Desenați schema circuitului electric, reprezentat în fig. 2 și indicați direcția curentului în el.

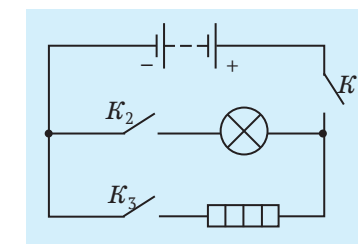


Fig. 26.6. Schema conectării becului electric și a încălzitorului

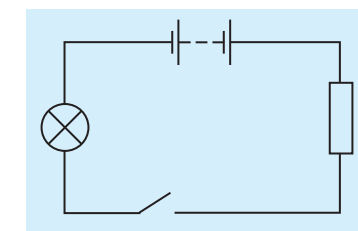


Fig. 1

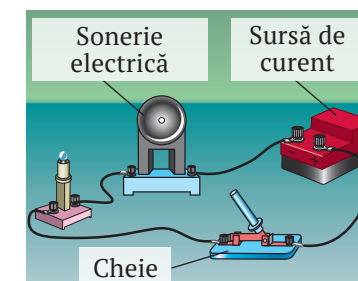


Fig. 2

3. Un circuit electric este compus dintr-o baterie de acumuloare, două chei, sonerie și bec, unde o cheie poate conecta numai becul, a doua – numai soneria. Desenați schema circuitului electric.
4. Desenați schema circuitului electric, care conține două sonerii, care se conectează concomitent cu o cheie, și o baterie de elemente galvanice. (*Atrageți atenția:* problema poate fi rezolvată prin două metode.) Unde poate fi utilizată așa o legătură?
5. Un circuit electric este compus dintr-o baterie de acumuloare, sonerie, cheie și bec, unde becul luminează permanent, iar soneria se conectează numai în cazul, închiderii cheii. Desenați schema circuitului electric.
6. Completați tabelul.



| Mărimea fizică | Simbolul pentru notare | Unitatea în SI |
|-------------------|------------------------|----------------|
| Timpul | | |
| Forța | | |
| Sarcina electrică | | |
| Lucrul mecanic | | |

Fizica și tehnica în Ucraina



Institutul de electrodinamică al ANȘ a Ucrainei (Kiev) – instituție de știință de frunte în Ucraina în domeniul energeticii, electrotehnicii și a construcției de mașini energetice.

Institutul de electrodinamică a fost creat în a. 1947 pe baza catedrei de electrotehnică a institutului de energetică al AȘ a URSS și inițial se numea institutul de electrotehnică. Fondatorul și primul director al institutului a fost academicianul *Serghii Olexiiovici Lebedev*,

sub conducerea căruia în a. 1950 a fost creată prima pe tot continentul Eurasiatic Mașină Electronică de Calcul Mică («ukr. *Мала Електронно-Обчислювальна Машина МЕОМ*»). Direcțiile principale ale activității institutului de electrodinamică: transformarea și stabilizarea parametrilor energiei electromagnetice; ridicarea eficienței și siguranței proceselor transformării electromecanice a energiei; analiza, optimizarea și automatizarea regimurilor sistemelor electroenergetice; sistemele de informație și măsurare și asigurarea metrologică a energeticii; sistemele complexe energetice cu renovarea surselor de energie. În diferiți ani institutul de electrodinamică a fost condus de savanți renumiți – membri corespondenți ai AȘ a URSS *A. D. Nesterenco* și *O. M. Miliah*, academicianul ANȘ a Ucrainei *A. C. Șadlovșchii*.

§ 27. INTENSITATEA CURENTULUI. UNITATEA DE MĂSURĂ A INTENSITĂȚII CURENTULUI. AMPERMETRUL

Voi deja știți, că pentru descrierea cantitativă a fenomenelor fizice, proprietăților corpurilor și substanțelor fizicienii folosesc mărimi fizice. Dar cu ajutorul căror mărimi fizice poate fi descris cantitativ procesul trecerii curentului electric prin conductor? Despre una dintre ele voi veți afla din acest paragraf.

1 Clarificăm, ce se numește intensitate a curentului

Într-o tijă metalică (conductor metalic), după cum voi deja știți, este o cantitate mare de purtători liberi de sarcină electrică, și anume electroni.

Când în tijă nu trece curent electric, mișcarea electronilor în ea este haotică. De aceea se poate considera, că cantitatea de electroni, care într-o secundă trece prin secțiunea transversală a tijei (fig. 27.1) de la stânga la dreapta este egală cu cantitatea de electroni, care trece prin ea de la dreapta la stânga.

Dacă se va uni tijă cu o sursă de curent, electronii vor începe să se miște orientat și cantitatea de electroni, care trece într-un anumit interval de timp prin secțiunea transversală într-o direcție se va mări esențial. Așadar, în această direcție prin secțiunea transversală a tijei va fi transportată o anumită sarcină q .

Intensitatea curentului – aceasta-i mărimea fizică, ce caracterizează curentul electric și numeric este egală cu sarcina, ce trece prin secțiunea transversală a conductorului într-o unitate de timp.

Intensitatea curentului se notează cu simbolul I și se determină după formula:

$$I = \frac{q}{t},$$

unde q – sarcina, care trece prin secțiunea transversală a conductorului în timpul t .

Pentru a conștientiza mai bine esența mărimii fizice introduse să revenim din nou la modelul mecanic al circuitului electric (vezi fig. 26.4). Analogul mecanic al intensității curentului este masa de apă, ce trece prin secțiunea transversală a tubului în 1 s.

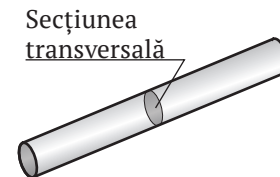


Fig. 27.1. Secționând imaginar tijă, obținem secțiunea transversală a ei



Fig. 27.2. Andre Marie Ampere (1775–1836) – fizician francez, matematician și chimist, unul dintre întemeietorii învățăturii despre fenomenele electromagnetice. Ampere primul a introdus în fizică noțiunea de curent electric



Fig. 27.3. Unitățile de măsură fundamentale ale mărimilor fizice în Sistemul Internațional de unități (SI)

2 Facem cunoștință cu unitatea de măsură a intensității curentului

Unitatea de măsură a intensității curentului în SI – amperul:

$$[I] = 1 \text{ A.}$$

Această unitate este numită în cinstea savantului francez *A. Ampere* (fig. 27.2). Amperul – una dintre unitățile fundamentale ale SI (fig. 27.3).

Afară de amper în practică se folosesc frecvent unități multiple și submultipli ale intensității curentului. Astfel, pentru măsurarea intensității mici a curentului se folosește *miliamperii* (mA) și *microamperii* (μA), a intensității mari a curentului – *kiloamperii* (kA).

Pentru a ne imagina ce înseamnă intensitate mare sau mică a curentului, vom examina câteva exemple. Intensitatea curentului în canalul fulgerului ajunge până la 500 kA, intensitatea curentului în axon în timpul transmiterii impulsului nervos constituie numai 0,004 μA , iar intensitatea medie a curentului în timpul tratării cu electroforeza – 0,8 mA.

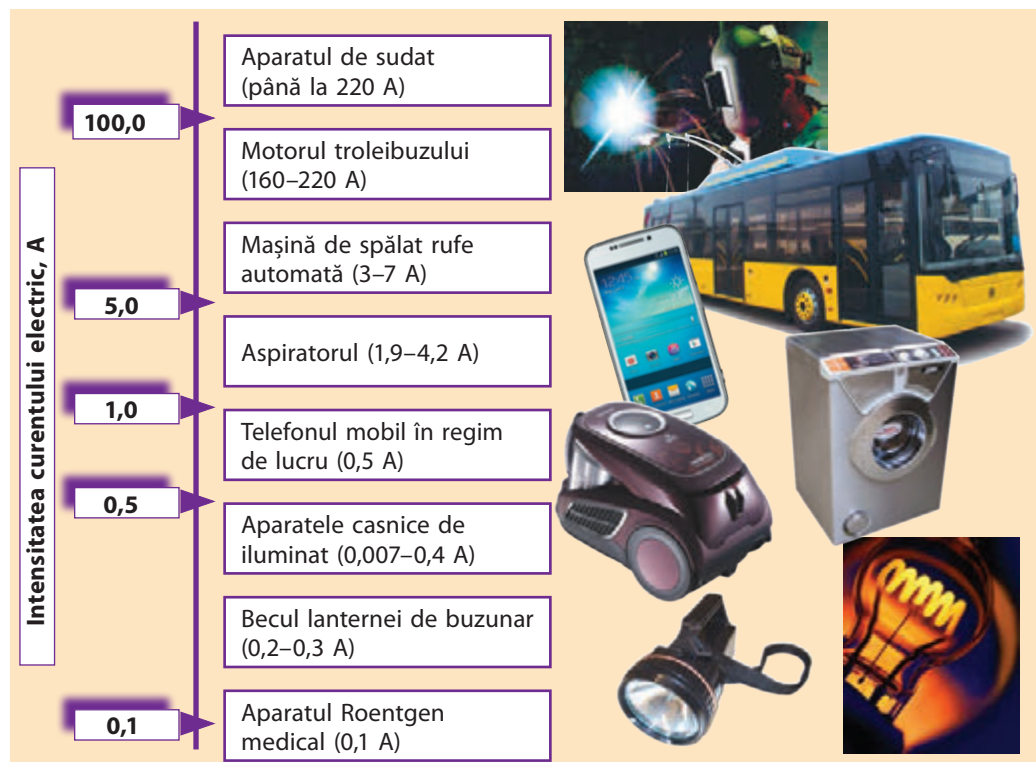


Fig. 27.4. Valoarea intensității curentului în unele dispozitive electrotehnice

Amintiți-vă, căror factori le corespund prefixele kilo-, micro-, mili- și exprimați valorile date în amperi.

Valorile intensității curentului în unele dispozitive electrotehnice sunt indicate în fig. 27.4.

Intensitatea curentului, ce trece prin corpul omului, se consideră nepericuloasă, dacă valoarea ei nu depășește 1 mA; intensitatea curentului de 100 mA poate duce la leziuni serioase. De aceea pentru a nu se expune primejdiei de moarte în timpul lucrului cu aparatele și dispozitivele electrotehnice este necesară respectarea strictă a regulilor securității. Instrucțiunea generală a securității este expusă pe forțașul manualului. Noi însă ne vom opri asupra momentelor principale, care trebuie ținute minte de toți cei ce au de lucru cu electricitatea.

NU SE POATE:

- de a atinge conductorul gol, mai ales stând pe pământ, podeaua umedă etc.;
- de utilizat dispozitive electrotehnice defectate;
- de a monta, demonta, repara dispozitivele electrotehnice, fără a le deconecta de la sursa de curent.

3 Dăm definiția unității de măsură a sarcinii electrice

Știind unitatea de măsură a intensității curentului, ușor se poate obține definiția unității de măsură a sarcinii electrice în SI. Deoarece $I = \frac{q}{t}$, reese că $q = It$. Deci:

$$1 \text{ C} = 1 \text{ A} \cdot \text{s.}$$

1 C – aceasta-i sarcina, care trece prin secțiunea transversală a conductorului în 1 s, când intensitatea curentului în conductor este de 1 A.

4 Să măsurăm intensitatea curentului

Pentru măsurarea intensității curentului se folosește aparatul, care se numește **ampermetru** (fig. 27.5).

(A) – semnul convențional al ampermetrului pe schemele electrice.

Ca orice aparat de măsură ampermetrul nu trebuie să influențeze asupra valorii mărimii, care se măsoară. De aceea ampermetrul este construit în așa un mod, că în cazul conectării lui în circuitul electric valoarea intensității curentului în circuit practic rămâne neschimbată.

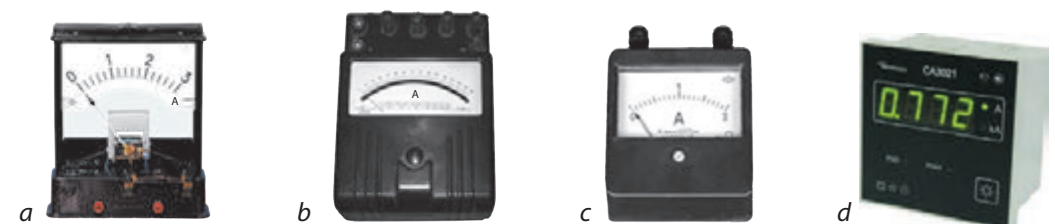


Fig. 27.5. Unele feluri de ampermetre: a – demonstrativ; b – de laborator cu scală cu oglindă; c – școlar de laborator; d – electronic

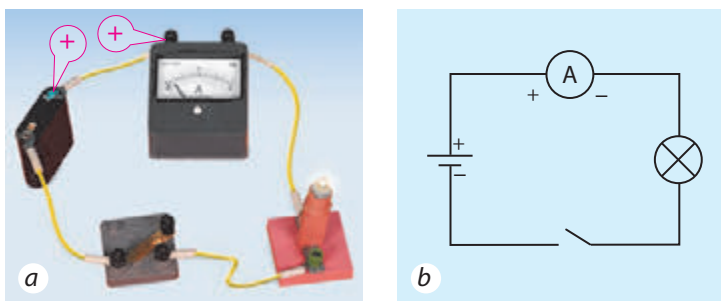


Fig. 27.6. Măsurarea cu ampermetrul a intensității curentului, care trece prin filamentul becului: a – înfățișarea generală a circuitului electric; b – schema circuitului

Regulile, care trebuie respectate în procesul măsurării intensității curentului cu ampermetrul

1. Ampermetrul se conectează în circuit în serie cu acel dispozitiv, în care este necesar de măsurat intensitatea curentului (fig. 27.6).
2. Borna ampermetrului lângă care este semnul «+», trebuie unită cu conductorul, ce vine de la polul pozitiv al sursei de curent; borna cu semnul «-» – cu conductorul, ce vine de la polul negativ.
3. Nu se poate conecta ampermetrul în circuitul, în care lipsește consumatorul de curent, – aceasta poate duce la defectarea utilajului sau la incendiu.

5 Ne învățăm a rezolva probleme

Problemă. Câți electroni vor trece prin secțiunea transversală a filamentului unui bec în 2 s, dacă intensitatea curentului în filament constituie 0,32 A?
Analiza problemei fizice. Pentru a determina cantitatea N de electroni este necesar de știut sarcina totală q transportată în 2 s și sarcina e a unui electron. Sarcina totală vom afla din definiția intensității curentului; sarcina unui electron este egală cu $-1,6 \cdot 10^{-19}$ C.

Se dă:

$$t = 2 \text{ s}$$

$$I = 0,32 \text{ A}$$

$$e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

Să se afle:
 N – ?

Căutarea modelului matematic, rezolvarea

Conform definiției intensității curentului: $I = \frac{q}{t}$, de aceea $q = It$. Știind sarcina totală, vom afla numărul de electroni:

$$N = \frac{q}{|e|} = \frac{It}{|e|}$$

Verificăm unitatea de măsură, determinăm valoarea mărimii căutate:

$$[N] = \frac{\text{A} \cdot \text{s}}{\text{C}} = \frac{\text{C}}{\text{C}} = 1;$$

$$N = \frac{0,32 \cdot 2}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 4 \cdot 10^{18}$$

Răspuns: $N = 4 \cdot 10^{18}$ electroni.



Facem totalurile

Intensitatea curentului I – mărimea fizică, ce caracterizează curentul electric și numeric este egală cu sarcina q , care trece prin secțiunea transversală a conductorului într-o unitate de timp: $I = \frac{q}{t}$.

Unitatea de măsură a intensității curentului în SI – amperul (A). Amperul – una dintre unitățile fundamentale ale SI. 1 C – aceasta-i sarcina, care trece prin secțiunea transversală a conductorului în 1 s, când intensitatea curentului în conductor este de 1 A.

Intensitatea curentului se măsoară cu ampermetrul. Ampermetrul se leagă în circuitul electric în serie cu conductorul, în care se măsoară intensitatea curentului.



Întrebări pentru control

1. Ce se numește intensitate a curentului?
2. Conform cărei formule se determină intensitatea curentului?
3. Care este unitatea de măsură a intensității curentului? În cinstea cui ea este numită?
4. Care valoare a intensității curentului este nepericuloasă pentru om?
5. Care reguli principale de securitate trebuie respectate în timpul lucrului cu dispozitivele electrotehnice?
6. Dați definiția coulombului.
7. Cu ce aparat se măsoară intensitatea curentului?
8. Ce reguli trebuie îndeplinite, măsurând intensitatea curentului?



Exercițiul Nr. 27

1. Treceți schema circuitului electric (fig. 1) în caiet. Indicați pe schemă, unde poate fi conectat ampermetrul, pentru a măsura intensitatea curentului în becuri. Cu semnele «+» și «-» notați polaritatea bornelor ampermetrului.
2. Intensitatea curentului într-un conductor este de 200 mA. În decursul cărui interval de timp prin secțiunea transversală a conductorului va trece sarcina egală cu 24 C?
3. Desenați schema circuitului electric (fig. 2), notați pe ea polaritatea bornelor ampermetrului. Cum, după părerea voastră, se va schimba indicația ampermetrului, dacă unul dintre becuri va arde?
4. În fig. 3 este reprezentată măsurarea intensității curentului în circuit. Desenați schema circuitului electric, notați pe ea polaritatea bornelor ampermetrului. Determinați sarcina, care trece prin secțiunea transversală a filamentului becului în 10 min.
5. Cu ce este egală intensitatea curentului în conductor, dacă în 10 s prin secțiunea transversală a lui trec $2 \cdot 10^{20}$ electroni?

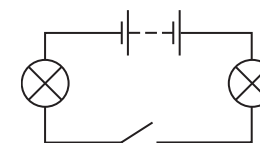


Fig. 1

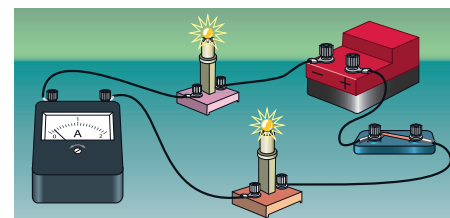


Fig. 2

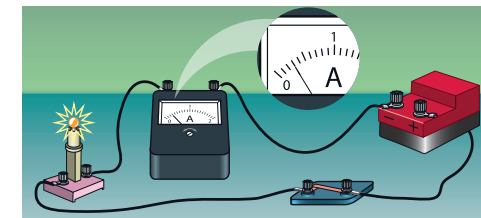


Fig. 3

§ 28. TENSIUNEA ELECTRICĂ. UNITATEA DE MĂSURĂ A TENSIUNII. VOLTMETRUL

Fiecare, probabil, a auzit preîntâmpinarea «Nu te apropia – acolo e tensiune înaltă!», revolta «Iarăși a căzut tensiunea în rețea!», întrebarea «Pentru ce tensiune este prevăzut acest aparat?». Din acest paragraf voi veți afla, ce este tensiunea și de ce pe toate aparatele electrotehnice este afișată valoarea ei.

1 Dăm definiția tensiunii electrice

În § 23 s-a demonstrat, că mișcarea orientată a particulelor libere încărcate (curentul electric) este posibilă datorită acțiunii asupra acestor particule a forței din partea câmpului electric. Iar din cursul de fizică al clasei a 7-ea vă este cunoscut, că atunci, când corpul se mișcă sub acțiunea unei anumite forțe și direcția mișcării corpului coincide cu direcția acestei forțe, atunci forța efectuează un lucru. Așadar, când într-o anumită porțiune a circuitului există curent, atunci câmpul electric efectuează un lucru. Acest lucru este primit de-l numit *lucrul curentului*.

Lucrul, pe care îl poate efectua sau îl efectuează câmpul electric, deplasând sarcina pe porțiunea dată a circuitului este determinat de *tensiunea electrică*.

Tensiunea electrică pe o porțiune de circuit – aceasta-i mărimea fizică, care numeric este egală cu lucrul câmpului electric de deplasare a sarcinii unitare pozitive pe această porțiune.

Tensiunea se notează cu simbolul U și în formă generală se determină prin formula:

$$U = \frac{A}{q},$$

unde A – lucrul, pe care îl efectuează (sau îl poate efectua) câmpul electric la deplasarea sarcinii q pe porțiunea dată a circuitului.

Unitatea de măsură a tensiunii în SI – voltul (numită în cinstea savantului italian A. Volta):

$$[U]=1 \text{ V.}$$

1 V – aceasta-i tensiunea pe porțiunea de circuit, la care câmpul electric efectuează lucrul de 1 J, deplasând pe această porțiune sarcina egală cu 1 C:

$$1 \text{ V} = 1 \frac{\text{J}}{\text{C}}.$$

În afară de volt în practică deseori se utilizează unități multiple și sub-multipli ale tensiunii: *microvoltul* (μV), *milivolt* (mV), *kilovolt* (kV):

$$1 \mu\text{V} = 10^{-6} \text{ V}; 1 \text{ mV} = 10^{-3} \text{ V}; 1 \text{ kV} = 10^3 \text{ V}.$$

Astfel, tensiunea electrică pe membrana celulară sau microcip constituie câțiva microvolți, iar între nori în timpul furtunii – sute de kilovolți.

? Dar știți voi oare, ce tensiune se furnizează în clădirea voastră? pe acumulatorul telefonului vostru mobil în timpul încărcării lui?

2 Efectuăm analogie

Adresându-ne la analogia dintre curentul electric și curgerea apei (vezi § 26), se poate determina, că tensiunea este analogică cu diferența dintre nivelurile apei în vase. Dacă nivelurile apei în ambele vase sunt aceleași, atunci apa dintr-un vas în altul nu va curge. Analogic, dacă la capetele unei porțiuni de circuit lipsește tensiunea, atunci curent în această porțiune nu va fi.

Cu cât este mai mare diferența nivelurilor de apă în vase, cu atât mai mare lucru efectuează forța de greutate în timpul căderii apei cu masa de 1 kg. Corespunzător cu cât este mai mare tensiunea la capetele porțiunii de circuit, cu atât mai mare lucru va efectua forța electrică în timpul deplasării sarcinii de 1 C.

3 Măsurăm tensiunea, facem cunoștință cu voltmetrul

Pentru măsurarea tensiunii este folosit aparatul, care se numește **voltmetru** (fig. 28.1). Voltmetrul se aseamănă foarte mult cu ampermetrul – atât în exterior cât și după principiul de lucru.

V – semnul convențional al voltmetrului în schemele electrice.

La fel ca și orice alt aparat de măsură voltmetrul nu trebuie să influențeze asupra valorii mărimii măsurate. De aceea voltmetrul este construit în așa un mod, încât în cazul conectării lui în paralel la o anumită porțiune a circuitului electric valoarea tensiunii în această porțiune practic nu se schimbă.

Regulile, care trebuie respectate în timpul măsurării tensiunii cu voltmetrul

1. Voltmetrul se leagă în paralel cu acea porțiune a circuitului, în care trebuie de măsurat tensiunea (fig. 28.2).
2. Borna voltmetrului lângă care este semnul «+», trebuie unită cu conductorul, ce vine de la polul pozitiv al sursei de curent; borna cu semnul «-» – cu conductorul, ce vine de la polul negativ al sursei de curent.
3. Pentru măsurarea tensiunii la polii sursei de curent voltmetrul se unește nemijlocit la bornele sursei (fig. 28.3).

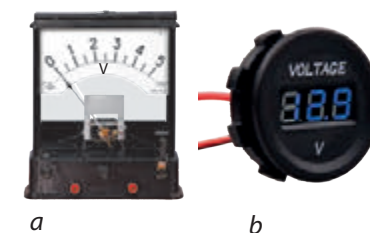


Fig. 28.1. Unele tipuri de voltmetre: a – școlar demonstrativ; b – digital pentru automobil

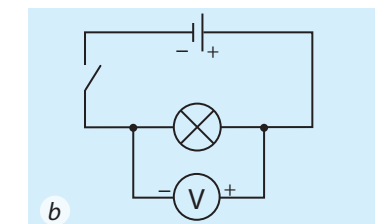
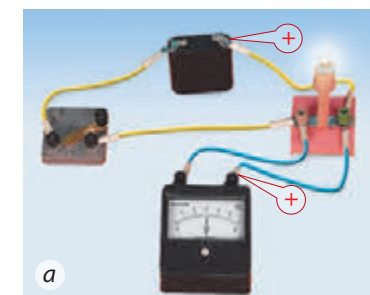


Fig. 28.2. Măsurarea tensiunii la bec cu voltmetrul: a – aspectul general; b – schema circuitului electric

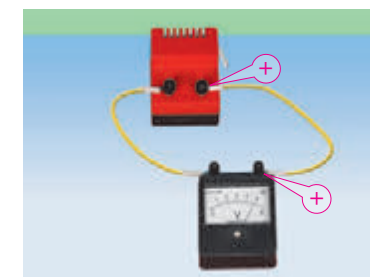


Fig. 28.3. Măsurarea tensiunii la polii sursei de curent cu voltmetrul

4 Ne învățăm a rezolva probleme

Problemă. Tensiunea la bornele acumulatorului automobilului este de 12 V. De la ce înălțime trebuie să cadă o sarcină cu masa de 36 kg, pentru ca forța de greutate să efectueze același lucru, pe care îl efectuează câmpul electric, deplasând sarcina de 300 C într-unul din circuitele electrice ale automobilului?

Analiza problemei fizice. Din condiția problemei lucrul forței de greutate este egal cu lucrul curentului electric: $A = A_{\text{curent}}$. Scriind formula pentru determinarea lucrului forței de greutate și formula lucrului curentului, vom calcula înălțimea de cădere a sarcinii.

| | |
|-------------------------------------|--|
| Se dă: | <i>Căutarea modelului matematic, rezolvarea</i> |
| $U = 12 \text{ V}$ | Din definiția tensiunii $U = \frac{A_{\text{curent}}}{q}$, deci, $A_{\text{curent}} = Uq$. |
| $m = 36 \text{ kg}$ | Din definiția lucrului mecanic $A = Fl$, unde |
| $A = A_{\text{curent}}$ | $F = F_g = mg$, iar $l = h$. |
| $q = 300 \text{ C}$ | Deci, $A = mgh$. |
| $g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ | Deoarece $A_{\text{curent}} = A$, atunci $Uq = mgh$; de aici $h = \frac{Uq}{mg}$. |
| Să se afle: h - ? | Verificăm unitatea de măsură, determinăm valoarea mărimii căutate: $[h] = \frac{\text{V} \cdot \text{C}}{\text{kg} \cdot \frac{\text{N}}{\text{kg}}} = \frac{\frac{\text{J}}{\text{C}} \cdot \text{C}}{\text{N}} = \frac{\text{J}}{\text{N}} = \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{N}} = \text{m};$ $h = \frac{12 \cdot 300}{36 \cdot 10} = 10 \text{ (m)}.$ Răspuns: $h = 10 \text{ m}$. |

Facem totalurile

Mărimea fizică, care numeric este egală cu lucrul câmpului electric de deplasare a sarcinii unitare pozitive pe o anumită porțiune de circuit, se numește tensiune electrică pe această porțiune de circuit.

Tensiunea se notează cu simbolul U și se determină prin formula $U = \frac{A}{q}$, unde A – lucrul, pe care-l efectuează (sau îl poate efectua) câmpul electric pentru deplasarea sarcinii q pe porțiunea dată a circuitului.

Unitatea de măsură a tensiunii în SI este voltul (V). Un volt – aceasta-i tensiunea pe porțiunea de circuit, la care câmpul electric efectuează lucrul de 1 J, deplasând pe această porțiune sarcina egală cu 1 C ($1 \text{ V} = 1 \frac{\text{J}}{\text{C}}$).

Aparatul pentru măsurarea tensiunii se numește voltmetru. Voltmetrul se unește în paralel cu acea porțiune a circuitului, pe care trebuie de măsurat tensiunea.

Întrebări pentru control

1. Demonstrați, că atunci când în conductor circulă curent, câmpul electric efectuează lucru.
2. Ce se numește tensiune pe o anumită porțiune de circuit?
3. Conform cărei formule se determină tensiunea electrică?
4. În ce unități se măsoară tensiunea?
5. Dați definiția unității de măsură a tensiunii.
6. Care aparat este folosit pentru măsurarea tensiunii? Care reguli trebuie strict respectate în timpul măsurării tensiunii?

Exercițiul Nr. 28

1. În fig. 1 sunt reprezentate scările diferitelor voltmetre. Determinați valoarea diviziunii a fiecărei scări și tensiunea pe fiecare voltmetru.
2. În fig. 2 este reprezentată schema unui circuit electric. Copiați schema în caiet și arătați pe ea, unde trebuie conectat voltmetrul, pentru a măsura tensiunea pe bec.
3. În timpul deplasării sarcinii de 3 C pe o porțiune de circuit, câmpul electric a efectuat un lucru de 0,12 kJ. Determinați tensiunea pe porțiunea de circuit.
4. Câmpul electric, deplasând prin porțiunea de circuit sarcina de 60 C, efectuează tot așa un lucru, pe care-l efectuează forța de greutate în timpul căderii corpului cu masa de 200 g de la înălțimea de 360 m. Cu ce este egală tensiunea pe această porțiune?
5. În fig. 3 este reprezentată schema unui circuit electric. Determinați lucrul curentului electric în 1 oră, dacă indicațiile ampermetrului și voltmetrului sunt corespunzător 0,5 A și 220 V.
6. Folosindu-vă de surse suplimentare de informații, compuneți o problemă pentru determinarea lucrului curentului electric într-un anumit dispozitiv electrotehnic.
7. După graficul dependenței forței elastice (F_{el}) de alungirea resortului (x) determinați rigiditatea resortului (k) (fig. 4). Depinde oare rigiditatea resortului de forța elastică? de alungire?

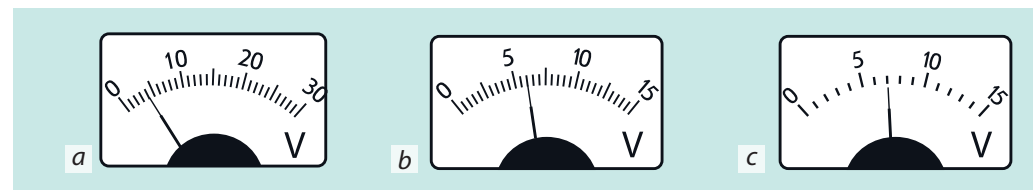


Fig. 1

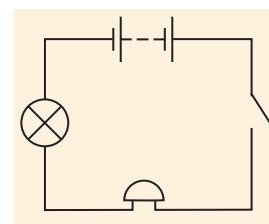


Fig. 2

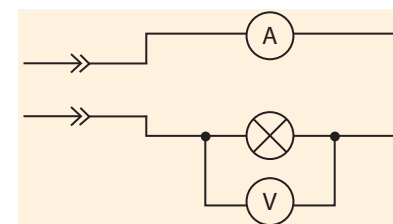


Fig. 3

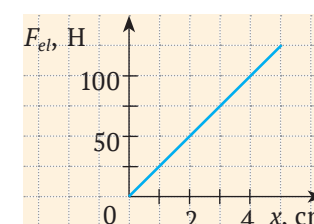


Fig. 4

§ 29. REZISTENȚA ELECTRICĂ. LEGEA LUI OHM

Amintiți-vă analogul mecanic al circuitului electric, propus în § 26 (vezi fig. 26.4). Iar acum imaginați-vă, că un timp suficient de îndelungat anume voi veți fi «căușarul», adică trebuie să mențineți rotirea moriștii. Cum de făcut aceasta, depunând efort minim? Cel mai probabil, voi vă veți strădui să faceți așa, ca apa din tub să se scurgă mai încet și, evident, veți alege pentru aceasta un tub foarte subțire, iar cascada nivelurilor de apă în vase veți face-o cât mai mică.

Amintiți-vă, că diferența dintre nivelurile de apă – analogul tensiunii, iar cantitatea de apă, care a trecut prin tub în 1 s, – analogul intensității curentului. Așadar, se poate presupune, că intensitatea curentului pe o porțiune a circuitului electric se micșorează în cazul micșorării tensiunii și depinde de proprietățile de conductibilitate a conductorului. Să verificăm aceste presupuneri.

1 Ne convingem, că intensitatea curentului în conductor depinde de tensiunea la extremitățile lui

Să montăm circuitul electric, în care drept consumator va fi un conductor metalic (rezistor), iar sursă de curent – un dispozitiv, la bornele căruia se poate schimba tensiunea. Pentru măsurarea intensității curentului în conductor și a tensiunii la capetele lui vom folosi ampermetrul și voltmetrul (fig. 29.1, a).

Experiența va arăta, că în cazul majorării tensiunii la capetele conductorului de 2 ori intensitatea curentului în conductor de asemenea va crește de 2 ori (fig. 29.1, b); majorarea tensiunii de 2,5 ori va duce la creșterea intensității curentului de asemenea de 2,5 ori (fig. 29.1, c) etc. Astfel, de câte ori se mărește tensiunea la capetele conductorului, tot de atâtea ori crește în conductor intensitatea curentului. Cu alte cuvinte, *intensitatea curentului în conductor este direct proporțională cu tensiunea de la extremitățile conductorului*. Această dependență pentru prima dată a fost stabilită pe cale experimentală de către savantul german Gh. Ohm (fig. 29.2) în a. 1826.

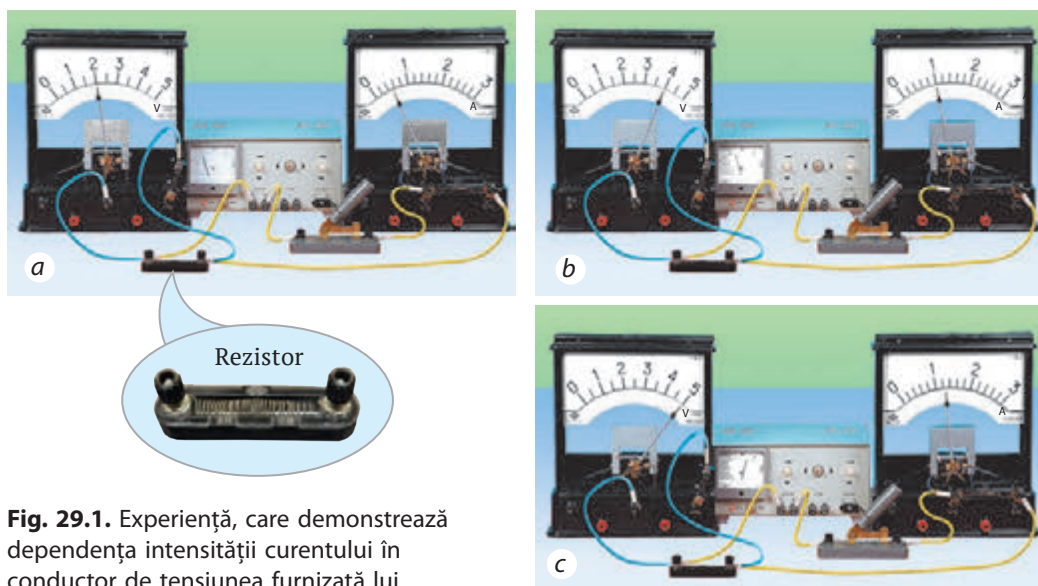


Fig. 29.1. Experiență, care demonstrează dependența intensității curentului în conductor de tensiunea furnizată lui

Din cursul de matematică voi știți, că așa o dependență se poate exprima prin formula $I = kU$, unde k – coeficient de proporționalitate), și de asemenea sub forma grafică, care reprezintă o dreaptă, ce trece prin originea coordonatelor (fig. 29.3).

Dependența intensității curentului în conductor de tensiunea de la capetele lui se numește **caracteristica volt-amperică a conductorului**.

2 Aflăm despre rezistența electrică

Efectuând experiența descrisă în p. 1, cu alte conductoare, vom vedea, că intensitatea curentului în fiecare conductor este direct proporțională cu tensiunea de la capetele lui ($I = kU$), ar iată că coeficientul de proporționalitate va fi diferit, despre ce mărturisesc unghiurile de înclinare diferite ale graficelor (fig. 29.4). Astfel, *intensitatea curentului în conductor depinde nu numai de tensiunea de la capetele lui, dar și de proprietățile conductorului însuși*.

În practică dependența $I = kU$ se scrie sub forma $I = \frac{1}{R} \cdot U$ sau $I = \frac{U}{R}$, unde R – rezistența electrică a conductorului.

Intensitatea curentului este mai mică în acel conductor, care are o rezistență mai mare. Adică cu cât este mai mare rezistența conductorului, cu atât mai tare conductorul se opune trecerii curentului – *îi creează rezistență*. (Totodată o parte din energia electrică se transformă în energie internă a conductorului).

Rezistența electrică – aceasta-i mărimea fizică, care caracterizează proprietatea conductorului de a se opune trecerii curentului electric.

Unitatea de măsură a rezistenței în SI – **ohm**-ul:

$$[R] = 1 \text{ Ohm.}$$

1 Ohm – aceasta-i rezistența unui astfel de conductor, în care la o tensiune la capetele lui de 1 V intensitatea curentului este egală cu 1 A:

$$1 \text{ Ohm} = 1 \frac{\text{V}}{\text{A}}$$

* Mărimea $\frac{1}{R}$ în fizică se numește conductanță. Unitatea de măsură a conductanței în SI – *simensul* (S), numită astfel în cinstea fizicianului și electrotehnicianului german *Ernest Siemens* (1816–1892), fondatorul renumitului concern «Siemens». 1 S – conductanța electrică a conductorului cu rezistență de 1 Ohm.



Fig. 29.2. Gheorg Simon Ohm (1787–1854) – fizician german, în a. 1826 a descoperit pe cale experimentală legea, care ulterior a fost numită în numele lui

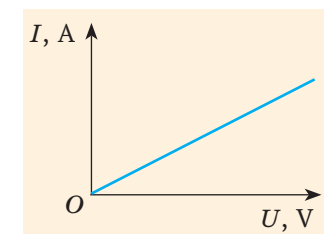


Fig. 29.3. Graficul dependenței intensității curentului în conductor de tensiunea de la capetele lui – linie dreaptă

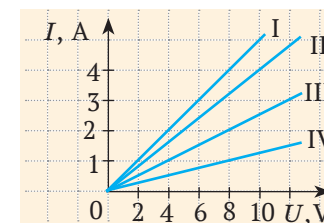


Fig. 29.4. Dependența intensității curentului de tensiune pentru diferiți conductori

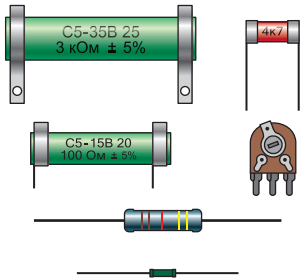


Fig. 29.5. Diferite tipuri de rezistoare, care sunt folosite în electrotehnică. Rezistența rezistorului este indicată pe corpul lui

Majoritatea dispozitivelor radioelectronice este imposibil de le imaginat fără *rezistoare* – piese, ce asigură anumite rezistențe (fig. 29.5).

3 Formulăm legea lui Ohm pentru o porțiune de circuit

Totul ce voi ați aflat despre dependența intensității curentului de tensiunea de la capetele lui, se confirmă și pentru o porțiune de circuit, care conține orice număr de conductori. Așadar, **legea lui Ohm pentru o porțiune de circuit:**

Intensitatea curentului într-o porțiune de circuit este direct proporțională cu tensiunea de la capetele acestei porțiuni și invers proporțională cu rezistența ei.

Notarea matematică a legii lui Ohm este formula:

$$I = \frac{U}{R},$$

unde R – rezistența porțiunii de circuit, care depinde numai de proprietățile conductorilor, care constituie porțiunea.

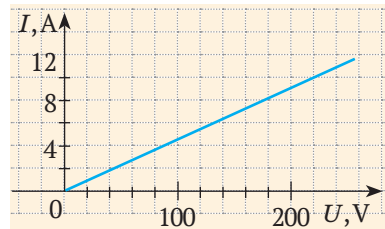
Legea lui Ohm – una dintre legile fundamentale ale fizicii, și cea mai mare parte a calculării circuitelor electrice în electrotehnică se bazează anume pe ea.

? Folosind legea lui Ohm, obțineți formula pentru calculul: rezistenței conductorului; tensiunii la capetele conductorului.

4 Ne învățăm a rezolva probleme

Problemă. În figură este dată caracteristica volt-amperică a unui conductor metalic. **Determinați rezistența acestui conductor.**

Analiza problemei fizice. Graficul dependenței intensității curentului de tensiune – o linie dreaptă, de aceea pentru determinarea rezistenței ne vom folosi de coordonatele oricărui punct din grafic și de legea lui Ohm.



| | |
|---------------------|---|
| Se dă: | <i>Căutarea modelului matematic, rezolvarea</i> |
| $I = 10 \text{ A}$ | Din grafic vedem, că de exemplu, la tensiunea de 220 V intensitatea curentului în conductor este egală cu 10 A. |
| $U = 220 \text{ V}$ | Conform legii lui Ohm $I = \frac{U}{R}$, deci, $R = \frac{U}{I}$. |
| Să se afle: | Verificăm unitatea de măsură, determinăm valoarea mărimii căutate: |
| $R = ?$ | $[R] = \frac{\text{V}}{\text{A}} = \text{Ohm}; R = \frac{220}{10} = 22 \text{ (Ohm)}.$ |
| | Răspuns: $R = 22 \text{ Ohm}.$ |



Facem totalurile

Intensitatea curentului I într-o porțiune de circuit este direct proporțională cu tensiunea U de la capetele acestei porțiuni și invers proporțională cu rezistența R a acestei porțiuni. Această lege este numită legea lui Ohm pentru o porțiune de circuit și matematic este exprimată prin formula $I = \frac{U}{R}$.

Rezistența electrică – aceasta-i mărimea fizică, care caracterizează proprietatea conductorului de a se opune curentului electric.

Unitatea de măsură a rezistenței în SI – ohm-ul; 1 Ohm – aceasta-i rezistența unui astfel de conductor, în care circulă curent cu intensitatea de 1A la o tensiune la capetele conductorului de 1 V ($1 \text{ Ohm} = 1 \frac{\text{V}}{\text{A}}$).



Întrebări pentru control

1. Descrieți experiența, care demonstrează, că intensitatea curentului în conductor este direct proporțională cu tensiunea la capetele lui?
2. Descrieți experiența, care demonstrează, că intensitatea curentului în conductor depinde de proprietățile conductorului?
3. Dați definiția rezistenței conductorului.
4. Ce este 1 Ohm?
5. Formulați legea lui Ohm pentru o porțiune de circuit.



Exercițiul Nr. 29

1. Folosind indicațiile aparatelor (fig. 1), determinați rezistența becului electric.
2. În fig. 29.4 sunt date caracteristicile volt-amperice pentru câteva conductoare. Determinați rezistențele acestor conductoare.
3. Intensitatea curentului, care trece prin spirala unui fierbător este egală cu 1,5 A. Determinați tensiunea la capetele spiralei, dacă rezistența ei constituie 150 Ohm.
4. Rezistența conductorului este egală cu 2 Ohm. Prezentați caracteristica volt-amperică a acestui conductor în formă de grafic.
5. Într-un conductor, la capetele căruia este aplicată tensiunea de 12 V, în 5 min a trecut sarcina de 60 C. Determinați rezistența conductorului.
6. Dacă în circuitul electric (fig. 2) de închis cheia, atunci acul indicator al ampermetrului se va situa așa cum este arătat în figură. Determinați valoarea diviziunii scării ampermetrului.
7. Oare depinde rezistența conductorului de intensitatea curentului în el? de tensiunea la capetele lui? Explicați-vă răspunsul.
8. Dintr-o sârmă de cupru, aria secțiunii transversale a căreia este de 10 mm², este confecționat un inel cu diametrul de 10 cm. Determinați masa inelului.

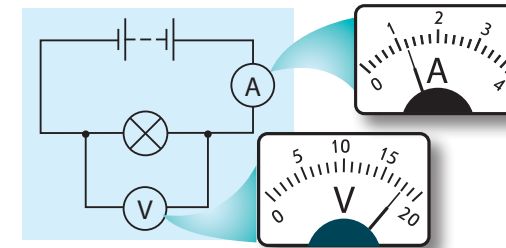


Fig. 1

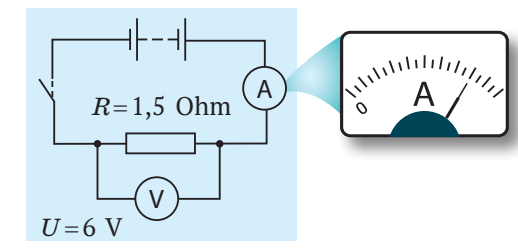


Fig. 2

§ 30. CALCULUL REZISTENȚEI CONDUCTORULUI. REZISTENȚA SPECIFICĂ A SUBSTANȚEI. REOSTATELE

Noi într-atât ne-am deprins cu diversitatea dispozitivelor tehnice, încât deseori nu ne punem pe gânduri cum anume ele funcționează. De exemplu, fiecare din voi a mărit intensitatea sunetului aparatului de radio ori a televizorului sau a observat, cum treptat se stinge lumina în sala de cinema înaintea începerii filmului. Dar v-ați pus voi oare întrebarea: cum acestea se obțin? Vom încerca să ne descurcăm.

1 Clarificăm, de ce depinde rezistența conductorului

Când prin conductorul metalic trece curentul, atunci electronii liberi, mișcându-se orientat, se ciocnesc cu ionii rețelei cristaline a metalului – conductorul opune rezistență curentului electric.

Rezistența conductorului depinde de lungimea lui, de aria secțiunii transversale, și de asemenea de substanța, din care este confecționat conductorul.

Să ne convingem de aceasta cu ajutorul experiențelor, schimbând de fiecare dată numai unul dintre parametrii numiți. Vom determina rezistența conductorului, folosind legea lui Ohm: măsurând cu ampermetrul intensitatea curentului I în conductor, iar cu voltmetrul – tensiunea U la extremitățile lui, vom calcula rezistența conductorului după formula $R = \frac{U}{I}$.

Mai întâi să clarificăm, cum depinde rezistența conductorului de lungimea lui. Pentru aceasta montăm circuitul electric (fig. 30.1), care conține o sursă de curent, cheie, rezistor și un conductor din nicrom, întins pe o riglă de lemn cu două cleme. Lungimea porțiunii conductorului, prin care trece curentul, o vom schimba cu ajutorul culisorului – unei cleme speciale, care se poate deplasa lejer de-a lungul conductorului. Pentru măsurarea intensității curentului și tensiunii conectăm în circuit ampermetrul și voltmetrul.

Efectuând investigațiile respective, ne vom convinge, că în cazul schimbării lungimii conductorului rezistența lui de asemenea se schimbă. Totodată de câte ori se mărește (micșorează) lungimea conductorului, tot de atâtea ori se mărește (se micșorează) rezistența lui. Așadar, *rezistența conductorului este direct proporțională cu lungimea lui.*

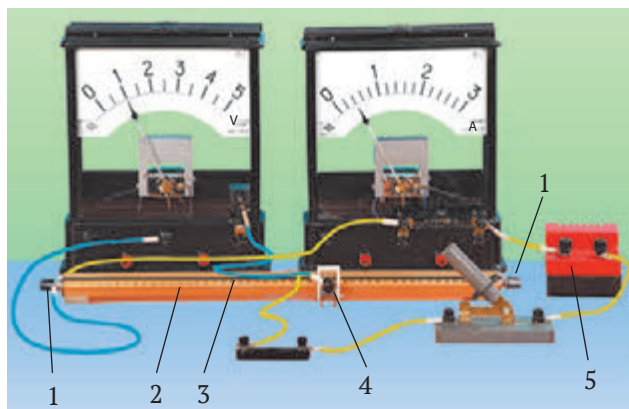


Fig. 30.1. Experiență, care demonstrează că rezistența conductorului este direct proporțională cu lungimea lui. În figură:

- 1 – cleme;
- 2 – riglă;
- 3 – sârmă din nicrom (conductor);
- 4 – culisor
- 5 – sursă de curent

Pentru a clarifica, cum depinde rezistența conductorului de aria secțiunii lui transversale, vom lua câțiva conductori de nicrom fixați pe un panou, de aceeași lungime, dar diferiți după ariile secțiunilor transversale (fig. 30.2). Experiența arată, că mărirea de două ori a ariei secțiunii transversale a conductorului provoacă micșorarea de două ori a rezistenței lui, adică *rezistența conductorului este invers proporțională cu aria secțiunii transversale a lui.*

Efectuând experiențe cu conductori de aceeași lungimi și arii ale secțiunilor transversale, însă confecționate din substanțe diferite (de exemplu, cupru, aluminiu, nicrom), ne vom convinge, că *rezistența conductorului depinde de substanța, din care acest conductor este confecționat.*

Totalizând rezultatele experiențelor, se poate scrie formula:

$$R = \rho \frac{l}{S},$$

unde R – rezistența conductorului, l – lungimea lui, S – aria secțiunii transversale a lui; ρ – coeficient de proporționalitate, ce depinde de substanța, din care este confecționat conductorul. Acest coeficient se numește *rezistență specifică a substanței.*

2 Dăm definiția rezistenței specifice a substanței

Să ne adresăm la formula pentru calculul rezistenței conductorului: $R = \rho \frac{l}{S}$. Din formulă rezultă, că $\rho = \frac{RS}{l}$. Dacă $l = 1$ m, a $S = 1$ m², atunci ρ numeric este egal cu R .

Rezistența specifică a substanței – aceasta-i mărimea fizică, care caracterizează proprietățile electrice ale substanței date și numeric este egală cu rezistența conductorului, confecționat din ea, având lungimea de 1 m și aria secțiunii transversale de 1 m².

Unitatea de măsură a rezistenței specifice în SI – ohm · m:

$$[\rho] = 1 \text{ Ohm} \cdot \text{m}.$$

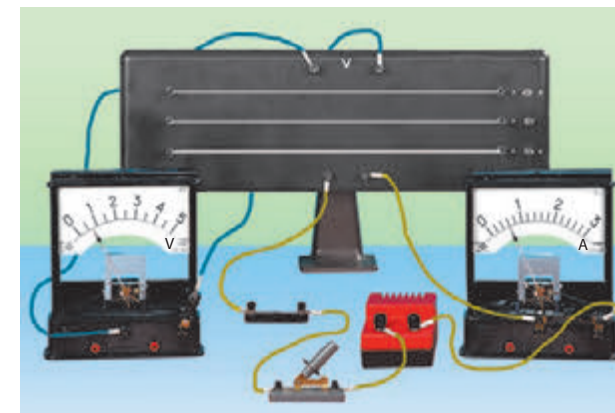


Fig. 30.2. Experiență, care demonstrează că rezistența conductorului este invers proporțională cu aria secțiunii lui transversale

În practică, de cele mai multe ori avem de afacere cu conductori, ariile secțiunilor transversale ale cărora sunt destul de mici. De aceea frecvent ca unitate de măsură a rezistenței specifice a substanței se folosește $\frac{\text{Ohm} \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$. Deoarece $1 \text{ mm}^2 = 1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$, reiese că

$$1 \frac{\text{Ohm} \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ Ohm} \cdot \text{m}$$

Rezistențele specifice ale substanțelor se determină pe cale experimentală și se introduc în tabele (vezi tab. 7 din Anexă). Valoarea rezistenței specifice depinde fundamental de temperatura substanței, de aceea în tabele neapărat este indicată temperatura, la care se adevăresc valorile date.

? Folosindu-vă de datele din tab. 7 al Anexei, explicați de ce pentru confecționarea conductorilor pentru încăperi de obicei se folosește aluminiul și cuprul, dar nu oțelul, care este mai ieftin. De ce cauciucul, porțelanul, ebonita se folosește în electrotehnică ca izolatoare?

3 Facem cunoștință cu reostatele

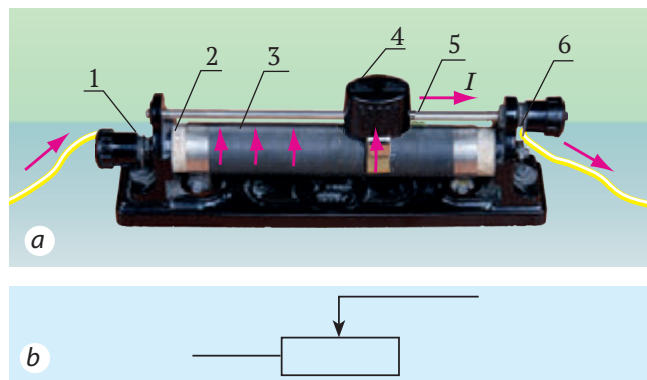
Conșiderând faptul, că rezistența conductorului este direct proporțională cu lungimea lui se bazează principiul de lucru al reostatului.

Reostatul – acesta-i dispozitivul cu rezistență variabilă, prevăzut pentru reglarea intensității curentului în circuitul electric.

Dacă reostatul este conectat în circuitul electric, atunci modificând rezistența reostatului se poate modifica corespunzător intensitatea curentului în circuit ($I = \frac{U}{R}$), și deci, regla intensitatea sunetului aparatului de radio, regla strălucirea iluminării becului etc.

Cu cel mai simplu reostat v-ați întâlnit deja, când ați clarificat dependența rezistenței conductorului de lungimea lui (vezi fig. 30.1). Bineînțeles, reostatele, care se folosesc în practică sunt mai comode. Să studiem reostatul cu cursor cu două contacte (fig. 30.3). Sârma metalică (3) se înfășoară pe un cilindru din ceramică (2) și astfel sunt micșorate dimensiunile reostatului.

Fig. 30.3. Reostatul cu culisor cu două contacte: a – aspectul exterior; 1, 6 – borne; 2 – cilindru din ceramică; 3 – sârma metalică (înfășurarea); 4 – culisorul; 5 – tijă metalică; b – notarea convențională pe scheme



Deasupra înfășurării se fixează tija metalică (5), pe care este amplasat culisorul (4). Reostatul are două borne (două contacte), una dintre care (1) este unită cu înfășurarea, iar cealaltă (6) – cu tija. Când reostatul este conectat în circuit, curentul electric trece de la o bornă la alta (mai întâi prin spirele înfășurării până la culisor, iar apoi prin tijă).

Deplasând culisorul de-a lungul înfășurării, lin se mărește sau se micșorează lungimea l a porțiunii, prin care trece curentul. Deoarece $R = \rho \frac{l}{S}$, rezistența reostatului de asemenea se mărește sau se micșorează, iar aceasta duce la schimbarea intensității curentului

În afară de reostatele cu culisor în practică se folosesc și alte tipuri de reostate, de exemplu reostatele cu pârghie (cu secții) (fig. 30.4). Spre deosebire de cele cu culisor, rezistența reostatelor cu pârghie se schimbă prin salturi, respectiv prin salturi variază și intensitatea curentului. Reostatele cu pârghie se aplică pentru conectarea și deconectarea motoarelor electrice.

? Examinați fig. 30.4, b și aflați de câte ori se va micșora rezistența reostatului cu secții, dacă pârghia se va deconecta de la contactul A la contactul B.

Fiecare reostat este prevăzut pentru o anumită tensiune. Rezistența maximă a reostatului și tensiunea maxim posibilă pentru el sunt indicate într-un tabel special pe carcasa dispozitivului. Înfășurările reostatelor de obicei sunt confecționate din metale (aliaje) cu o rezistență specifică mare (constantan, mangan, nicrom, fecral).

4 Ne învățăm a rezolva probleme

Problemă 1. Calculați intensitatea curentului într-un conductor de cupru, care are lungimea de 10 m și aria secțiunii transversale de $0,5 \text{ mm}^2$; tensiunea la capetele conductorului constituie 34 mV.

Analiza problemei fizice. Intensitatea curentului poate fi calculată după legea lui Ohm. Însă pentru aceasta trebuie de calculat rezistența conductorului. Ne vom folosi de formula pentru calculul rezistenței conductorului; rezistența specifică a cuprului o vom găsi în tabelul respectiv.



Fig. 30.4. Reostatul cu pârghie (cu secții): a – aspectul exterior; b – schema; 1 – sârma metalică; 2 – pârghie; 3 – contact. cu săgeți este indicată direcția curentului

Se dă:
 $l = 10 \text{ m}$
 $S = 0,5 \text{ mm}^2$
 $U = 0,034 \text{ V}$
 $\rho = 0,017 \frac{\text{Ohm} \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$

Să se afle:
 $I - ?$

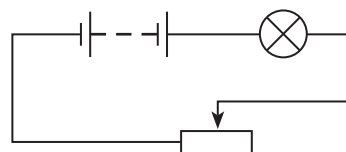
Căutarea modelului matematic, rezolvarea
 Conform legii lui Ohm: $I = \frac{U}{R} \Rightarrow R = \frac{U}{I}$.
 Rezistența conductorului se determină după formula $R = \frac{\rho l}{S}$. Deci, avem:
 $\frac{U}{I} = \frac{\rho l}{S} \Rightarrow US = I\rho l \Rightarrow I = \frac{US}{\rho l}$.

Verificăm unitatea de măsură, determinăm valoarea mărimii căutate:

$$[I] = \frac{\frac{\text{V} \cdot \text{mm}^2}{\frac{\text{Ohm} \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \cdot \text{m}}}{\frac{\text{V}}{\text{A}}} = \frac{\text{V} \cdot \text{mm}^2}{\text{Ohm} \cdot \text{mm}^2} = \frac{\text{V}}{\text{V}} = \frac{\text{V} \cdot \text{A}}{\text{V}} = \text{A}; \quad I = \frac{0,034 \cdot 0,5}{0,017 \cdot 10} = 0,1 \text{ (A)}.$$

Răspuns: $I = 0,1 \text{ A}$.

Problemă 2. Pe desen este reprezentată schema circuitului electric, care este compus dintr-o sursă de curent, bec electric și reostat. Cum se va schimba intensitatea curentului în bec, dacă cursorul reostatului se va deplasa la dreapta?



Analiza problemei fizice, rezolvarea. Dacă se va deplasa cursorul reostatului la dreapta, atunci lungimea înfășurării, prin care trece curentul, se va mări ($l \uparrow$). Rezistența conductorului de asemenea se va mări ($R_{\text{reost}} \uparrow$). Respectiv se va mări și rezistența totală a porțiunii de circuit ($R \uparrow$).

Conform legii lui Ohm $I = \frac{U}{R}$. Tensiunea pe porțiunea de circuit nu s-a schimbat ($U = \text{const}$), iar rezistența porțiunii s-a mărit, de aceea intensitatea curentului în porțiune, și deci și în bec se va micșora ($I \downarrow$).

Răspuns: intensitatea curentului în bec se va micșora.

Facem totalurile

Rezistența R a conductorului este direct proporțională cu lungimea lui l , invers proporțională cu aria secțiunii transversale S a lui și depinde de substanța, din care este confecționat conductorul: $R = \rho \frac{l}{S}$, unde ρ – rezistență specifică a substanței.

Rezistența specifică a substanței – aceasta-i mărimea fizică, care caracterizează proprietățile electrice ale substanței date și numeric este egală cu rezistența conductorului, confecționat din ea cu lungimea de 1 m și aria secțiunii transversale de 1 m².

Pentru reglarea intensității curentului în circuit se folosesc reostatele – dispozitive, rezistența cărora poate fi schimbată. În practică se aplică reostate cu culisor, cu pârghie (cu secții) și altele.



Întrebări pentru control

1. Demonstrați, că conductorul opune rezistență curentului electric.
2. Cum se poate demonstra, că rezistența conductorului este direct proporțională cu lungimea lui?
3. Depinde oare rezistența conductorului de aria secțiunii lui transversale? Dacă depinde atunci cum?
4. După care formulă se determină rezistența conductorului?
5. Ce este rezistența specifică a substanței?
6. Prin care proprietăți ale substanței se determină posibilitatea aplicării ei pentru confecționarea rețelei electrice?
7. Ce este reostatul?
8. Ce tipuri de reostate voi cunoașteți? Prin ce ele se deosebesc unul de altul?
9. Descrieți construcția și principiul de funcționare a reostatului cu culisor.
10. Cum se notează reostatul cu culisor în schemă?



Exercițiul Nr. 30

1. În fig. 1 sunt reprezentate conductoarele, care au aceeași arie a secțiunii transversale, dar sunt confecționate din substanțe diferite (fier, cupru, plumb). Determinați, din ce substanță este confecționat fiecare conductor, dacă se știe, că rezistențele lor sunt aceleași.
2. Calculați rezistența conductorului din cupru cu lungimea de 2 m, dacă aria secțiunii lui transversale constituie 6,8 mm².
3. Cum se vor schimba rezistența reostatului și intensitatea curentului în circuit (fig. 2), dacă cursorul reostatului se va deplasa la dreapta?
4. Care trebuie să fie lungimea unui conductor din nicrom cu aria secțiunii transversale de 0,2 mm², pentru ca la o tensiune la capetele lui de 4,4 V intensitatea curentului în el să constituie 0,4 A?
5. O sârmă, care are rezistența de 25 Ohm a fost tăiată în jumătate și jumătățile au fost împletite. Cum și de câte ori s-a schimbat rezistența sârmei? Explicați răspunsul.
6. În timpul trecerii curentului electric printr-o sârmă de aluminiu cu lungimea de 100 m tensiunea la capetele ei constituie 7 V. Cu ce este egală masa sârmei, dacă intensitatea curentului în ea este de 10 A?
7. Folosindu-vă de fig. 3, descrieți principiul de funcționare al reostatului cu fișe.



Fig. 1

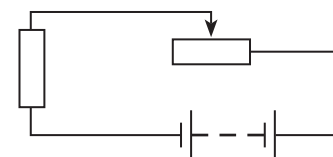


Fig. 2

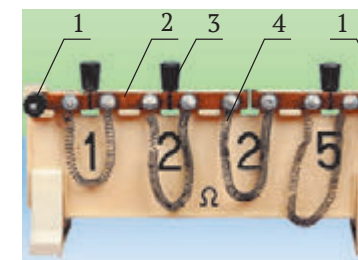


Fig. 3. Reostatul cu fișe (magazin de rezistențe):
 1 – cleme;
 2 – placă de cupru;
 3 – fișă; 4 – spirală



Însărcinare experimentală

Confecționați din sârmă de metal un rezistor, care are rezistența de 0,2 Ohm. Descrieți acțiunile voastre. Indicați diametrul și lungimea sârmei utilizate, metalul, din care ea este confecționată.



LUCRAREA DE LABORATOR NR. 3



Tema. Măsurarea rezistenței conductorului cu ajutorul ampermetrului și voltmetrului.

Scopul: de a se învăța a determina rezistența conductorului cu ajutorul ampermetrului și voltmetrului; de a se convinge pe baza experienței în aceea, că rezistența conductorului nu depinde de intensitatea curentului în el și de tensiunea la capetele lui.

Utilajul: sursă de curent, rezistor, reostat cu culisor, ampermetru, voltmetru, cheie, conductoare de conexiune.

INDICAȚII LA LUCRARE

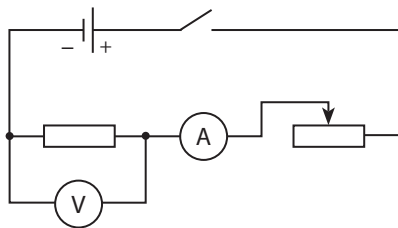
II Pregătirea pentru experiment

- Înainte de a efectua lucrarea, convingeți-vă, că voi știți:
 - cerințele securității în timpul lucrului cu circuitele electrice;
 - regulile, pe care trebuie să le respectați, executând măsurările cu ajutorul ampermetrului și voltmetrului.
- Determinați valoarea unei diviziuni a scărilor voltmetrului și ampermetrului.

► Experimentul

Respectați strict instrucțiunile tehnicii securității (vezi forțașul manualului). Rezultatele măsurătorilor introduceți-le direct în tabel.

- Montați circuitul electric după schema dată.



- Amplasați culisorul reostatului la mijlocul înfășurării.
- Închideți circuitul și măsurați tensiunea la capetele reostatului și intensitatea curentului în el.
- Deplasând lin cursorul reostatului, măriți intensitatea curentului în circuit. Notați indicațiile voltmetrului și ampermetrului.
- Deplasați cursorul reostatului în partea opusă, mai măsurați de două ori tensiunea și intensitatea curentului în el.

► Prelucrarea rezultatelor experimentului

- Calculați rezistența reostatului pentru fiecare caz.
- Rezultatele calculelor introduceți-le în tabel.

| Numărul experienței | Intensitatea curentului I , A | Tensiunea U , V | Rezistența R , Ohm |
|---------------------|---------------------------------|-------------------|----------------------|
| 1 | | | |

□ Analiza experimentului și a rezultatelor lui

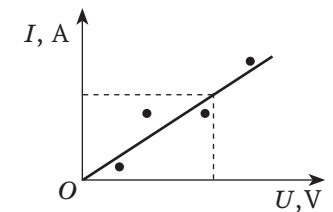
Analizând experimentul și rezultatele lui, formulați concluzia, în care să indicați:

- care mărime fizică și cu ajutorul căror aparate v-ați învățat a măsura;
- depinde oare mărimea măsurată de intensitatea curentului în rezistor și de tensiunea la capetele lui;
- ce factori au influențat asupra preciziei măsurării.

+ Însărcinare creativă

Conform datelor obținute în urma experienței construiți graficul – caracteristica volt-amperică a rezistorului. După grafic determinați valoarea rezistenței conductorului.

Atrageți atenția: din cauza erorii măsurătorii punctele pot să nu aparțină unei drepte, care trece prin originea coordonatelor ($U = 0$, $I = 0$). În acest caz construiți graficul astfel, încât el să treacă prin $(0, 0)$ și din ambele părți ale graficului să fie aproximativ același număr de puncte experimentale. Pentru aflarea rezistenței rezistorului folosiți orice punct al graficului obținut (vezi desenul).



* Însărcinare «cu steață»

Considerând, că erorile absolute ale măsurării intensității curentului și tensiunii sunt egale cu valoarea diviziunii scării aparatului respectiv, determinați pentru experimentul 1:

- eroarea relativă a măsurării intensității curentului: $\varepsilon_I = \frac{\Delta I}{I}$;
- eroarea relativă a măsurării tensiunii: $\varepsilon_U = \frac{\Delta U}{U}$;
- eroarea relativă a măsurării rezistenței: $\varepsilon_R = \varepsilon_I + \varepsilon_U$;
- eroarea absolută a măsurării rezistenței: $\Delta R = \varepsilon_R \cdot R$.

§ 31. LEGAREA ÎN SERIE A CONDUCTORILOR

Imaginați-vă un player fără butonul «Conectare/deconectare», adică un astfel de aparat care poate fi, de exemplu, deconectat numai atunci, când se scoate din corpul lui acumulatorul. Nu-i așa că este foarte incomod? Însă lipsa întrerupătorului – aceasta-s numai incomodități în utilizare, dar iată conectarea incorectă a întrerupătorului în circuitul electric poate duce la urmări serioase (playerul se poate defecta). Despre aceea, cum trebuie de conectat întrerupătoarele la dispozitive și aparate și ce particularități are așa o legătură, voi veți afla din acest paragraf.

1 Studiem proprietățile caracteristice ale circuitului, care este compus din conductori legați în serie

Circuitul electric reprezentat în fig. 31.1, nu are ramificații: elementele circuitului sunt situate consecutiv unul după altul. O astfel de legătură se numește *în serie*. Cu legarea în serie voi deja v-ați întâlnit (vezi fig. 26.3, 27.6), iar acum o vom examina mai detaliat.

Atrageți atenția: dacă unul dintre conductorii, legați în serie va ieși din funcțiune, atunci în restul de asemenea nu va trece curentul, deoarece *circuitul va fi deschis*.

Deoarece circuitul cu legarea în serie a conductorilor nu are ramificații, sarcina care trece într-un anumit timp t prin secțiunea transversală a fiecăruia dintre conductori este aceeași:

$$q = q_1 = q_2,$$

unde q – sarcina totală, care a trecut prin circuit; q_1 – sarcina, care a trecut prin secțiunea transversală a spiralei rezistorului; q_2 – sarcina, care a trecut prin secțiunea transversală a firului de incandescență a becului.

Împărțind această expresie la t , vom obține: $\frac{q}{t} = \frac{q_1}{t} = \frac{q_2}{t}$.

Din definiția intensității curentului: $\frac{q}{t} = I$, deci avem: $I = I_1 = I_2$.

■ În cazul legării în serie a conductorilor intensitatea totală a curentului în circuit și intensitatea curentului în fiecare conductor este aceeași:

$$I = I_1 = I_2$$

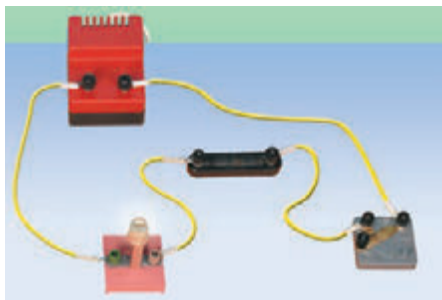


Fig. 31.1. Legarea în serie a câțiva conductori

$$U = \frac{A}{q}.$$

Cercetările noastre teoretice ușor pot fi verificate cu ajutorul experienței (fig. 31.2).

Pentru a clarifica, prin ce corelație sunt legate tensiunea totală U pe două conductoare legate în serie și tensiunile U_1 și U_2 pe primul și al doilea conductor respectiv, ne vom aminti formula pentru calculul tensiunii:

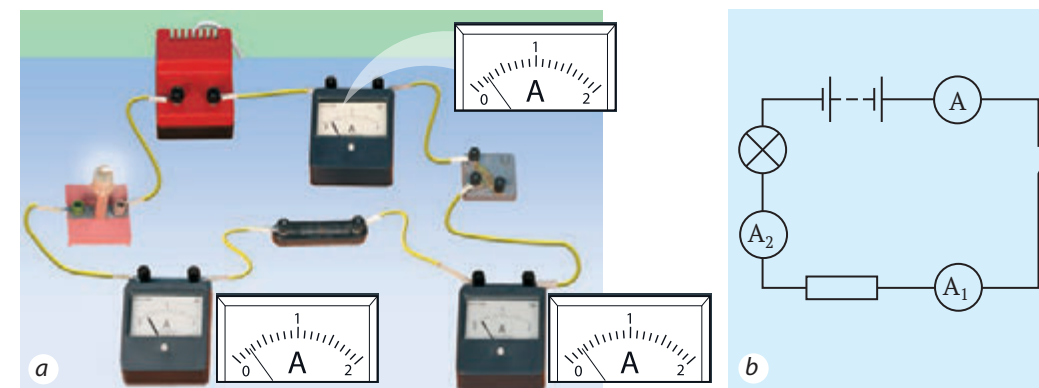


Fig. 31.2. Măsurarea intensității curentului în diferite porțiuni ale circuitului electric, care este compus din conductori, legați în serie: *a* – aspectul general al circuitului electric; *b* – schema. Intensitatea curentului în toate conductoarele este aceeași

Dacă câmpul electric efectuează lucrul A_1 de deplasare a sarcinii q în primul conductor și A_2 – în al doilea conductor, atunci, evident că pentru deplasarea sarcinii prin ambele conductoare trebuie să fie efectuat lucrul

$A = A_1 + A_2$. Împărțind ambele părți ale egalității la q , vom obține: $\frac{A}{q} = \frac{A_1}{q} + \frac{A_2}{q}$.

Din definiția tensiunii $\frac{A}{q} = U$, deci, $U = U_1 + U_2$.

■ Tensiunea totală U pe doi conductori legați în serie este egală cu suma tensiunii U_1 pe primul conductor și a tensiunii U_2 pe al doilea conductor:

$$U = U_1 + U_2$$

Concluzia obținută poate fi verificată pe cale experimentală (fig. 31.3).

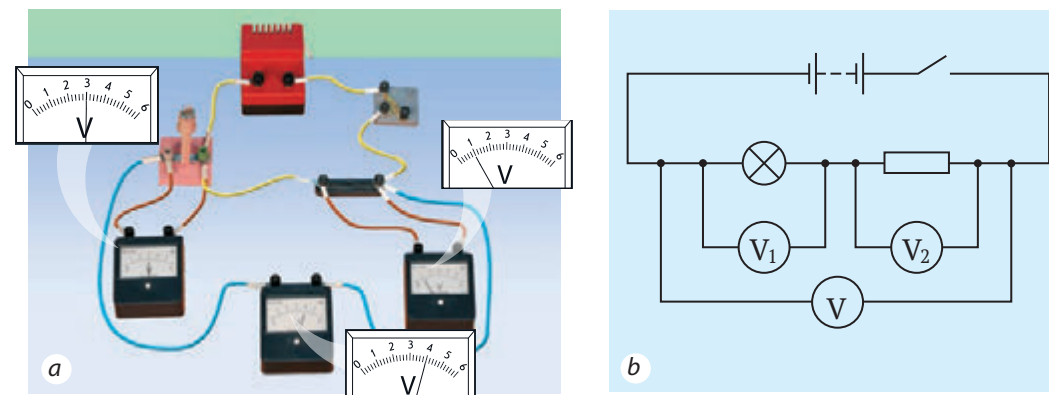


Fig. 31.3. Măsurarea tensiunii pe diferite porțiuni ale circuitului electric, care este compus din conductori legați în serie: *a* – aspectul general al circuitului electric; *b* – schema. Tensiunea totală pe porțiunea de circuit, care conține un bec și un rezistor, legați în serie, este egală cu suma tensiunii pe bec și a tensiunii pe rezistor

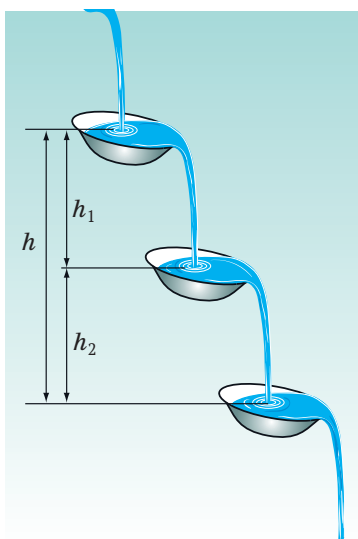


Fig. 31.4. Modelul mecanic al legării în serie a conductorilor

Corelațiile obținute pentru intensitatea curentului și tensiune se adevăresc pentru orice cantitate de conductori legați în serie:

$$I = I_1 = I_2 = \dots = I_n ;$$

$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n ,$$

unde n – numărul de conductori.

❗ Pentru a înțelege mai bine proprietățile legării în serie a conductorilor, folosiți-vă de analogia mecanică (fig. 31.4); paralelele respective faceți-le de sine stătător.

2 Deducem formula pentru calculul rezistenței

Pentru calculul rezistenței totale R a porțiunii de circuit, care este compusă din doi conductori cu rezistențele R_1 și R_2 legați în serie ne vom folosi de corelația $U = U_1 + U_2$.

Aplicând legea lui Ohm, putem scrie această corelație sub forma:

$$IR = I_1 R_1 + I_2 R_2 .$$

Deoarece în cazul legării în serie $I_1 = I_2 = I$, vom obține: $IR = IR_1 + IR_2$, sau $IR = I(R_1 + R_2)$. După simplificare prin I definitiv avem:

$$R = R_1 + R_2$$

Dacă porțiunea de circuit este compusă din câțiva conductori legați în serie, atunci rezistența totală a porțiunii este egală cu suma rezistențelor conductorilor, luați aparte:

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n ,$$

unde n – numărul de conductori.

Analizând ultima formulă se pot trage următoarele concluzii:

- rezistența totală a conductorilor, legați în serie, este mai mare decât rezistența fiecăruia dintre acești conductor;
- rezistența totală a conductorilor, legați în serie, care au aceeași rezistență poate fi calculată după formula:

$$R = n \cdot R_0 ,$$

unde n – numărul de conductori; R_0 – rezistența fiecărui conductor.

3 Ne învățăm a rezolva probleme

Problemă. Trei rezistoare cu rezistențele de 2 Ohm, 3 Ohm și 7 Ohm sunt legate în serie. Care este rezistența acestei porțiuni de circuit? Determinați tensiunea pe fiecare rezistor și intensitatea curentului în porțiunea dată, dacă pe porțiune este furnizată o tensiune de 36 V. Rezistența conductoarelor neglijați-o.

Analiza problemei fizice. În condiția problemei este dată rezistența fiecăruia din cele trei rezistoare, de aceea putem afla rezistența totală a porțiunii de circuit. Aplicând legea lui Ohm, vom afla intensitatea curentului în circuit. Știind, că intensitatea curentului în porțiunea de circuit, care este compusă din conductori legați în serie, peste tot este aceeași, vom calcula tensiunea pe fiecare rezistor.

Se dă:
 $R_1 = 2 \text{ Ohm}$
 $R_2 = 3 \text{ Ohm}$
 $R_3 = 7 \text{ Ohm}$
 $U = 36 \text{ V}$

Căutarea modelului matematic, rezolvarea

$$R = R_1 + R_2 + R_3 = 2 \text{ Ohm} + 3 \text{ Ohm} + 7 \text{ Ohm} = 12 \text{ Ohm} .$$

$$\text{În conformitate cu legea lui Ohm: } I = \frac{U}{R} = \frac{36 \text{ V}}{12 \text{ Ohm}} = 3 \text{ A} .$$

$$I_1 = I_2 = I_3 = I, \text{ de aceea } I_1 = 3 \text{ A}; I_2 = 3 \text{ A}; I_3 = 3 \text{ A} .$$

$$U_1 = I_1 R_1 = 3 \text{ A} \cdot 2 \text{ Ohm} = 6 \text{ V}; U_2 = I_2 R_2 = 3 \text{ A} \cdot 3 \text{ Ohm} = 9;$$

$$U_3 = I_3 R_3 = 3 \text{ A} \cdot 7 \text{ Ohm} = 21 \text{ V} .$$

Analiza rezultatelor. Tensiunea totală pe porțiunea circuitului: $U = U_1 + U_2 + U_3 = 6 \text{ V} + 9 \text{ V} + 21 \text{ V} = 36 \text{ V}$. Acest rezultat coincide cu valoarea tensiunii date în condiția problemei, deci, problema este rezolvată corect.

$$\text{Răspuns: } R = 12 \text{ Ohm}; U_1 = 6 \text{ V}; U_2 = 9 \text{ V}; U_3 = 21 \text{ V}; I = 3 \text{ A} .$$



Facem totalurile

Circuitul electric, care este compus din conductori, legați în serie nu are ramificații. Conductorii sunt conectați în circuit consecutiv, unul după altul. Deconectarea unuia dintre consumatori provoacă întreruperea circuitului.

Dacă porțiunea de circuit este compusă din n conductori legați în serie, atunci se adevăresc următoarele corelații:

– intensitatea curentului în întreaga porțiune de circuit și în fiecare conductor este aceeași: $I = I_1 = I_2 = \dots = I_n$;

– tensiunea totală pe întreaga porțiune de circuit este egală cu suma tensiunilor pe conductori, luați aparte: $U = U_1 + U_2 + \dots + U_n$;

– rezistența totală a porțiunii de circuit este mai mare decât rezistența fiecărui conductor și se calculează după formula $R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$.

– rezistența totală a conductorilor legați în serie, care au aceeași rezistență, se poate calcula după formula $R = n \cdot R_0$, unde R – rezistența totală a porțiunii; n – numărul de conductori; R_0 – rezistența fiecăruia dintre n conductori.

Întrebări pentru control



1. Ce particularitate are circuitul, care este compus din conductori, legați în serie? 2. Explicați de ce întrerupătorul totdeauna se leagă în serie cu consumatorul. 3. O porțiune de circuit este compusă din conductori legați în serie. Care este corelația dintre intensitatea totală a curentului în porțiunea de circuit și intensitatea curentului în fiecare conductor? între tensiunea totală pe porțiunea de circuit și tensiunea pe fiecare conductor? 4. Cum de calculat rezistența totală a circuitului, care este compus din conductori legați în serie? 5. Cum se va schimba rezistența totală a porțiunii de circuit, dacă la ea se va mai conecta în serie un conductor?

Exercițiul Nr. 31



Rezolvând problemele, neglijați rezistența conductoarelor de conexiune.

1. O porțiune de circuit constă din două rezistoare identice cu rezistența de 2 Ohm fiecare, legate în serie. Care este rezistența totală a porțiunii? Ce tensiune este furnizată pe porțiune, dacă intensitatea curentului în ea constituie 0,5 A? Care este tensiunea pe fiecare rezistor?
2. Rezistența totală a două becuri și a unui reostat, legați în serie, este egală cu 65 Ohm. Desenați schema electrică a acestei porțiuni de circuit. Determinați rezistența reostatului, dacă rezistența fiecărui bec este de 15 Ohm.
3. Porțiunea de circuit (fig. 1) conține două becuri electrice, legate în serie, rezistențele cărora constituie: $R_1 = 120 \text{ Ohm}$; $R_2 = 130 \text{ Ohm}$. Care este indicația voltmetrului, dacă tensiunea în porțiune este egală cu 100 V?
4. Rezistența unuia dintre două rezistoare legate în serie constituie 650 Ohm. Aflați rezistența celui de-al doilea rezistor, dacă intensitatea curentului în el este de 80 mA, iar tensiunea totală pe ambele rezistoare este egală cu 72 V.
5. Porțiunea de circuit (fig. 2) conține trei rezistoare, legate în serie, rezistențele cărora constituie: $R_1 = 5 \text{ Ohm}$; $R_2 = 8 \text{ Ohm}$; $R_3 = 15 \text{ Ohm}$. Care este indicația ampermetrului și cu ce este egală tensiunea între punctele A și B, dacă voltmetrul indică 1,6 V?

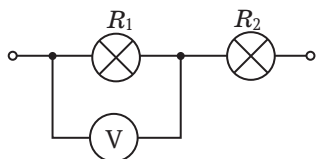


Fig. 1

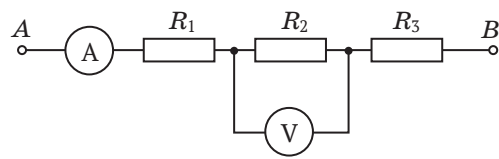


Fig. 2

6. Poate oare fi becul lanternei de buzunar, care este prevăzut pentru intensitatea curentului de 0,3 A, introdus în rețeaua de iluminat în serie cu un bec, care este prevăzut pentru tensiunea de 220 V și are rezistența de 1100 Ohm? Explicați-vă răspunsul.
7. Orice voltmetru este prevăzut pentru măsurarea tensiunii, ce nu depășește o anumită limită. Însă dacă la voltmetru se va lega în serie o rezistență suplimentară (R_s) – rezistor (fig. 3), atunci limita măsurării voltmetrului se va mări. Aceasta se întâmplă de aceea, că tensiunea măsurată U

se împarte în două părți: o parte (U_V) îi revine voltmetrului, iar a doua (U_S) – rezistorului: $U = U_V + U_S$.

Determinați, rezistor de ce rezistență trebuie să fie legat în serie cu voltmetrul școlar cu rezistența de 900 Ohm, pentru a-i mări limita lui de măsurare de 5 ori? (De exemplu, voltmetrul indică 6 V, iar tensiunea pe încălzitor este de 30 V.) Gândiți-vă, unde vouă vă pot fi de folos deprinderile, obținute în timpul rezolvării acestei probleme?



8. Un cub cu masa de 240 g a căzut de pe raftul dulapului mai întâi pe masă, iar apoi pe podea (fig. 4). Cum s-a schimbat energia cubului în procesul căderii? Ce lucru a efectuat forța de greutate în fiecare etapă a căderii? în tot timpul căderii?

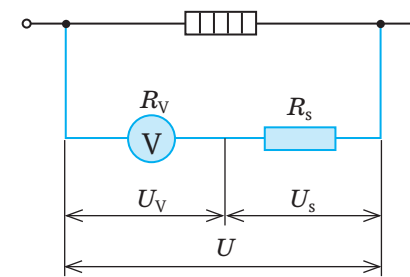


Fig. 3

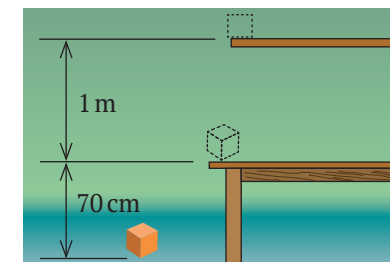


Fig. 4



Însărcinare experimentală

Confecționați un dispozitiv, prevăzut pentru verificarea cunoștințelor (fig. 5). Pentru aceasta efectuați următoarele acțiuni.

1. Pe o coală de carton tare lipiți în două coloane 10–16 fâșii dreptunghiulare din hârtie.
2. Pe fâșiile, situate în coloana din stânga, scrieți întrebările.
3. Pe fâșiile din coloana din dreapta scrieți răspunsurile, astfel încât perechea «întrebare – răspuns corect» să nu se afle într-un rând.
4. Alături de fiecare dreptunghi introduceți în carton o pioneză cu ac lung.
5. Cu ajutorul sârmelor uniți pionezele pe partea opusă a cartonului astfel, ca să se formeze perechile «întrebare – răspuns corect» (fig. 6), și montați circuitul electric.
6. Verificați cunoștințele colegilor de clasă, rugându-i să se atingă cu capetele libere ale firelor de borna cu întrebarea și borna cu răspunsul. Dacă răspunsul este corect, atunci becul trebuie să se aprindă.

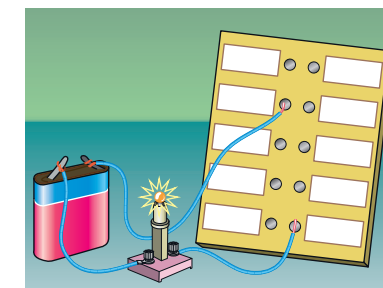


Fig. 5

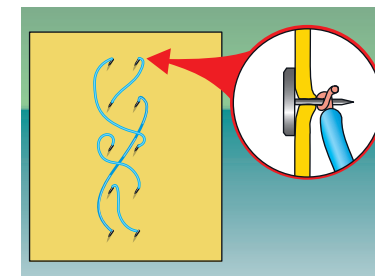


Fig. 6

LUCRAREA DE LABORATOR NR. 4



Tema. Cercetarea circuitului electric cu legarea în serie a conductorilor.

Scopul: de a verifica pe cale experimentală, că în cazul legării în serie a doi conductori sunt adevărate egalitățile: $I = I_1 = I_2$; $U = U_1 + U_2$; $R = R_1 + R_2$.

Utilajul: sursă de curent, voltmetru, ampermetru, cheie, două rezistoare, conductoare de conexiune.

INDICAȚII LA LUCRARE

|| Pregătirea pentru experiment

1. Înainte de a efectua lucrarea, convingeți-vă, că voi știți măsurile de securitate în timpul lucrului cu circuitele electrice.
2. Desenați schema circuitului electric, compus din două rezistoare, o cheie și o sursă de curent, legate în serie.
3. Alcătuiți și scrieți planul efectuării experimentului. Dacă ezitați, atunci folosiți-vă de planul, expus mai jos.

▶▶ Experimentul

Respectați strict instrucțiunile tehnicii securității (vezi forzațul manualului).

Experimentul 1. Compararea intensității curentului în diferite porțiuni ale circuitului, care conține numai legarea în serie a conductorilor.

1. Montați circuitul electric după schema desenată de voi.
2. Măsurați intensitatea curentului, conectând ampermetrul mai întâi între sursa de curent și primul rezistor (I_1), apoi între cheie și al doilea rezistor (I_2), iar apoi între cheie și sursa de curent (I). Desenați schemele circuitelor electrice respective.
3. Rezultatele măsurătorilor introduceți-le în tabelul 1 și faceți concluzia.

Tabelul 1

| I_1, A | I_2, A | I, A | Concluzie |
|----------|----------|--------|-----------|
| | | | |

Experimentul 2. Compararea tensiunii totale pe porțiunea de circuit, care este compusă din rezistoare legate în serie, și suma tensiunilor pe rezistoarele, luate aparte.

1. În circuitul, montat pentru efectuarea experimentului 1, măsurați tensiunea mai întâi pe primul rezistor (U_1), apoi pe al doilea rezistor (U_2), iar apoi pe ambele rezistoare (U). Desenați schemele circuitelor electrice respective.

2. Rezultatele măsurătorilor introduceți-le în tabelul 2. Terminați completarea tabelului și faceți concluzia.

Tabelul 2

| U_1, B | U_2, B | U, B | $(U_1 + U_2), B$ | Concluzie |
|----------|----------|--------|------------------|-----------|
| | | | | |

▶ Prelucrarea rezultatelor experimentului

1. Folosind rezultatele experimentelor 1 și 2, calculați rezistența primului rezistor (R_1), a celui de-al doilea rezistor (R_2) și rezistența porțiunii de circuit, care conține ambele rezistoare (R).
2. Rezultatele calculelor introduceți-le în tabelul 3. Terminați completarea tabelului, faceți concluzia.

Tabelul 3

| R_1, Ohm | R_2, Ohm | R, Ohm | $(R_1 + R_2), Ohm$ | Concluzie |
|------------|------------|----------|--------------------|-----------|
| | | | | |

□ Analiza experimentului și a rezultatelor lui

Analizând experimentul și rezultatele lui, formulați concluzia, în care să indicați:

- 1) ce corelații pentru legarea în serie a conductorilor voi ați verificat și ce rezultate ați obținut;
- 2) ce factori puteau să influențeze asupra preciziei rezultatelor primite de voi.

+ Însărcinare creativă

Scrieți planul efectuării experienței, cu ajutorul căruia se poate determina rezistența rezistorului, dacă voi aveți un voltmetru, sursă de curent, rezistor de rezistență cunoscută și conductoare de conexiune. Efectuați experiența respectivă.

*** Însărcinare «cu steață»**

Considerând, că eroarea absolută a măsurării tensiunii este egală cu valoarea diviziunii scării voltmetrului, determinați pentru experimentul 2:

- 1) eroarea relativă a măsurării tensiunii pe primul rezistor: $\varepsilon_{U_1} = \frac{\Delta U}{U_1}$;
- 2) eroarea relativă a măsurării tensiunii totale: $\varepsilon_U = \frac{\Delta U}{U}$;
- 3) eroarea relativă a experimentului: $\varepsilon = \left| 1 - \frac{U_1 + U_2}{U} \right| \cdot 100\%$.

§ 32. LEGAREA ÎN PARALEL A CONDUCTORILOR

În practică deseori apare necesitatea de-a conecta la circuitul electric concomitent câțiva consumatori. Astfel, circuitul electric de iluminare a clasei numaidacă conține câteva becuri, și totodată ieșirea din funcțiunea a unui bec aproape că nu influențează asupra lucrului celorlalte becuri. Fizicienii într-un astfel de caz spun, că becurile sunt legate în paralel. Dar iată cum de calculat intensitatea curentului, tensiunea și rezistența în cazul legării în paralel a conductorilor?

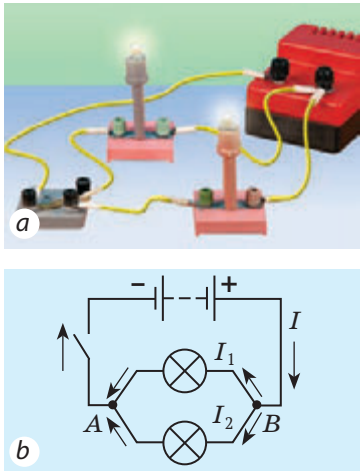


Fig. 32.1. Legarea în paralel a câțiva consumatori de curent: a - aspectul exterior; b - schema; prin săgeți este indicată direcția curentului

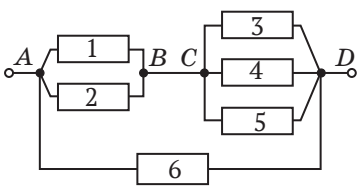


Fig. 32.2. Schema porțiunii de circuit, care conține legarea în paralel a conductorilor. Sunt legați în paralel: rezistoare 1 și 2 (nodurile A și B), rezistoare 3, 4 și 5 (nodurile C și D); rezistorul 6 este legat în paralel cu porțiunea AD (nodurile A și D)

1 Studiem circuitul, care este compus din conductori legați în paralel

Să cercetăm circuitul electric, care conține două becuri legate în paralel (fig. 32.1, a). Adresându-ne la schema acestui circuit (fig. 32.1, b), vedem: în primul rând, pentru trecerea curentului în circuit sunt două căi – două ramuri, fiecare dintre care conține un bec; în al doilea rând, ambele ramuri au o pereche de puncte comune – A și B. Astfel de puncte se numesc puncte nodale (noduri)*. În punctele nodale are loc ramificarea circuitului. Ramificarea este criteriul caracteristic al circuitului cu legarea în paralel a conductorilor.

Schema circuitului poate conține nu una, dar câteva perechi de puncte nodale. Totodată toți conductorii, ce sunt legați la orice pereche de puncte nodale se consideră legați în paralel (fig. 32.2).

2 Clarificăm cum de calculat intensitatea curentului și tensiunea în cazul legării în paralel a conductorilor

Pentru a măsura tensiunea pe fiecare din conductorii legați în paralel este suficient de măsurat tensiunea între punctele nodale. Astfel, conectând voltmetrul la perechea de puncte nodale A și B (fig. 32.3), imediat măsurăm tensiunea și pe porțiunea AB și pe fiecare bec.

Tensiunea totală pe porțiune și tensiunea pe fiecare dintre conductorii legați în paralel este aceeași:

$$U = U_1 = U_2 = \dots = U_n,$$

unde n – numărul de conductori.

Deja s-a menționat, că în cazul legării în paralel a conductorilor sunt câteva căi pentru trecerea curentului electric (vezi fig. 32.1, b). Într-adevăr, curentul, ajungând până la ramificare (punctul nodal B), se scurge prin două ramuri. Deoarece sarcina în punctul nodal nu se acumulează, reiese că sarcina q , care «a ajuns» în nod într-un anumit interval de timp t , este egală cu suma sarcinilor ($q_1 + q_2$), care «au ieșit» din acest nod în același interval de timp: $q = q_1 + q_2$. Împărțind ambele părți ale egalității la t , vom obține: $\frac{q}{t} = \frac{q_1}{t} + \frac{q_2}{t}$. Deoarece $\frac{q}{t} = I$, obținem:

$$I = I_1 + I_2$$

Corelația expusă se adevărește pentru orice număr de conductori, legați în paralel.

În cazul legării în paralel a conductorilor intensitatea curentului în porțiunea neramificată a circuitului este egală cu suma intensităților curenților în ramificări (în ramurile luate aparte):

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n,$$

unde n – numărul de conductori.

Această afirmație poate fi demonstrată pe cale experimentală, conectând în circuitul electric, ce este reprezentat în fig. 32.1, trei ampermetre: unul (A) în porțiunea neramificată a circuitului, iar celelalte două (A_1 și A_2) – în fiecare din ramificări (fig. 32.4).

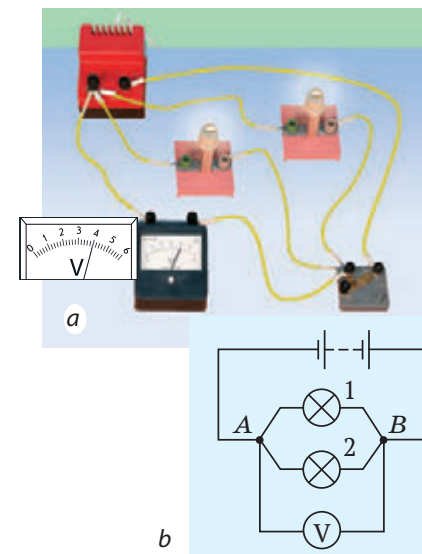


Fig. 32.3. Măsurarea tensiunii în cazul legării în paralel a conductorilor: a - aspectul exterior; b - schema. Voltmetrul indică tensiunea pe becul 1, becul 2 și pe toată porțiunea AB

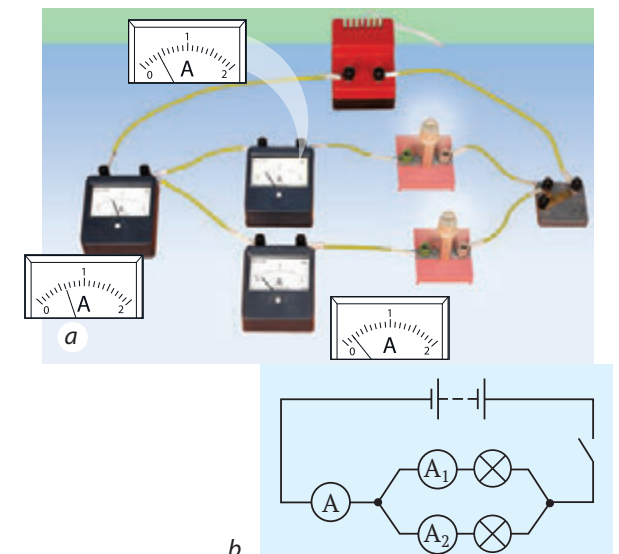


Fig. 32.4. Măsurarea intensității curentului în cazul legării în paralel a conductorilor: intensitatea curentului în porțiunea neramificată a circuitului, ce este măsurată de ampermetrul A, este egală cu suma intensităților curenților, care sunt măsurate de ampermetrele A_1 și A_2 în fiecare ramură a ramificării

* Punct nodal (nod) pe schema circuitului electric este numit așa un punct, în care se unesc nu mai puțin de trei fire.

Atrageți atenția: dacă unul dintre becurile legate în paralel va ieși din funcțiune, atunci celelalte vor continua să lumineze, deoarece prin filamentele lor de incandescență totuna va trece curentul.

? Ați putea oare acum să explicați, de ce consumatorii de energie electrică în locuința voastră sunt legați în paralel?

3 Deducem formula pentru calculul rezistenței totale a porțiunii de circuit cu legarea în paralel a conductorilor

Pentru calculul rezistenței totale R a porțiunii de circuit AB (vezi fig. 32.1), care este compusă din becuri legate în paralel, ne vom folosi de corelația:

$$I = I_1 + I_2.$$

Notând rezistențele becurilor cu R_1 și R_2 și folosind legea lui Ohm, putem transcrie această corelație sub forma: $\frac{U}{R} = \frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2}$.

Deoarece în cazul legării în paralel a conductorilor $U_1 = U_2 = U$, obținem: $\frac{U}{R} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2}$. După simplificarea prin U definitiv obținem:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

Din ultima expresie obținem formula pentru calculul rezistenței porțiunii de circuit, care este compusă din doi conductori, legați în paralel:

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

În cazul general rezistența R a porțiunii de circuit, care este compus din conductori legați în paralel poate fi calculată, folosind formula:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Analizând ultima formulă, se pot face concluziile:

- rezistența totală a conductorilor, legați în paralel este mai mică decât rezistența fiecăruia dintre acești conductori;
- rezistența totală a conductorilor, legați în paralel, care au aceeași rezistență, poate fi calculată după formula:

$$R = \frac{R_0}{n},$$

unde R_0 – rezistența fiecărui conductor; n – numărul de conductori.

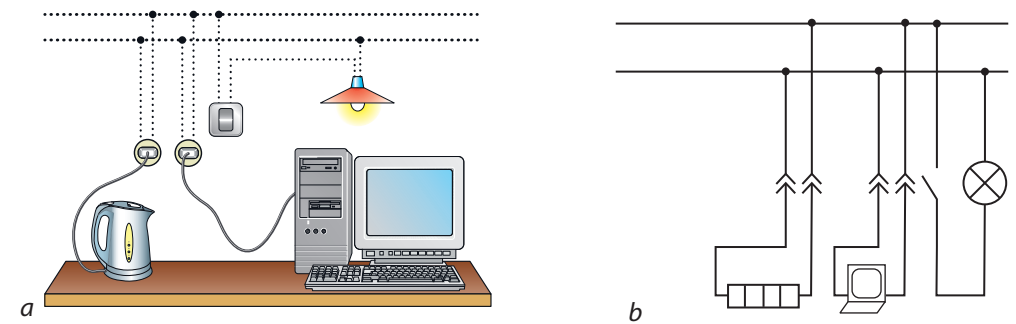


Fig. 32.5. O parte a rețelei electrice a unui apartament: *a* – aspectul exterior, *b* – reprezentarea schematică. În practică rețeaua electrică este ascunsă în pereți

? Aflați rezistența porțiunii de circuit, care conține cinci conductori cu rezistența de 15 kOhm fiecare, dacă conductorii sunt legați: în paralel; în serie. Care este intensitatea curentului în fiecare conductor, dacă porțiunii îi este furnizată o tensiune de 300 V?

4 Aflăm despre unele fapte importante

Sperăm, că voi ați răspuns corect la întrebarea din p. 2 al acestui paragraf și ați ajuns la următoarea concluzie. Diverse dispozitive electrice casnice sunt conectate în rețeaua electrică în paralel, deoarece: 1) numai în cazul unei astfel de conectări pe fiecare dispozitiv va fi acea tensiune, pentru care el este prevăzut, și anume 220 V; 2) deconectarea unuia dintre consumatori nu va provoca deconectarea celorlalți.

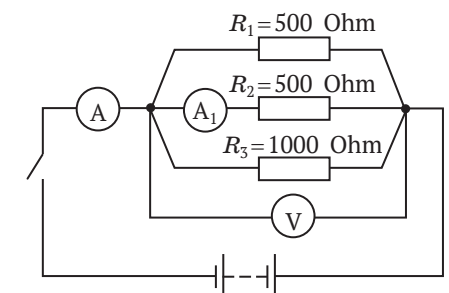
În fig. 32.5 este reprezentată o parte din rețeaua electrică a unui apartament. Liniile orizontale – firele rețelei electrice. Aceste fire ascunse în pereți cuprind tot apartamentul. Tensiunea dintre fire constituie 220 V.

5 Ne învățăm a rezolva probleme

Problemă 1. În figură este reprezentată schema circuitului electric. Determinați indicațiile ampermetrelor, dacă voltmetrul indică 12 V. Rezistențele rezistoarelor sunt indicate în figură.

Analiza problemei fizice. Schema dată a circuitului electric are ramificații, așadar, circuitul conține legătură în paralel a conductorilor.

Ampermetrul A este conectat înainte de ramificare, iar ampermetrul A_1 – în ramificare, care conține rezistorul 2. Deci trebuie de aflat intensitatea totală a curentului în circuit și intensitatea curentului în rezistorul 2. Valorile mărimilor căutate le vom determina, aplicând legea lui Ohm și formulele pentru calculul intensității curentului și tensiunii pentru cazul legării în paralel a conductorilor.



Se dă:
 $U = 12 \text{ V}$
 $R_1 = 500 \text{ Ohm}$
 $R_2 = 500 \text{ Ohm}$
 $R_3 = 1000 \text{ Ohm}$

Să se afle:
 $I - ?$
 $I_2 - ?$

Căutarea modelului matematic, rezolvarea
 În cazul legării în paralel a conductorilor $U_1 = U_2 = U_3 = U$, de aceea $U_1 = 12 \text{ V}$; $U_2 = 12 \text{ V}$; $U_3 = 12 \text{ V}$.
 Conform legii lui Ohm: $I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{12 \text{ V}}{500 \text{ Ohm}} = 0,024 \text{ A}$;
 $I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{12 \text{ V}}{500 \text{ Ohm}} = 0,024 \text{ A}$; $I_3 = \frac{U_3}{R_3} = \frac{12 \text{ V}}{1000 \text{ Ohm}} = 0,012 \text{ A}$.

Intensitatea curentului în partea neramificată a circuitului:
 $I = I_1 + I_2 + I_3 = 0,024 \text{ A} + 0,024 \text{ A} + 0,012 \text{ A} = 0,06 \text{ A}$.

Analiza rezultatelor. Conform legii lui Ohm rezistența totală a circuitului:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{12 \text{ V}}{0,06 \text{ A}} = \frac{1200 \text{ V}}{6 \text{ A}} = 200 \text{ Ohm}.$$

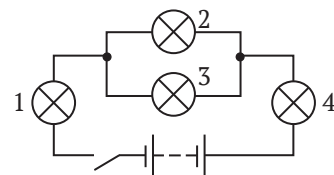
În cazul legării în paralel a conductorilor:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{500 \text{ Ohm}} + \frac{1}{500 \text{ Ohm}} + \frac{1}{1000 \text{ Ohm}} = \frac{5}{1000 \text{ Ohm}}$$

De aici $R = \frac{1000 \text{ Ohm}}{5} = 200 \text{ Ohm}$.

Rezultatele au coincis, deci, problema este rezolvată corect.

Răspuns: indicația ampermetrului A – 60 mA; indicația ampermetrului A₁ – 24 mA.



Problemă 2. Patru becuri identice sunt unite așa, cum este reprezentat în figură, și sunt conectate la o sursă de tensiune constantă. Determinați intensitatea curentului în fiecare bec, dacă tensiunea sursei constituie 30 V, iar rezistența fiecărui bec – 6 Ohm.

Analiza problemei fizice. Circuitul conține **legare mixtă a conductorilor**: becurile 2 și 3 sunt legate în paralel; becurile 1 și 4 – în serie cu porțiunea de circuit, care este compusă din becurile 2 și 3. Folosind legea lui Ohm și corelațiile pentru intensitatea curentului, tensiunii și rezistenței la legările în serie și în paralel a conductorilor, vom determina valorile mărimilor căutate.

Se dă:
 $U = 30 \text{ V}$
 $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 6 \text{ Ohm}$

Să se afle:
 $I_1 - ?$ $I_2 - ?$
 $I_3 - ?$ $I_4 - ?$

Căutarea modelului matematic, rezolvarea
 Becurile 2 și 3 sunt legate în paralel și au aceeași rezistență, de aceea $R_{2,3} = \frac{R_2}{2} = \frac{6 \text{ Ohm}}{2} = 3 \text{ Ohm}$. Rezistența totală a circuitului:

$$R = R_1 + R_{2,3} + R_4 = 6 \text{ Ohm} + 3 \text{ Ohm} + 6 \text{ Ohm} = 15 \text{ Ohm}.$$

Conform legii lui Ohm intensitatea totală a curentului:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{30 \text{ V}}{15 \text{ Ohm}} = 2 \text{ A}.$$

Deoarece $I_1 = I_{2,3} = I_4 = I$, reese că $I_1 = 2 \text{ A}$; $I_{2,3} = 2 \text{ A}$; $I_4 = 2 \text{ A}$.

$$U_{2,3} = I_{2,3} R_{2,3} = 2 \text{ A} \cdot 3 \text{ Ohm} = 6 \text{ V}. U_2 = U_3 = U_{2,3} \Rightarrow U_2 = 6 \text{ V}; U_3 = 6 \text{ V}.$$

$$I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{6 \text{ V}}{6 \text{ Ohm}} = 1 \text{ A}; I_3 = \frac{U_3}{R_3} = \frac{6 \text{ V}}{6 \text{ Ohm}} = 1 \text{ A}.$$

Analiza rezultatelor. Pe de o parte intensitatea totală a curentului în porțiunea, ce constă din becurile 2 și 3 este egală cu 2 A, iar pe de altă parte, $I_{2,3} = I_2 + I_3 = 1 \text{ A} + 1 \text{ A} = 2 \text{ A}$. Rezultatele au coincis, deci, problema este rezolvată corect.

Răspuns: $I_1 = I_4 = 2 \text{ A}$; $I_2 = I_3 = 1 \text{ A}$.

Atrageți atenția: : în cazul calculării *circuitelor complicate cu legare mixtă a conductorilor e comod să se simplifice schema pas cu pas*. De exemplu, în problema 2 această simplificare pas cu pas va avea forma, reprezentată în fig. 32.6, a. Simplificarea pas cu pas a unei scheme mai complicate este reprezentată în fig. 32.6, b.

Facem totalurile

Porțiunea de circuit, care este compusă din conductorii legați în paralel, număidecât are ramificări. Conductorii se consideră uniți în paralel, dacă ei sunt conectați la o pereche de puncte nodale.

Deconectarea unuia dintre conductorii, uniți în paralel practic nu influențează asupra lucrului celorlalți.

Dacă porțiunea de circuit constă din n conductori, uniți numai în paralel, atunci se adevăresc următoarele afirmații:

- tensiunea pe fiecare conductor și pe toată porțiunea este aceeași: $U = U_1 = U_2 = \dots = U_n$;
- intensitatea curentului în porțiunea neramificată a circuitului este egală cu suma intensităților curenților în ramificări: $I = I_1 + I_2 + \dots + I_n$;
- Simplificarea pas cu pas a schemei electrice în timpul rezolvării problemelor la legarea mixtă a conductoarelor $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$.

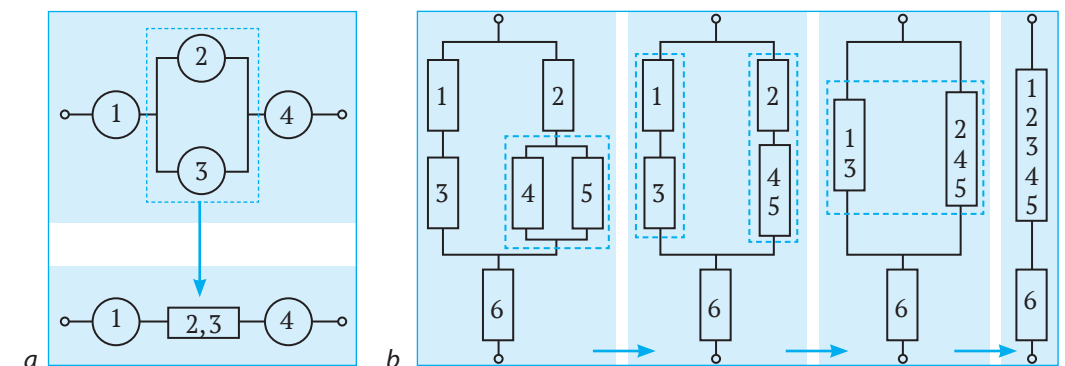


Fig. 32.6. Simplificarea pas cu pas a schemei electrice în timpul rezolvării problemelor la legarea mixtă a conductoarelor



Întrebări pentru control

1. Numiți criteriul specific al circuitului, ce conține legătura în paralel a conductorilor. 2. Comparați tensiunea pe toată porțiunea circuitului, care conține conductori, uniți în paralel și tensiunile pe fiecare conductor. 3. Ce corelație există între intensitatea curentului în porțiunea neramificată a circuitului și intensitatea curentului în fiecare ramură a ramificării? 4. Cu ajutorul cărei formule se poate calcula rezistența porțiunii de circuit, care este compusă din câțiva conductori uniți în paralel? 5. De ce consumatorii de energie electrică din locuința voastră sunt uniți în paralel?



Exercițiul Nr. 32

1. Un circuit electric este compus dintr-o baterie de acumuloare și trei becuri, unite în paralel. Desenați schema acestui circuit.

2. În fig. 1 este reprezentată schema unei porțiuni a circuitului electric. Se știe, că rezistența R_1 constituie 100 Ohm, rezistența R_2 – 150 Ohm, indicația ampermetrului – 2,4 A. Determinați tensiunea pe această porțiune.

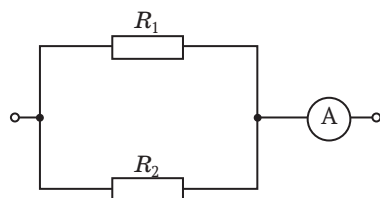


Fig. 1

3. Două becuri electrice au fost unite în paralel și legate la o sursă de curent, la care tensiunea constituie 120 V. Determinați intensitatea curentului în fiecare bec și în porțiunea neramificată a circuitului, dacă rezistența unui bec este egală cu 200 Ohm, iar a celuilalt – 300 Ohm.

4. Sârme de aceeași lungime și secțiune transversală – de fier, de cupru și de argint – au fost unite în paralel și conectate la o sursă de curent. În care sârmă intensitatea curentului va fi cea mai mare?

5. Determinați rezistența totală a porțiunii de circuit reprezentate în fig. 32.6, b, dacă $R_1 = R_6 = 7$ Ohm; $R_2 = 1$ Ohm; $R_3 = 5$ Ohm; $R_4 = 12$ Ohm; $R_5 = 4$ Ohm. Care va fi intensitatea totală a curentului în porțiunea de circuit, dacă la ea va fi aplicată o tensiune de 4 V?

6. Cu ce este egală tensiunea la polii sursei de curent, care alimentează circuitul (fig. 2), dacă $R_1 = 3$ Ohm; $R_2 = 2$ Ohm; $R_3 = 8$ Ohm? Indicația ampermetrului este de 0,1 A.

7. Rezistențele tuturor rezistoarelor pe porțiunea unui circuit electric (fig. 3) sunt aceleași și sunt egale cu 5 Ohm. La porțiunea de circuit este aplicată o tensiune constantă. Care cheie trebuie închisă, pentru ca indicația aparatului A_2 să fie mai joasă decât indicația aparatului A_1 ? Ce valoare a intensității curentului va indica aparatul A_1 , dacă se va închide cheia K_1 ? Se știe, că aparatul A_2 indică 300 mA, dacă toate cheile sunt deschise.

8. Voi aveți 4 rezistoare cu rezistențele R_0 fiecare. Câte rezistențe diferite și care anume voi puteți obține, aplicând concomitent toate rezistoarele?

9. Pentru a măsura o intensitate a curentului, mai mare decât aceea pentru care este prevăzut ampermetrul, se poate folosi de același ampermetru. În paralel cu ampermetrul trebuie de legat un rezistor – șunt; (fig. 4). În

cazul folosirii șuntului curentul se împarte în două părți: o parte trece prin ampermetru, a doua – prin șunt: $I = I_A + I_{\text{ș}}$.

Șunt de ce rezistență trebuie să fie legat în paralel cu ampermetrul cu rezistența de 0,07 Ohm, pentru a mări limita lui de măsurare de la 2 A până la 10 A?

10. Compuneți o problemă după fig. 32.2 și rezolvați-o.

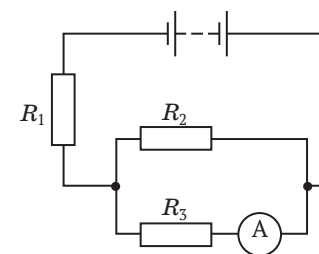


Fig. 2

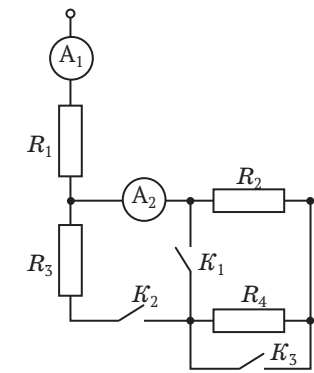


Fig. 3

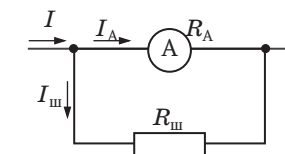


Fig. 4

LUCRAREA DE LABORATOR NR. 5



Tema. Cercetarea circuitului electric cu legarea în paralel a conductorilor.

Scopul: de a verifica pe cale experimentală, că intensitatea curentului în porțiunea neramificată a circuitului este egală cu suma intensităților curentilor din ramificații; de a demonstra, că rezistența totală a conductoarelor, legați în paralel, este mai mică decât rezistența fiecăruia dintre ei.

Utilajul: o sursă de curent, un voltmetru, un ampermetru, cheie, două becuri electrice pe suporturi, conductoare de conexiune.

INDICAȚII LA LUCRARE

II Pregătirea pentru experiment

- Înainte de a efectua lucrarea, convingeți-vă, că voi știți cerințele de securitate în timpul lucrului cu circuitele electrice.
- Desenați schema circuitului electric, compus din două becuri legate în paralel, care prin cheie sunt conectate la sursa de curent.
- Alcătuți și scrieți planul efectuării experimentului. Dacă nu sunteți siguri, atunci folosiți-vă de planul propus.

► Experimentul

Respectați strict instrucțiunile tehnicii securității (vezi forțașul manualului). Rezultatele măsurătorilor introduceți-le direct în tabel.

1. Montați circuitul electric după schema desenată de voi.
2. Conectând ampermetrul în porțiunea corespunzătoare a circuitului, măsurați intensitatea curentului I , ce trece prin porțiunea neramificată a circuitului, apoi intensitatea curentului I_1 , care trece prin filamentul becului 1 și intensitatea curentului I_2 , care trece prin filamentul becului 2.
3. Măsurați tensiunea U la becuri.
4. Desenați schemele circuitelor electrice respective.

► Prelucrarea rezultatelor experimentului

Folosind rezultatele măsurărilor, calculați rezistența R_1 a filamentului pentru becul 1; rezistența R_2 a filamentului becului 2; rezistența R a porțiunii de circuit, care conține ambele becuri. Rezultatele calculelor introduceți-le în tabelul

| I , A | I_1 , A | I_2 , A | U , V | R_1 , Ohm | R_2 , Ohm | R , Ohm |
|---------|-----------|-----------|---------|-------------|-------------|-----------|
| | | | | | | |

□ Analiza experimentului și a rezultatelor lui

Analizând experiența și rezultatele ei, formulați concluzia, în care să indicați:

- 1) ce corelații pentru legarea în paralel a conductorilor voi ați verificat și ce rezultate ați obținut;
- 2) ce factori puteau să influențeze asupra preciziei rezultatelor obținute.

+ Însărcinare creativă

Scrieți planul efectuării experienței, cu ajutorul căruia se poate determina rezistența rezistorului, dacă aveți un ampermetru, o sursă de curent, un rezistor de rezistență cunoscută și conductoare de conexiune. Efectuați experiența respectivă.

* Însărcinare «cu steluță»

Considerând, că în timpul efectuării lucrării de laborator eroarea absolută a măsurării intensității curentului era egală cu valoarea diviziunii scării ampermetrului, determinați:

- 1) eroarea relativă a măsurării intensității curentului în becul 1: $\varepsilon_{I_1} = \frac{\Delta I}{I_1}$;
- 2) eroarea relativă a măsurării intensității totale a curentului: $\varepsilon_I = \frac{\Delta I}{I}$;
- 3) eroarea relativă a experimentului: $\varepsilon = \left| 1 - \frac{I_1 + I_2}{I} \right| \cdot 100\%$.

PARTEA 2. LUCRUL ȘI PUTEREA CURENTULUI ELECTRIC. CURENTUL ELECTRIC ÎN DIFERITE MEDII

§ 33. LUCRUL ȘI PUTEREA CURENTULUI ELECTRIC

Fiecare dintre voi a văzut contorul electric, iar unii chiar ați luat indicațiile lui. Dar cum voi credeți, ce mărime fizică măsoară acest aparat? Pentru a verifica presupunerile sale, faceți cunoștință cu conținutul acestui paragraf.

1 Clarificăm, valoarea cărei mărimi fizice se determină cu ajutorul contorului electric

În fig. 33.1 este reprezentat contorul electric. Memorizăm sau scriem cifrele, fixate pe indicatorul aparatului (fig. 33.1, a), cu alte cuvinte, luăm indicațiile contorului. Ce înseamnă aceste cifre? Evident, că aceasta este valoarea numerică a unei mărimi fizice. Dar a cărei?

Pentru început să determinăm unitatea de măsură a acestei mărimi. Alături de panoul electronic este scris: kW·h. Așadar, mărimea fizică, valoarea căreia este indicată de contorul electric se măsoară în kilowatt-ore. Se știe, că $1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}$ și $1 \text{ h} = 3600 \text{ s}$, iar $1 \text{ W} = 1 \frac{\text{J}}{\text{s}}$. Astfel, $1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 1000 \frac{\text{J}}{\text{s}} \cdot 3600 \text{ s} = 3\,600\,000 \text{ J}$, sau $1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$. Una dintre mărimile fizice, ce se măsoară în jouli, – aceasta-i lucrul. Așadar, se poate admite, cu contorul electric se măsoară *lucrul curentului*. Pentru a ne convinge în aceasta, vom introduce în circuitul contorului electric un încălzitor electric. Peste un anumit timp din nou luăm indicațiile contorului (fig. 33.1, b). Vedem, că ele s-au mărit. Curentul



Fig. 33.1. Notarea indicațiilor contorului: a – datele inițiale (382 kW·h); b – datele contorului peste un anumit timp de lucru al încălzitorului electric (385 kW·h). Cantitatea energiei electrice consumate în acest timp: 385 – 382 = 3 (kW·h)

electric, trecând prin spirala încălzitorului, a efectuat un lucru, pe care l-a fixat contorul electric.

■ **Contorul electric** – acesta-i aparatul pentru măsurarea directă a lucrului curentului.

(Costul stabilit al unei unități de lucru este numit tariful pentru energia electrică. De exemplu, la 1 ianuarie a. 2021 tariful pentru energia electrică pentru populația din Ucraina constituia 1,68 grn pentru 1 kW·h.)

2 Calculăm lucrul curentului

Să clarificăm, dacă se poate oare măsura lucrul curentului prin altă metodă, fără a folosi contorul electric.

Din materialul § 28 ați aflat, că tensiunea U la capetele unei porțiuni de circuit electric se determină după formula $U = \frac{A}{q}$. Așadar, lucrul curentului electric A de deplasare a sarcinii electrice q pe o anumită porțiune poate fi aflat după formula $A = Uq$. Exprimând sarcina q prin intensitatea curentului I și timpul t a treceri ei: $q = It$, – obținem formula pentru calculul lucrului curentului electric pe porțiunea dată a circuitului:

$$A = UI t$$

Așadar, pentru a determina lucrul, pe care îl efectuează curentul într-un anumit consumator (pe o anumită porțiune a circuitului electric), e suficient de măsurat intensitatea curentului în consumator, tensiunea, care este furnizată pe consumator și timpul trecerii curentului (fig. 33.2). Voi deja știți, că astfel de măsurători se numesc *indirecte*.

? Folosind formula 33.2, măsați lucrul curentului electric în bec în decursul a 30 s.

Atrageți atenția: din formula pentru calculul lucrului curentului electric rezultă, că $1 \text{ J} = 1 \text{ V} \cdot \text{A} \cdot \text{s}$, – această corelație o să vă fie de folos pentru verificarea unităților în timpul rezolvării problemelor.

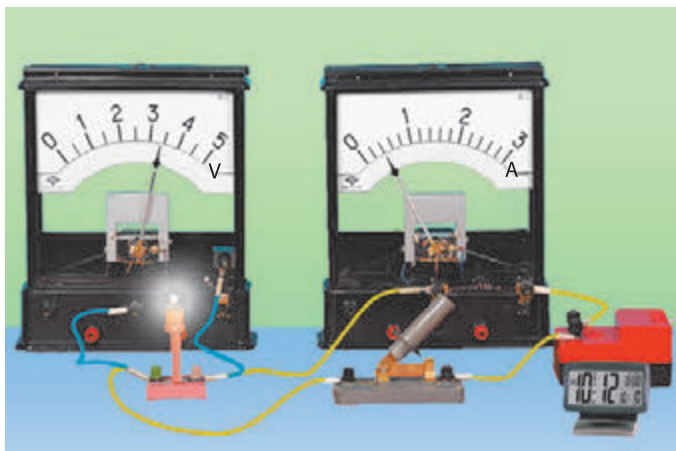


Fig. 33.2. Pentru a măsura lucrul curentului se pot folosi aparatele de măsură bine cunoscute vouă: ampermetrul, voltmetrul și ceasornicul

3 Calculăm puterea curentului

Puterea curentului electric – mărimea fizică, ce caracterizează viteza cu care curentul efectuează un lucru și este egală cu raportul lucrului A către timpul t , în care acest lucru a fost efectuat:

$$P = \frac{A}{t},$$

unde P – puterea curentului electric, A – lucrul curentului în timpul t .

Deoarece $A = UI t$, reiese că

$$P = UI$$

Unitatea de măsură a puterii în SI – **wattul**: $1 \text{ W} = 1 \frac{\text{J}}{\text{s}}$.

Din formula pentru calculul puterii curentului electric rezultă: $1 \text{ W} = 1 \text{ V} \cdot \text{A}$; 1 W – aceasta-i puterea curentului cu intensitatea de 1 A pe o porțiune de circuit cu tensiunea de 1 V.

Wattul – unitate de măsură a puterii comparativ mici. În practică deseori se folosesc unitățile multiple ale puterii: *kilowattul* (1 kW = 10^3 W), *megawattul* (1 MW = 10^6 W), *gigawattul* (1 GW = 10^9 W).

4 Ne învățăm să deosebim puterile nominală și reală ale consumatorilor

Adresându-ne la formula pentru calculul puterii curentului ($P = UI$), vom vedea, că puterea curentului poate fi determinată, folosind ampermetrul și voltmetrul (de înmulțit tensiunea și intensitatea curentului, luând indicațiile acestor aparate). Există de asemenea aparate pentru măsurarea *directă* a puterii curentului electric – *wattmetrele*.

Măsurând puterea curentului în consumator, noi determinăm **puterea reală** a lui. Puterea, care este indicată în pașaportul aparatului electric (sau nemijlocit pe aparat), este numită **putere nominală**.

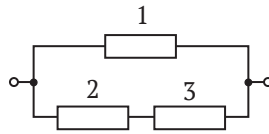
În pașaportul aparatului electric de obicei se indică și tensiunea, pentru care este prevăzut aparatul. Însă tensiunea în rețea se poate schimba puțin. De exemplu, ea se poate mări – respectiv se va mări și intensitatea curentului. Mărirea intensității curentului și tensiunii va duce la mărirea puterii curentului în consumator. Adică *valorile puterilor reală și nominală a consumatorului pot să difere*.

Dacă circuitul este compus din câțiva consumatori, atunci, calculând puterea lor reală trebuie de ținut minte, că *pentru orice mod de legare a consumatorilor puterea totală a curentului în tot circuit este egală cu suma puterilor consumatorilor luați aparte*.

Finalizând cunoașterea puterii curentului electric, ne vom adresa din nou la fig. 33.1. Pe contor sunt indicate valorile a încă două mărimi fizice: 220 V; 15 A. Prima dintre ele indică, în circuitul cu ce fel de tensiune trebuie de conectat contorul, a doua – intensitatea curentului maximă posibilă în el. Înmulțind aceste valori, vom obține *puterea maximală admisă a consumatorilor, care pot fi conectați prin acest contor electric* ($UI = P_{\text{max}}$).

5 Ne învățăm a rezolva probleme

Problemă 1. O porțiune a circuitului electric este compusă din trei rezistoare identice (vezi des.). Determinați puterea totală pe care o consumă rezistoarele, dacă rezistența fiecăruia dintre ele este egală cu 5 Ohm, iar tensiunea pe porțiune constituie 10 V.



Analiza problemei fizice. Se poate rezolva problema prin două metode:

- 1) de calculat puterea pe care o consumă fiecare rezistor, iar apoi de aflat suma puterilor obținute;
- 2) de determinat intensitatea totală a curentului în porțiunea dată și, cunoscând tensiunea totală, de calculat puterea totală a tuturor rezistoarelor.

| | |
|--|--|
| Se dă: $R_1 = R_2 = R_3 = 5 \text{ Ohm}$ $U = 10 \text{ V}$ | <i>Căutarea modelului matematic, rezolvarea</i> Metoda 1 Porțiunea de circuit, ce conține rezistoarele 2 și 3, este conectată cu rezistorul 1 în paralel, de aceea $U_1 = U_{2,3} = U = 10 \text{ V}$. Conform legii lui Ohm $I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{10 \text{ V}}{5 \text{ Ohm}} = 2 \text{ A}$. Conform formulei pentru calculul puterii: $P_1 = U_1 I_1 = 10 \text{ W} \cdot 2 \text{ A} = 20 \text{ W}$. |
| Să se afle: $P - ?$ | |

Deoarece rezistoarele 2 și 3 sunt legate în serie, reiese că $R_{2,3} = R_2 + R_3 = 5 \text{ Ohm} + 5 \text{ Ohm} = 10 \text{ Ohm}$; $I_2 = I_3 = I_{2,3} = \frac{U_{2,3}}{R_{2,3}} = \frac{10 \text{ V}}{10 \text{ Ohm}} = 1 \text{ A}$.

Aplicând legea lui Ohm, vom afla tensiunea pe rezistoarele 2 și 3 și vom calcula puterile, pe care ele le consumă:

$$U_2 = I_2 R_2 = 1 \text{ A} \cdot 5 \text{ Ohm} = 5 \text{ V}, P_2 = U_2 I_2 = 5 \text{ V} \cdot 1 \text{ A} = 5 \text{ W};$$

$$U_3 = I_3 R_3 = 1 \text{ A} \cdot 5 \text{ Ohm} = 5 \text{ V}, P_3 = U_3 I_3 = 5 \text{ V} \cdot 1 \text{ A} = 5 \text{ W}.$$

Astfel, $P = P_1 + P_2 + P_3 = 20 \text{ W} + 5 \text{ W} + 5 \text{ W} = 30 \text{ W}$.

Metoda 2

Mai întâi vom afla rezistența totală R a porțiunii de circuit.

Rezistoarele 2 și 3 sunt legate în serie, de aceea:

$$R_{2,3} = R_2 + R_3 = 5 \text{ Ohm} + 5 \text{ Ohm} = 10 \text{ Ohm}.$$

Porțiunea de circuit, ce conține rezistoarele 2 și 3, este conectată la rezistorul 1 în paralel, deci:

$$R = \frac{R_{2,3} \cdot R_1}{R_{2,3} + R_1} = \frac{10 \text{ Ohm} \cdot 5 \text{ Ohm}}{15 \text{ Ohm}} = \frac{10}{3} \text{ Ohm}.$$

Conform legii lui Ohm $I = \frac{U}{R} = 10 \text{ V} : \frac{10}{3} \text{ Ohm} = 3 \text{ A}$. În concordanță cu formula pentru calculul puterii: $P = UI = 10 \text{ V} \cdot 3 \text{ A} = 30 \text{ W}$.

Analiza rezultatului. Rezolvând problema prin metode diferite, am obținut aceeași valoare a puterii, deci, problema este rezolvată corect.

Răspuns: $P = 30 \text{ W}$.

Problemă 2. Locomotiva electrică se mișcă uniform cu viteza de $16 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Motorul dezvoltă o forță de tracțiune de 300 kN. Determinați randamentul motorului, dacă tensiunea în rețeaua electrică este de 3 kV, intensitatea curentului, consumat de motor, – 2 kA.

Analiza problemei fizice. Randamentul arată ce parte din lucrul efectuat de curentul, ce trece prin înfășurarea electromotorului constituie lucrul util (lucrul mecanic de deplasare a locomotivei electrice). Vom afla randamentul, aplicând formula pentru calculul lucrului mecanic și a lucrului curentului.

| | |
|---|---|
| Se dă: $v = 16 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ $F = 3 \cdot 10^5 \text{ N}$ $U = 3 \cdot 10^3 \text{ V}$ $I = 2 \cdot 10^3 \text{ A}$ | <i>Căutarea modelului matematic, rezolvarea</i> Conform definiției randamentului $\eta = \frac{A_{\text{util}}}{A_{\text{total}}}$. $A_{\text{util}} = Fl$ – lucrul mecanic de deplasare a locomotivei electrice la distanța l . Locomotiva electrică se mișcă uniform, de aceea $l = vt$. Astfel, $A_{\text{util}} = Fvt$. Lucrul curentului în motorul locomotivei electrice: $A_{\text{total}} = UIt$. Substituind expresiile pentru A_{util} și A_{total} în formula pentru calculul randamentului, vom obține: $\eta = \frac{Fvt}{UIt} = \frac{Fv}{UI}$ Verificăm unitatea de măsură, determinăm valoarea mărimii căutate: $[\eta] = \frac{\text{N} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}}{\text{V} \cdot \text{A}} = \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{V} \cdot \text{A} \cdot \text{s}} = \frac{\text{J}}{\text{J}} = 1; \quad \eta = \frac{3 \cdot 10^5 \cdot 16}{3 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 10^3} = 0,8.$ <i>Analiza rezultatului.</i> Randamentul este egal cu 80% – pentru motoarele electrice rezultatul este real. Răspuns: $\eta = 80\%$. |
| Să se afle: $\eta - ?$ | |



Facem totalurile

Pe o porțiune de circuit curentul electric efectuează un lucru, valoarea căruia este egală cu produsul dintre tensiunea U , intensitatea curentului I și timpul t a trecerii curentului prin circuit: $A = UIt$.

Unitatea de măsură a lucrului curentului electric în SI este joulele (J): $1 \text{ J} = 1 \text{ V} \cdot \text{A} \cdot \text{s}$. În electrotehnică este folosită unitatea derivată de măsură a lucrului curentului – kilowatt-oră (kW·h); $1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$.

Aparatele pentru măsurarea directă a lucrului curentului se numesc contoare de energie electrică.

Mărimea fizică, care caracterizează viteza efectuării de către curent a lucrului se numește putere a curentului electric. Puterea curentului electric se calculează după formula $P = UI$. Unitatea de măsură a puterii curentului electric în SI – wattul (W): $1 \text{ W} = 1 \frac{\text{J}}{\text{s}} = 1 \text{ V} \cdot \text{A}$.

Puterea, pentru care este prevăzut aparatul electric se numește putere nominală. De obicei puterea nominală este indicată în pașaportul aparatului electric. Puterea curentului care este prezentă în aparat de fapt este numită putere reală.



Întrebări pentru control

1. După care formulă se calculează lucrul curentului electric? 2. Numiți unitățile de măsură ale lucrului curentului electric, pe care le cunoașteți. 3. Demonstrați, că $1 \text{ kW}\cdot\text{h} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$. 4. Cum se măsoară lucrul curentului electric? 5. Ce se numește putere a curentului electric? 6. După care formulă se poate calcula puterea curentului. 7. Ce se numește putere nominală a aparatului electric? 8. Ce este puterea reală a aparatului electric?



Exercițiul Nr. 33

1. Folosind indicațiile contorului electric (vezi des.), determinați energia electrică consumată și calculați costul ei conform tarifului 1,68 grn pentru $1 \text{ kW}\cdot\text{h}$.



- Conform Standardelor de stat ale calității energiei electrice din Ucraina, variația tensiunii nominale în locuințe nu trebuie să depășească $\pm 10 \%$ din tensiunea de 220 V. În ce limite trebuie să fie tensiunea în locuința voastră?
- Demonstrați, că $1 \text{ V}\cdot\text{A}\cdot\text{s} = 1 \text{ J}$.
- Calculați lucrul, pe care îl efectuează curentul electric în 15 min de lucru a motorului electric al unei jucării pentru copii, dacă tensiunea la motor este de 10 V, iar intensitatea curentului în înfășurarea motorului – 0,8 A.
- Doi conductori cu rezistențele de 10 și 25 Ohm sunt conectați într-o rețea, în care tensiunea este de 100 V. Determinați, ce lucru va efectua curentul electric în fiecare conductor în decursul a 5 min, dacă conductorii vor fi legați: a) în paralel; b) în serie.
- Determinați intensitatea curentului consumat de electromotorul unei macarale, dacă o sarcină cu masa de 1 t macaraua o ridică la înălțimea de 19 m în decurs de 50 s. Randamentul electromotorului constituie 80 %, tensiunea la borne – 380 V.
- Două plite electrice, spiralele cărora au aceleași rezistențe, mai întâi au fost conectate în rețea în serie, iar apoi în paralel. În care caz plitele au consumat o putere mai mare și de câte ori?
- Clarificați puterea a câțiva consumatori de energie electrică din locuința voastră. Calculați costul energiei electrice, pe care o consumă fiecare dispozitiv, dacă va funcționa 20 min. Transcrieți tabelul în caiet și completați-l.

| Denumirea dispozitivului | Puterea P, W | Lucrul curentului A | | Costul, grn. |
|--------------------------|--------------|---------------------|------|--------------|
| | | J | kW·h | |
| | | | | |



9. Stabiliți corespondența dintre situația fizică și formula, care o descrie.

- | | |
|---|---|
| 1 Motorul termic lucrează. | A $A = mgh$ |
| 2 În boiler se încălzește apa. | B $Q = cm\Delta t$ |
| 3 O băltoacă s-a acoperit cu gheață. | C $E_c = \frac{mv^2}{2}$ |
| 4 Din fântână a fost scoasă o căldare cu apă. | D $\eta = \frac{A_{\text{util}}}{Q_{\text{total}}}$ |
| | E $Q = \lambda m$ |



Însărcinare experimentală

«Gospodarul conștiincios». Pe parcursul unei săptămâni urmăriți asupra consumului de energie electrică din locuința voastră. Pentru aceasta zilnic la aceeași oră trebuie de scris indicațiile contorului electric și de calculat, ce cantitate de energie electrică a consumat familia voastră în decursul unei zile (24 ore).

Pe baza rezultatelor măsurătorilor și a calculelor construiți graficul consumului de energie electrică pe parcursul săptămânii. Dați răspuns la următoarele întrebări.

- În care zi a săptămânii cheltuielile energiei electrice au fost cele mai mari? De ce?
- Oare au fost conectați consumatori ai energiei electrice fără necesitate?
- În ce mod se poate economisi energia electrică de către familia voastră?
- Cum ar fi economisit (sau economisește) banii familia voastră, utilizând contorul de energie electrică cu două tarife? (Astfel de contoare înregistrează consumul de energie electrică ziua și noaptea separat).

Fizica și tehnica în Ucraina



Institutul de termoelectrică al ANȘ al Ucrainei și a MEȘ al Ucrainei (Cernăuți) creat în a. 1990. Organizatorul și directorul institutului – academicianul *Luchian Ivanovici Anatâciuc*, savant în domeniul termoelectricității și a tehnologiei materialelor pentru transformatoarele de energie.

Institutul este liderul mondial în domeniul studierii și aplicării practice a termoelectricității – una dintre cele mai perspective direcții ale fizicii contemporane.

Pe baza dezvoltării teoriei de generalizare a transformării termoelectrice a energiei în Institut au fost create o serie de termoelemente noi. Elaborările institutului sunt aplicate nu numai în Ucraina, dar și peste hotare. Așa, institutul a luat parte la elaborarea condiționerelor puternice pentru submarinele Franței. Sunt create module sigure de răcire pentru sistemul cosmic european de microgravitație și module pentru răcirea senzorilor sensibili pentru sistemele de orientare a sateliților europeni ai Pământului. Sunt elaborate blocuri efective pentru frigiderile casnice ca alternativă a agregatelor compresoare cu freon.

Institutul este bază pentru catedra de termoelectrică a Universității Naționale din Cernăuți în numele lui Iurii Fedicovici.

§ 34. ACȚIUNEA TERMICĂ A CURENTULUI. LEGEA LUI JOULE-LENZ

Din experiența proprie vă este bine cunoscut, că în timpul trecerii curentului electric filamentul de incandescență al becului se încălzește într-atât, încât începe să radieze lumină vizibilă. Datorită acțiunii curentului electric se încălzesc fierul de călcat și plita electrică. Dar iată ventilatorul și aspiratorul se încălzesc foarte puțin, de asemenea nu devin foarte fierbinți (se înțelege, dacă totul e bine) și conductoarele de conexiune. Însă de ce depinde acțiunea termică a curentului, voi veți afla, studiind materialul acestui paragraf.

1 Chibzuim despre acțiunea termică a curentului

Deja s-a vorbit despre aceea, că trecerea curentului electric totdeauna este însoțită de degajarea căldurii. Acest fapt este ușor de explicat.

Când prin conductor trece curentul, atunci particulele libere încărcate, mișcându-se sub acțiunea câmpului electric, se ciocnesc cu alte particule și le transmit lor o parte din energia sa. Electronii în metale se ciocnesc cu ionii, situați în nodurile rețelei cristaline, ionii în electroliți – cu alți ioni, atomi sau molecule. Ca urmare viteza medie a mișcării haotice (termice) a particulelor substanței se mărește – conductorul se încălzește. Aceasta înseamnă, că energia cinetică, obținută de către particulele libere încărcate în urma acțiunii câmpului electric, parțial se transformă în energie internă a conductorului.

Evident: cu cât mai des se ciocnesc particulele, adică cu cât e mai mare rezistența conductorului, cu atât mai multă energie se transmite conductorului și cu atât mai mult el se încălzește. Astfel, la, *intensitate constantă a curentului în conductor cantitatea de căldură, care se degajă în timpul trecerii curentului prin el este direct proporțională cu rezistența conductorului.*

În afară de aceasta, o dată cu mărirea intensității curentului în conductor cantitatea de căldură, degajată la fel se mărește. Doar cu cât mai multe particule trec prin secțiunea transversală a conductorului într-o unitate de timp, cu atât mai multe ciocniri au loc.

2 Aflăm despre legea lui Joule-Lenz

Acțiunea termică a curentului a fost studiată pe cale experimentală de către savantul englez *J. Joule* (fig. 34.1) și de către savantul rus *E. H. Lenz* (fig. 34.2). Independent unul de altul ei au ajuns la aceeași concluzie, care ulterior a primit denumirea de **legea lui Joule-Lenz**:

Cantitatea de căldură, care se degajă în timpul trecerii curentului electric în conductor este direct proporțională cu pătratul intensității curentului, rezistența conductorului și timpului trecerii curentului:

$$Q = I^2 R t$$

În fig. 34.3 este reprezentată schema experimentului, care demonstrează legea lui Joule-Lenz. Încercați să descrieți acest experiment de sine stător.

Legea lui Joule-Lenz a fost stabilită pe cale experimentală. Acum, știind formula pentru calculul lucrului curentului ($A = UIt$), această lege poate fi dedusă cu ajutorul calculelor matematice simple.

Dacă pe porțiunea de circuit, prin care trece curentul, nu se efectuează lucru mecanic și nu au loc reacții chimice, atunci rezultatul lucrului curentului electric va fi numai încălzirea conductorului. Conductorul încălzit pe calea transmiterii de căldură cedă energia obținută corpurilor din mediul înconjurător. Așadar, în acest caz conform legii conservării energiei cantitatea de căldură degajată va fi egală cu lucrul curentului: $Q = A$.

Deoarece $A = UIt$, iar $U = IR$, avem:

$$Q = UIt = IRIt = I^2 R t.$$

3 Atragem atenția la unele particularități ale calculului cantității de căldură

Pentru obținerea expresiei matematice a legii lui Joule-Lenz noi am făcut câteva ipoteze. Cercetările au demonstrat, că în orice caz cantitatea de căldură, care se degajă în porțiunea de circuit în urma trecerii curentului poate fi calculată după formula $Q = I^2 R t$.

Apare întrebarea: ce-i de făcut, dacă intensitatea curentului este necunoscută, dar este cunoscută tensiunea de la capetele porțiunii de circuit? S-ar părea, că ne putem folosi de legea lui Ohm. Într-adevăr, $Q = I^2 R t$, iar $I = \frac{U}{R}$. Atunci

$$Q = \left(\frac{U}{R}\right)^2 R t = \frac{U^2}{R^2} R t.$$

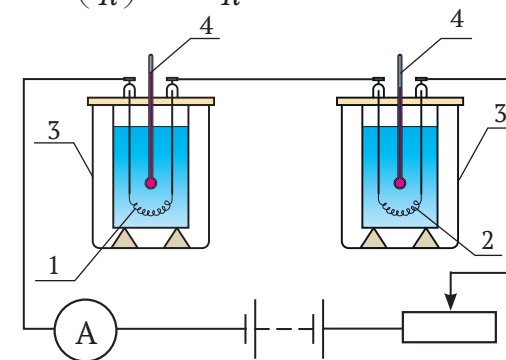


Fig. 34.3. Schema experimentului, care demonstrează legea lui Joule – Lenz: 1, 2 – încălzitori electrici (rezistența încălzitorului 1 este mai mare decât rezistența încălzitorului 2); 3 – calorimetre cu aceeași cantitate de apă; 4 – termometre



Fig. 34.1. James Prescott Joule (1818–1889) – fizician englez, unul dintre fondatorii teoriei moderne a fenomenelor termice. În a. 1841 a stabilit dependența cantității de căldură, care se degajă într-un conductor cu curent, de intensitatea curentului și rezistența conductorului



Fig. 34.2. Emilii Hristianovici Lenz (1804–1865) – fizician rus, profesor al Universității din Petersburg. Independent de J. Joule a descoperit legea acțiunii termice a curentului electric

După simplificarea prin R vom obține:

$$Q = \frac{U^2}{R} t.$$

Însă de această formulă, printre altele, ca și de formula $Q = UIt$, **ne putem folosi** numai în acel caz, când toată energia electrică se consumă pentru încălzire.

Dacă însă pe porțiunea de circuit sunt consumatori de energie, în care se efectuează un lucru mecanic sau au loc reacții chimice, formulele $Q = \frac{U^2}{R} t$ și $Q = UIt$ **nu se pot folosi**. În asemenea cazuri sunt folosite expresii matematice compuse, care iau în considerație toată mulțimea de fenomene.

4 Ne învățăm a rezolva probleme

Problemă. Determinați rezistența încălzitorului, cu ajutorul căruia în 5 min se poate aduce până la fierbere 1,5 kg de apă, luată la temperatura de 12 °C. Tensiunea în rețea este egală cu 220 V, randamentul încălzitorului – 84 %.

Analiza problemei fizice. Când prin încălzitor trece curentul electric, se degajă cantitatea de căldură $Q_{\text{totală}}$. O parte din ea (Q_{util}) se consumă pentru încălzirea apei până la fierbere, adică până la 100 °C.

Exprimând $Q_{\text{totală}}$ și Q_{util} prin mărimile date în condiția problemei, vom afla mărimea căutată. Valoarea capacității termice specifice c a apei o vom găsi în tabelul respectiv (vezi tab. 1 din *Anexă*).

Se dă:
 $\tau = 5 \text{ min} = 300 \text{ s}$
 $m = 1,5 \text{ kg}$
 $t_1 = 12 \text{ }^\circ\text{C}$
 $t_2 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$
 $U = 220 \text{ V}$
 $\eta = 84 \% = 0,84$
 $c = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C}}$

Să se afle:
 $R = ?$

Căutarea modelului matematic, rezolvarea

Conform definiției randamentului încălzitorului avem:

$$\eta = \frac{Q_{\text{util}}}{Q_{\text{totală}}}$$

$$\text{Aici } Q_{\text{util}} = cm(t_2 - t_1); \quad Q_{\text{totală}} = \frac{U^2 \cdot \tau}{R}$$

Substituim expresiile pentru Q_{util} și $Q_{\text{totală}}$ în formula randamentului:

$$\eta = \frac{cm(t_2 - t_1)}{\frac{U^2 \cdot \tau}{R}}, \text{ sau } \eta = \frac{cm(t_2 - t_1) \cdot R}{U^2 \cdot \tau}$$

Din ultima expresie vom afla R :

$$\eta U^2 \cdot \tau = cm(t_2 - t_1) \cdot R \Rightarrow R = \frac{\eta U^2 \cdot \tau}{cm(t_2 - t_1)}$$

Verificăm unitatea de măsură, determinăm valoarea mărimii căutate:

$$[R] = \frac{\text{V}^2 \cdot \text{s}}{\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C}} \cdot \text{kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C}} = \frac{\text{V}^2 \cdot \text{s}}{\text{J}} = \frac{\text{V}^2 \cdot \text{s}}{\text{V} \cdot \text{A} \cdot \text{s}} = \frac{\text{V}}{\text{A}} = \text{Ohm};$$

$$R = \frac{0,84 \cdot 220^2 \cdot 300}{4200 \cdot 1,5 \cdot (100 - 12)} = \frac{84 \cdot 220 \cdot 220 \cdot 3}{420 \cdot 15 \cdot 88} = 22 \text{ (Ohm)}.$$

Răspuns: $R = 22 \text{ Ohm}$.



Facem totalurile

Trecerea curentului prin conductor este însoțită de degajare de căldură. Cantitatea de căldură, care se degajă în conductor în timpul trecerii curentului, este direct proporțională cu pătratul intensității curentului, rezistența conductorului și timpul trecerii curentului: $Q = I^2 R t$ (legea lui Joule – Lenz).

Mai există două formule pentru calculul cantității de căldură: $Q = \frac{U^2 t}{R}$ și $Q = UIt$, – însă aceste formule pot fi folosite numai în cazul, când toată energia electrică se consumă pentru încălzire.



Întrebări pentru control

1. De ce se încălzesc conductorii, prin care trece curentul electric? **2.** Formulați legea lui Joule – Lenz. De ce ea are această denumire? **3.** Cum se scrie matematic legea lui Joule – Lenz? **4.** Ce formule pentru calculul cantității de căldură, ce se degajă în timpul trecerii curentului prin conductor, voi știți? Oare întotdeauna ele pot fi folosite?



Exercițiul Nr. 34

- Ce cantitate de căldură se va degaja în 10 min într-un cuptor electric, dacă rezistența elementului încălzitor al cuptorului constituie 30 Ohm, iar intensitatea curentului în el este egală cu 4 A?
- Două conductoare cu rezistențele de 10 și 20 Ohm sunt conectate în rețeaua electrică, ce are tensiunea de 100 V. Ce cantitate de căldură se va degaja în decursul a 5 s în fiecare conductor, dacă ele sunt legate în paralel?
- De ce firele electrice, prin care se furnizează tensiunea la becul electric, nu se încălzesc, iar filamentul de incandescență al becului se încălzește și luminează strălucitor?
- Un fierbător electric, prin spirala căruia trece curentul cu intensitatea de 2 A în 5 min încălzește 0,2 kg de apă de la 14 °C până la fierbere. Determinați tensiunea furnizată fierbătorului electric. Neglijați pierderile de energie.
- În fiecare dintre două calorimetre s-au turnat 200 g de apă cu temperatura de 20 °C. În primul calorimetru s-a introdus un încălzitor cu rezistența de 24 Ohm, în cel de-al doilea – cu rezistența de 12 Ohm. Încălzitoarele au fost legate în serie și conectate la o sursă de curent (vezi fig. 34.3). Care va fi temperatura apei în fiecare calorimetru, dacă încălzirea durează 7 min, iar intensitatea curentului în circuit tot timpul va fi constantă și va constitui 1,5 A? Neglijați pierderile de energie.
- Ce lungime trebuie să aibă sârma de nicrom, pentru a confecționa un reșou electric, care va funcționa la tensiunea de 120 V și va degaja 1 MJ de căldură pe oră? Diametrul sârmei este de 0,5 mm.
- Comparați cantitățile de căldură, care trebuie de consumat, pentru a topi sârmele din cupru și din oțel, dacă aceste sârme au aceeași masă și sunt luate la temperatura de 27 °C.



§ 35. APARATELE ELECTRICE DE ÎNCĂLZIT. SIGURANȚELE

Datele statistice mărturisesc, că printre pricinile apariției incendiilor al doilea loc după comportarea neatență cu focul îl ocupă aprinderea conductorilor în urma scurtcircuitului. Despre aceea ce este scurtcircuitul și cum de preîntâmpinat aprinderea firelor electrice, dacă totuși a avut loc scurtcircuitul, voi veți afla din acest paragraf.



Fig. 35.1. Pentru a mări degajarea căldurii, suprafața încălzitorului este confecționată din câțiva elemente iar suprafața plăcii electrice este confecționată din metale feroase



Fig. 35.2. Partea principală a oricărui dispozitiv electric de încălzit este elementul încălzitor

1 Studiem dispozitivele electrice de încălzit

Dispozitivele electrice de încălzit se aplică pe larg în agricultură, industrie, transport, gospodăria casnică.

🔗 Vă propunem să dați, de sine stătător, exemple de aplicare a dispozitivelor electrice de încălzit în diferite domenii.

Toate încălzitoarele electrice, folosite în practică au unele trăsături comune, în pofida diversității exterioare.

În primul rând, funcționarea tuturor încălzitoarelor electrice se bazează pe acțiunea termică a curentului: în astfel de dispozitive energia curentului electric se transformă în energie internă a încălzitorului, care, la rândul său, pe calea transmiterii de căldură cedează energia sa mediului înconjurător (fig. 35.1).

În al doilea rând, partea principală a oricărui încălzitor electric este *elementul încălzitor* – conductorul, care se încălzește la trecerea curentului prin el (fig. 35.2). Elementele încălzitoare trebuie să reziste la o temperatură foarte înaltă, de aceea *ele sunt confecționate din materiale greu fuzibile, adică din materiale, ce au o temperatură de topire înaltă* (fig. 35.3). Pentru a evita electrocutarea, elementul încălzitor este izolat de corpul dispozitivului de încălzit.

Conform legii lui Joule – Lenz cantitatea de căldură Q , ce se degajă în elementul încălzitor, se calculează după formula $Q = I^2 R t$, așadar, variind intensitatea curentului în elementul încălzitor, se poate regla temperatura încălzitorului (fig. 35.4).

Firele de legătură și elementul încălzitor sunt legate în serie, de aceea intensitatea curentului în ele este aceeași. Totodată firele de

legătură se încălzesc cu mult mai puțin decât elementul încălzitor. Aceasta înseamnă, că rezistența firelor de legătură este de multe ori mai mică decât rezistența elementului încălzitor. De obicei *elementele încălzitoare sunt confecționate din substanțe cu rezistență specifică mare, iar firele de legătură – din substanțe cu rezistență specifică mică*.

2 Stabilim cauzele creșterii bruște a intensității curentului în circuit

Rezistența firelor electrice de furnizare a curentului este suficient de mică, însă în cazul creșterii considerabile a intensității curentului ele se încălzesc foarte mult, și aceasta poate deveni pricina incendiului.

Să clarificăm, din care cauze se poate mări brusc intensitatea curentului în circuitul electric al unui apartament obișnuit. Pentru aceasta să ne amintim legea lui Ohm: $I = \frac{U}{R}$. Deoarece tensiunea în rețea este constantă, creșterea intensității curentului este posibilă numai cu condiția micșorării rezistenței totale a circuitului. Consumatorii în apartament sunt legați în paralel, de aceea, dacă se vor conecta concomitent câțiva consumatori puternici, rezistența totală a circuitului se va micșora esențial, respectiv intensitatea curentului în circuit se va mări considerabil.

Brusc crește intensitatea curentului în circuit și în cazul *scurtcircuitului* – unirii capetelor porțiunii circuitului cu un conductor, rezistența căruia este foarte mică în comparație cu rezistența porțiunii date. Astfel, scurtcircuitul poate apărea în cazul deteriorării izolației firelor sau în timpul reparației elementelor circuitului electric, care se află sub tensiune (amintim, că aceasta este pericol de moarte!).

3 Să utilizăm siguranțele

Pentru evitarea incendiilor în caz de scurtcircuit sau suprasolicitarea circuitului electric, și de asemenea pentru a nu permite defectarea consumatorilor de energie electrică în timpul creșterii periculoase a intensității curentului sunt folosite siguranțele – dispozitive, care întrerup circuitul în cazul, când intensitatea curentului în el se mărește mai mult decât e admis (fig. 35.5, 35.6).



Fig. 35.3. Elementul încălzitor al becului electric cu incandescență este confecționat din wolfram, temperatura de topire a căruia este de 3387°C. Încălzindu-se până la temperatura de 3000°C, firul subțire de wolfram începe să lumineze strălucitor



Fig. 35.4. Rotind întrerupătorul basculant al fierului de călcat noi îl reglăm pentru un anumit regim de temperatură



Fig. 35.5. Siguranțe automate. Partea de lucru a siguranței automate – o placă bimetalică. În cazul creșterii intensității curentului peste limita admisibilă placa bimetalică se încovoiește, ca urmare circuitul se întrerupe. După răcire siguranța poate fi din nou readusă în starea de lucru

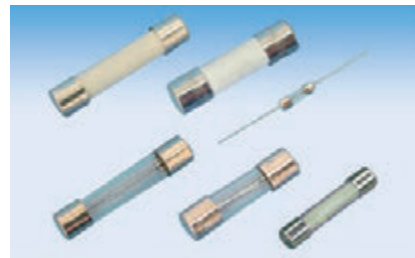


Fig. 35.6. Siguranțe fuzibile, utilizate în radiotehnică. De-a lungul axei tubușorului din sticlă cu borne metalice este întinsă o sârmă subțire din material ușor fuzibil

? Sperăm, că nu vă va fi greu să explicați cum funcționează siguranțele fuzibile (vezi fig. 35.6).

Atenție! Este foarte periculos de folosit siguranțe defectate sau dispozitive de siguranță lucrate cu mijloace casnice. Dacă în cazul măririi intensității curentului peste limita admisibilă circuitul nu se va întrerupe la timp, atunci va apărea incendiul.

4 Ne învățăm a rezolva probleme

Problemă. Siguranța automată a unui contor electric de apartament este prevăzută pentru intensitatea curentului de 10 A. Se va declanșa oare siguranța, dacă concomitent se vor conecta un bec cu puterea de 200 W, mașina de spălat cu puterea de 800 W, ceainicul electric cu puterea de 1400 W? tensiunea în rețea constituie 220 V.

Analiza problemei fizice. Pentru rezolvarea problemei trebuie de determinat puterea totală P_{total} a consumatorilor conectați. Dacă P_{total} a consumatorilor este mai mică decât puterea maximală posibilă a curentului P_{max} , pentru care este prevăzută siguranța, atunci siguranța nu se va declanșa, dacă este mai mare – ea va întrerupe circuitul.

Se dă:
 $I_{max} = 10 \text{ A}$
 $P_1 = 200 \text{ W}$
 $P_2 = 800 \text{ W}$
 $P_3 = 1400 \text{ W}$
 $U = 220 \text{ V}$

Să se afle:
 $P_{max} - ?$
 $P_{total} - ?$

Căutarea modelului matematic, rezolvarea
 Pentru orice fel de legare a consumatorilor puterea totală a lor este egală cu suma puterilor consumatorilor luați aparte:

$$P_{total} = P_1 + P_2 + P_3.$$
 Conform formulei pentru calculul puterii:

$$P_{max} = UI_{max}.$$
 Verificăm unitatea de măsură, determinăm valoarea mărimilor căutate:

$$[P] = V \cdot A = W; \quad P_{max} = 220 \cdot 10 = 2200 \text{ (W)};$$

$$P_{total} = 200 + 800 + 1400 = 2400 \text{ (W)}.$$

Analiza rezultatului. Comparând puterea totală a consumatorilor conectați ($P_{total} = 2400 \text{ W}$) și puterea, pentru care este prevăzută siguranța ($P_{max} = 2200 \text{ W}$), vedem, că solicitarea în circuit a depășit valoarea maximală posibilă. Deci siguranța se va declanșa și circuitul va fi întrerupt.

Răspuns: siguranța va întrerupe circuitul.



Facem totalurile

Lucrul diverselor dispozitive electrice de încălzit se bazează pe acțiunea termică a curentului.

În timpul funcționării dispozitivelor electrice de încălzit o anumită cantitate de căldură se degajă și în conductoarele de conexiune. Încălzirea excesivă a conductoarelor poate deveni cauza incendiului, de aceea, dacă există pericolul unei măririi excesive a intensității curentului, la circuitul electric se conectează siguranța. Siguranța reprezintă un dispozitiv, care întrerupe circuitul, dacă intensitatea curentului depășește valoarea admisibilă pentru acest circuit.



Întrebări pentru control

1. Ce transformări ale energiei au loc în interiorul încălzitorului electric, în cazul conectării lui în circuit?
2. Ce proprietăți trebuie să aibă metalul, din care este confecționat elementul încălzitor?
3. De ce elementul încălzitor trebuie să fie izolat de corpul dispozitivului de încălzit?
4. Ce poate deveni cauza creșterii excesive a intensității curentului în circuit? La ce poate aduce aceasta?
5. Ce este scurtcircuitul?
6. Cu ce scop sunt utilizate siguranțele?
7. Explicați principiul de lucru al siguranței automate.



Exercițiul Nr. 35

1. Care este puterea maximală admisibilă a curentului într-un dispozitiv, dacă siguranța lui fuzibilă este prevăzută pentru un curent maxim de 6 A la o tensiune de 220 V?
2. De ce pentru evitarea aprinderii firelor electrice ai rețelei trebuie de acordat o atenție deosebită legării calitative a conductoarelor unul cu altul și cu aparatele, care sunt conectate în rețea?
3. Căror cerințe trebuie să corespundă substanța, din care este confecționată sârma pentru siguranța fuzibilă?
4. Pentru conectarea aparatului de sudat, care consumă curent cu intensitatea de 100 A, un muncitor tânăr a hotărât să se folosească de un cablu pentru iluminare. De ce voi, știind fizica, niciodată nu veți face aceasta?
5. Fierul de călcat – unul dintre cele mai răspândite dispozitive de încălzit, folosite de demult de către om. Folosind surse suplimentare de informații, aflați despre istoria creării fierului de călcat și pregătiți o scurtă comunicare.



6. Care dintre afirmațiile date este adevărată?
- Atomul este compus din nucleu și electroni situați în jurul lui.
 - Dimensiunea nucleului atomului este aproape de 10 ori mai mică, decât dimensiunea atomului.
 - În atomul neutru cantitatea electronilor este egală cu cantitatea de protoni.
 - În urma acțiunii câmpului electric electronii liberi în metale se mișcă spre polul pozitiv al sursei de curent, iar protonii – spre cel negativ.



Însărcinare experimentală

Din pașapoartele și instrucțiunile, care însoțesc diferiți consumatori ai curentului din locuința voastră aflați puterea lor. Aflați de la părinți, pentru ce intensitate a curentului sunt prevăzute siguranțele, care sunt instalate în contorul electric. Determinați câți consumatori și care anume pot fi conectați concomitent în aceeași ramificare a rețelei electrice.

Fizica și tehnica în Ucraina



Istoria **universității naționale din Lvov în numele lui I. Franco** își are începutul în sec. XVII: în a. 1661 împăratul polonez a semnat diploma, ce-i oferea colegiului de iezuiți din Lvov «onoarea de academie și titlul de universitate». În a. 1773 ordinul iezuiților a fost interzis, iar universitatea închisă. În a. 1784 împăratul Iosif al II-lea a înnoit lucrul universității cu limba de predare latină.

După secolele, ce au trecut de la acea vreme, universitatea a devenit una dintre cele mai prestigioase instituții de învățământ din Ucraina, a dobândit o autoritate internațională înaltă, a devenit un puternic centru științific. La început universitatea avea două facultăți – de filosofie și teologie. Astăzi universitatea are 19 facultăți, printre care de o popularitate deosebită se bucură facultățile de electronică, mecanică–matematică, matematică aplicată și informatică, fizică.

Baza potențialului științific al universității o formează școlile științifice cunoscute în Ucraina și în lume: fizica corpului solid, fizică teoretică, fizico – chimia polimerilor, școala de mineralogie a academicianului *E. C. Lazarenco*.

§ 36. CURENTUL ELECTRIC ÎN METALE

Curent electric pot conduce lichidele și corpurile solide, în anumite condiții curent electric conduc și gazele. Studiarea curentului electric în diferite medii noi vom începe cu studiarea curentului în metale. În primul rând, de aceea că toate metalele fără excepție conduc bine curentul electric, iar în al doilea rând, anume de conductibilitatea metalelor este legată utilizarea pe larg a energiei electrice în viața omului.

1 Clarificăm natura curentului electric în metale

Din cursul de chimie voi știți, că electronii de valență în metale ușor părăsesc atomul «său» și devin liberi. Ca urmare în nodurile rețelei cristaline a metalului rămân ioni pozitivi.

În lipsa câmpului electric electronii liberi în interiorul conductorului se mișcă haotic. Această mișcare amintește mișcarea moleculelor de gaz, anume de aceea electronii liberi în metale sunt numiți *gaz electronic* (fig. 36.1). Dacă însă în conductor este creat câmp electric, atunci electronii, *fără a-și înceta mișcarea haotică*, încep să se deplaseze în direcția polului pozitiv al sursei de curent. Mișcarea electronilor devine orientată – în metal se creează curent electric.

Curentul electric în metale reprezintă prin sine mișcarea orientată a electronilor liberi.

Natura curentului în metale a fost descoperită pe cale experimentală de către savanții ruși Leonid *Isaacovici Mandeliștam* și *Mâcola Dmâtrovici Papalexi* (a. 1913) în timpul lucrului la universitatea din Strasburg; metodică experimentelor a fost perfecționată de către savanții americani *Ricard Tolman* și *Tomas Stuart* (a. 1916).

Savanții raționau în felul următor. Dacă unei sârme metalice i se va comunica o viteză mare (fig. 36.2), iar apoi se va opri brusc, atunci particulele libere încărcate în sârmă se vor mișca după inerție (anume așa în urma opririi bruște a transportului obiectele nefixate din el continuă să se miște). Ca urmare în conductor va apărea curent de scurtă durată, – el va fi fixat de galvanometru; după direcția abaterii acului indicator al galvanometrului se poate stabili semnul sarcinii particulelor, mișcarea cărora a provocat apariția curentului. Cu ajutorul unor experiențe mai complicate savanții au aflat, că curentul electric într-o sârmă din metal este creat de către electroni.

? După fig. 36.2 determinați direcția mișcării electronilor după oprirea bobinei și direcția curentului electric de scurtă durată, care apare în acest caz.

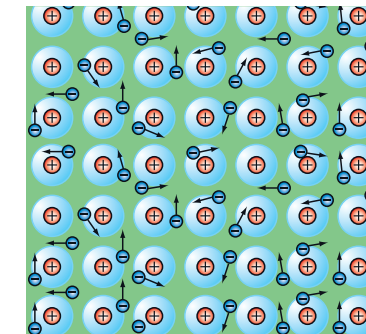


Fig. 36.1. Electronii liberi în metale în lipsa câmpului electric se mișcă haotic

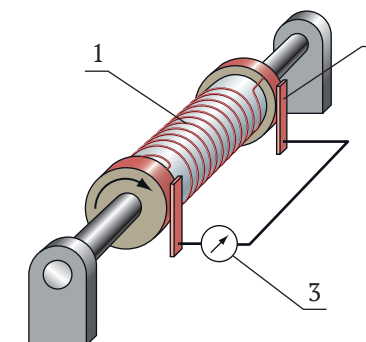


Fig. 36.2. Schema dispozitivului pentru studierea naturii curentului electric în metale: 1 – bobină cu sârmă din metal; 2 – contacte alunecătoare; 3 – galvanometru sensibil. Bobinei i se comunică o viteză mare de rotație și brusc se oprește. Ca urmare în circuit apare curent electric, care este înregistrat de galvanometru



Fig. 36.3. Experiență, care demonstrează dependența rezistenței metalelor de temperatură. În procesul de încălzire a spiralei intensitatea curentului în ea se micșorează, deci rezistența spiralei crește

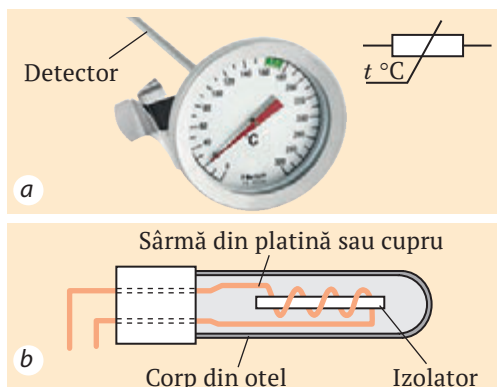


Fig. 36.4. Aspectul exterior și notarea schematică a termistorului (a); construcția detectorului (b). Detectorul este amplasat în mediul, temperatura căruia trebuie măsurată. Rezistența sârmei se măsoară cu un aparat special, și după rezistența cunoscută se determină temperatura mediului. În practică scara aparatului de la bun început este gradată în unități de temperatură

3 Facem cunoștință cu fenomenul supraconductibilității

În anul 1911 savantul olandez *H. Kamerlingh-Onnes* (1853–1926) (fig. 36.4), studiind, cum se comportă mercurul la temperaturi apropiate de zero absolut ($-273\text{ }^{\circ}\text{C}$), a observat un fenomen uimitor: în cazul coborârii temperaturii mercurului până la $4,15\text{ K}$ ($-269\text{ }^{\circ}\text{C}$) rezistența specifică a lui prin salt cade până la zero. Fenomen analogic se observa cu plumbul, oțelul și alte metale. Acest fenomen a primit denumirea de *supraconductibilitate*. Supraconductibilitatea e imposibil de o explicat pe baza conductibilității electrice a metalelor. În a. 1957 un grup de fizicieni americani (fig. 36.5) și independent de ei savantul sovietic *M. M. Bogoliubov* (fig. 36.6) au elaborat teoria cuantică a supraconductibilității.

2 Aflăm, cum rezistența metalelor depinde de temperatură

Vom efectua o experiență. Să unim o spirală din oțel cu sursa de curent și s-o încălzim în flacăra spirtierei (fig. 36.3). Totodată tensiunea vom menține-o constantă. Experiența demonstrează: pe măsura încălzirii spiralei intensitatea curentului în ea se micșorează, dar aceasta înseamnă, că rezistența spiralei crește.

Dacă se va efectua experiențe asemănătoare cu spirale, confecționate din alte metale, ne putem convinge, că odată cu mărirea temperaturii rezistența acestor spirale de asemenea se mărește, însă variația rezistenței de fiecare dată va fi alta.

Rezistența conductorului metalic se mărește în cazul creșterii temperaturii și se micșorează în cazul micșorării ei. Variația rezistenței depinde de materialul, din care este confecționat conductorul.

Știind cum variază rezistența conductorului metalic de temperatură, se poate determina temperatura lui, măsurând rezistența conductorului. Acest fapt stă la baza funcționării așa-numitelor *termometrelor cu variație a rezistenței electrice (termistori)* (fig. 36.4).



Fig. 36.5. John Bardeen (1908–1991), Leon Cooper (născut a. 1930), John Robert Schrieffer (1931–2019) – laureații Premiului Nobel în fizică (a. 1972) pentru elaborarea teoriei cuantice a supraconductibilității

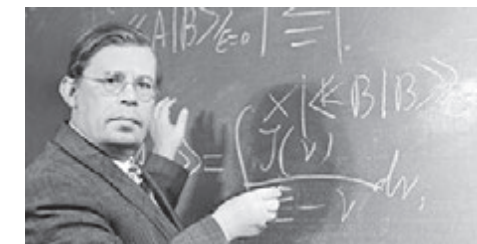


Fig. 36.6. Bogoliubov Măcola Măcolaiovici (1909–1992) – renumit fizician-teoretician și matematician. În anii 1929–1973 a lucrat la Academia de Științe a Ucrainei. Fondatorul școlilor științifice în domeniul mecanicii neliniare, fizicii statistice și teoriei cuantice a câmpului



Facem totalurile

Curentul electric în metale reprezintă mișcarea orientată a electronilor liberi. În lipsa câmpului electric electronii liberi în metale se mișcă haotic. Dacă însă în conductorul metalic se va crea câmp electric, atunci electronii liberi, fără ași înceta mișcarea sa haotică, încep să se miște ordonat.

Rezistența conductorilor metalici depinde de temperatură. Acest fapt stă la baza lucrului termometrelor cu variație a rezistenței electrice (termistori).

În cazul micșorării temperaturii unor metale până la temperaturi apropiate de zero absolut ($-273\text{ }^{\circ}\text{C}$), rezistența lor prin salt cade până la zero. Acest fenomen se numește supraconductibilitate.



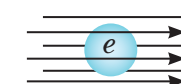
Întrebări pentru control

1. Descrieți caracterul mișcării electronilor liberi în metale în lipsa câmpului electric; în prezența câmpului electric.
2. Ce reprezintă prin sine curentul electric în metale?
3. Descrieți esența experienței de descoperire a naturii curentului electric în metale.
4. Depinde oare rezistența metalelor de temperatură? Dacă depinde, atunci cum?
6. În ce constă fenomenul supraconductibilității?



Exercițiul Nr. 36

1. Un electron este situat în câmpul electric, liniile de forță ale căruia sunt reprezentate în figură. Cum este orientată forța ce acționează asupra electronului?
2. Care afirmație este corectă?
 - a) Odată cu mărirea temperaturii rezistența metalelor se mărește.
 - b) Odată cu mărirea temperaturii rezistența metalelor se micșorează.
 - c) Direcția curentului electric în conductorul metalic coincide cu direcția mișcării electronilor.
3. Filamentul metalic de incandescență al becului electric treptat se subțiază din cauza evaporării metalului de pe suprafața lui și la urma urmei arde. Explicați, de ce becul arde în locul cel mai subțire și cel mai frecvent anume în acel moment, când este conectat la circuit.



4. Într-un conductor metalic cu lungimea de 10 cm și aria secțiunii transversale de $0,4 \text{ cm}^2$ trece curentul cu intensitatea de 80 A. Care este viteza medie a mișcării orientate a electronilor în conductor, dacă în fiecare centimetru cub al conductorului se conțin $2,5 \cdot 10^{22}$ electroni liberi?
5. Determinați valoarea și semnul sarcinii ionului obținut, dacă: a) atomul neutru de cupru a pierdut doi electroni; b) atomul neutru de clor a adionat un electron.



Fizica și tehnica în Ucraina



Lev Vasîliovici Șubnicov (1901–1937) renumit fizician–experimentator cu renume mondial. O mare parte din viața sa scurtă L. V. Șubnicov a locuit la Harkov, unde a condus laboratorul de temperaturi joase, creat de el, pe lângă institutul fizico–tehnic din Harkov. Lev Vasîliovici a pus începutul cercetării metalelor în așa-numita stare de supraconductibilitate, când rezistența electrică a materialului este egală cu zero. De asemenea o valoare importantă au avut experimentele de obținere a gazelor rarefiate, în special a hidrogenului, azotului și oxigenului.

Cea mai înaltă decorație pentru un învățat – aceasta-i utilizarea numelui lui pentru denumirea fenomenului descoperit de el. «Efectul Șubnicov – Haas», «faza lui Șubnicov», «metoda Obreimov – Șubnicov» – aceasta-s numai câteva exemple al aportului renumitului fizician în fizica contemporană.

În a. 2001 în cinstea lui L. V. Șubnicov a fost numit premiul științific al ANȘ a Ucrainei pentru lucrări științifice renumite în domeniul fizicii experimentale.

§ 37. CURENTUL ELECTRIC ÎN ELECTROLIȚI

Apa distilată – dielectric, doar în ea aproape că nu sunt particule libere încărcate; sarea de bucătărie de asemenea este un dielectric. Însă dacă un pic de sare de bucătărie se va arunca în apă distilată, atunci soluția obținută va conduce bine curentul electric. De ce e așa? De unde în soluție s-au luat particule libere, care au sarcină electrică?

1 Facem cunoștință cu electroliții

Multe substanțe cristaline prezintă în sine ioni pozitivi și negativi, uniți într-un tot întreg de forța electrică de atracție. Astfel, cristalele clorurii de natriu – sării de bucătărie (NaCl) sunt compuse din ioni pozitivi de Natriu (Na^+) și ioni negativi de Clor (Cl^-) (fig. 37.1), cristalele sulfatului de cupru (CuSO_4) – din ioni pozitivi de Cupru (Cu^{2+}) și ioni negativi de sulfat (SO_4^{2-}). Dacă astfel de substanțe se vor dizolva în apă, atunci ele se pot descompune în ioni aparte.

Vom examina procesul de descompunere a substanței în ioni pe exemplul descompunerii sării de bucătărie (NaCl) în apă (H_2O). După cum voi deja știți din cursul de chimie, moleculele de apă sunt *polarizate*: atomii Hidrogenului și Oxigenului în molecula de apă sunt amplasați nesimetric, de aceea dintr-o parte a moleculei predomină sarcina pozitivă, iar din altă parte – de același fel negativă (fig. 37.2, a). Așadar, molecula de apă poate fi imaginată ca un *dipol electric** (fig. 37.2, b).

Atunci când cristalul de sare (NaCl) ni-merește în apă, dipolii de apă înconjoară ionii de Sodiu și ionii de Clor, orientându-se într-un anumit mod (fig. 37.3, a). Unii dipoli de apă ni-meresc în spațiile dintre ioni și slăbesc esențial forța de atracție a lor. În urma acestui proces și în urma mișcării termice a moleculelor de apă ionii de Sodiu și de Clor se despart de cristalul de sare (fig. 37.2, b).

Descompunerea substanțelor în ioni sub acțiunea moleculelor polarizate ale solventului se numește **disociație electrolică** (de la latin. *disso-ciatio* – decuplare, despărțire).

Ca urmare a disociației electrolice în soluție apar particule încărcate libere – ioni pozitivi și negativi, de aceea soluția începe să conducă curentul.

Experiențele arată, că descompunerea moleculelor în ioni poate fi provocată nu numai de către solvent. Unele săruri și oxizi ai metalelor se pot descompune în ioni separați în urma măririi esențiale a temperaturii. De aceea topiturile acestor substanțe de asemenea conduc curentul electric. Soluțiile și topiturile substanțelor, care conduc curentul electric, sunt repartizați la **electroliți**.

2 Studiem natura curentului electric în electroliți

Să luăm doi electrozi din carbon și să-i legăm la polii sursei de curent (vezi fig. 37.4). Electro-dul, legat la polul pozitiv al sursei de curent, se

* *Dipolul electric* – sistemul din două sarcini egale ca valoare, dar de semne opuse, care sunt situate la o anumită distanță una de cealaltă.

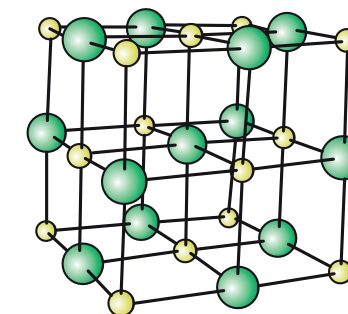


Fig. 37.1. Modelul rețelei cristaline a sării de bucătărie (NaCl): ioni pozitivi de sodiu (Na^+) – bilele galbene; ioni negativi de Clor (Cl^-) – bilele verzi

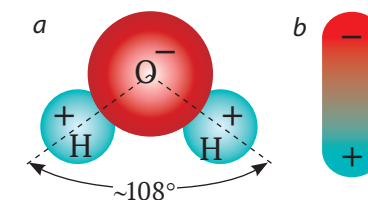


Fig. 37.2. Reprezentarea schematică a moleculei de apă

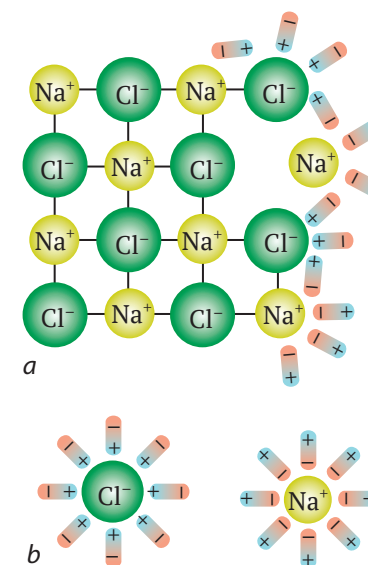


Fig. 37.3. Mecanismul disociației electrolice a sării de bucătărie

numește **anod**, iar electrodul, legat la polul negativ, – **catod**. Vom introduce electrozii în vasul cu electrolit, de exemplu, cu soluția apoasă a clorurii de cupru (CuCl_2), și vom închide circuitul. În soluție va apărea câmp electric, sub acțiunea căruia ionii pozitivi liberi de Cupru (Cu^{2+}) se vor îndrepta spre catod, iar ionii negativi liberi de Clor (Cl^-) – spre anod (vezi [fig. 37.4](#)). Așadar, în soluție va apărea mișcarea orientată a particulelor încărcate libere – curentul electric.

Curentul electric în electroliți reprezintă prin sine mișcarea orientată a ionilor pozitivi și negativi.

Mecanismul ionic al conductibilității îl posedă nu numai unele soluții și topituri, dar și unele substanțe solide, de exemplu iodura de argint (AgI), iodura de kaliu (KI), sulfatul de argint (Ag_2S). În substanțele solide cu conductibilitate ionică se deplasează ionii numai de un singur semn – sau numai cei pozitivi, sau numai cei negativi.

Electroliții – acestea-s substanțele solide sau lichide, care au conductibilitate ionică.

Vom menționa, că odată cu creșterea temperaturii cantitatea ionilor în electrolit se mărește esențial, respectiv se mărește și intensitatea curentului. Aceasta înseamnă, că odată cu *mărirea temperaturii rezistența electrolitului se micșorează*.

3 Dăm definiția electrolizei

În procesul trecerii curentului electric prin electrolit (spre deosebire de trecerea curentului prin metal) are loc transportarea componentelor chimice ale electrolitului și acestea se descompun pe electrozi – se depun în formă de un strat solid sau se degajă în stare gazoasă. De exemplu, dacă prin soluția apoasă a clorurii de cupru în decurs de câteva minute va trece curentul, atunci suprafața catodului se va acoperi cu un strat subțire de cupru ([fig. 37.5](#)), iar lângă anod se va degaja clorul în stare gazoasă. Prezența clorului poate fi depistată după mirosul caracteristic.

Vom explica, de ce se întâmplă astfel. În timpul trecerii curentului ionii liberi pozitivi de Cupru (Cu^{2+}) sunt îndreptați spre catod, iar ionii liberi negativi de Clor (Cl^-) – spre anod (vezi [fig. 37.4](#)). Ajungând la catod, cationii

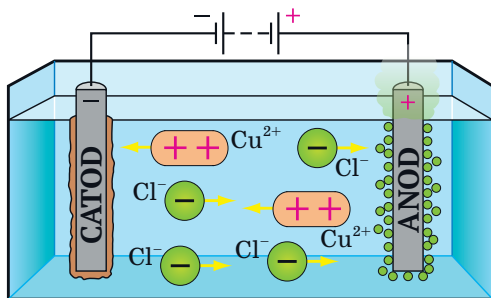


Fig. 37.4. Schema cercetării curentului electric în lichide. În baia cu soluția electrolitului (CuCl_2) sunt scufundați anodul și catodul. După închiderea circuitului ionii pozitivi se mișcă spre catod, ionii negativi – spre anod

de Cupru «iau» de pe suprafața lui electronii, care-i «lipsesc», adică are loc *reacția chimică de reducere*. În urma acestei reacții ionii Cuprului se transformă în atomi neutri; pe suprafața catodului se depune cuprul. În același timp ionii negativi de Clor, ajungând la suprafața anodului, invers, «îi cedează» lui «excesul» de electroni – are loc *reacția chimică de oxidare*; pe anod se depune clorul.

Procesul depunerii substanțelor pe electrozi, care este legat de reacțiile de oxidoreducere, care au loc pe electrozi în timpul trecerii curentului, se numește **electroliză**.

4 Aflăm despre legea întâi a lui Faraday

Pentru prima dată fenomenul electrolizei l-a studiat detaliat fizicianul englez *M. Faraday* ([fig. 37.6](#)). El a formulat legea, care ulterior a fost numită **legea electrolizei** sau **prima lege a lui Faraday**:

Masa substanței, care se depune pe electrod este direct proporțională cu sarcina, ce a trecut prin electrolit:

$$m = kq,$$

unde m – masa substanței; k – coeficient de proporționalitate, care se numește *echivalentul electrochimic*; q – valoarea sarcinii electrice.

Echivalentul electrochimic numeric este egal cu masa unei anumite substanțe, care se depune pe electrod în urma trecerii prin electrolit a sarcinii de 1 C.

Unitatea de măsură a echivalentului electrochimic în SI – kilogram pe coulomb:

$$[k] = 1 \frac{\text{kg}}{\text{C}}.$$

Echivalenții electrochimici sunt de milioane de ori mai mici decât $1 \frac{\text{kg}}{\text{C}}$, de aceea în tabele speciale (vezi [tab. 8](#) din *Aneaxă*) ei cel mai frecvent sunt exprimați în miligrame pe coulomb: $1 \frac{\text{mg}}{\text{C}} = 1 \cdot 10^{-6} \frac{\text{kg}}{\text{C}}$.



Fig. 37.5. Peste câteva minute de la începutul trecerii curentului prin soluția clorurii de cupru suprafața catodului se va acoperi cu un strat subțire de cupru



Fig. 37.6. Michael Faraday (1791–1867) – fizician englez, întemeietorul teoriei despre câmpul electromagnetic. A descoperit acțiunea chimică a curentului electric, a stabilit legile electrolizei și a realizat multe alte descoperiri remarcabile

Astfel, echivalentul electrochimic al argintului (Ag^+) este egal cu $1,12 \frac{\text{mg}}{\text{C}}$, iar echivalentul electrochimic al aluminiului (Al^{3+}) – $0,09 \frac{\text{mg}}{\text{C}}$.

Atrageți atenția: prima lege a electrolizei poate fi scrisă de asemenea sub forma:

$$m = kIt,$$

unde m – masa substanței; k – echivalentul electrochimic; I – intensitatea curentului în electrolit; t – timpul, în decursul căruia a durat electroliza.

 Demonstrați identitatea formulelor $m = kq$ și $m = kIt$.

5 Ne învățăm a rezolva probleme

Problemă. Pentru determinarea echivalentului electrochimic al cuprului prin soluția sulfatului de cupru în decursul a 30 min au lăsat să treacă curentul cu intensitatea de 0,5 A. Ce valoare a echivalentului electrochimic s-a obținut, dacă masa catodului până la începutul experienței constituia 75,20 g, iar după experiență – 75,47 g?

Analiza problemei fizice. Pentru rezolvarea problemei ne vom folosi de legea electrolizei. Masa cuprului, ce s-a depus pe catod, o vom afla ca diferența dintre masele catodului până și după experiență. Deoarece în tabele echivalentul electrochimic se dă în miligrame pe coulomb, masa e comod de o exprimat în miligrame.

Se dă:

$$t = 1800 \text{ s}$$

$$I = 0,5 \text{ A}$$

$$m_1 = 75\,200 \text{ mg}$$

$$m_2 = 75\,470 \text{ mg}$$

Să se afle:

$$k - ?$$

Căutarea modelului matematic, rezolvarea

În conformitate cu prima lege a lui Faraday avem: $m = kIt$, deci, $k = \frac{m}{It}$; totodată $m = m_2 - m_1$. Obținem:

$$k = \frac{m_2 - m_1}{It}.$$

Verificăm unitatea de măsură, determinăm valoarea mărimii căutate:

$$[k] = \frac{\text{mg}}{\text{A} \cdot \text{s}} = \frac{\text{mg}}{\text{C}}; \quad k = \frac{75\,470 - 75\,200}{0,5 \cdot 1800} = \frac{270}{900} = 0,30 \left(\frac{\text{mg}}{\text{C}} \right).$$

Analiza rezultatului. Comparând valoarea obținută a echivalentului electrochimic al cuprului cu cea din tabel ($k = 0,33 \frac{\text{mg}}{\text{C}}$), vedem, că rezultatele practic au coincis. Eroarea a apărut din cauza măsurării inexacte a masei. Deci, problema este rezolvată corect.

$$\text{Răspuns: } k = 0,30 \frac{\text{mg}}{\text{C}}.$$



Facem totalurile

Electroliții – acestea-s substanțele solide și lichide, care au conductibilitate ionică. Descompunerea electroliților în ioni în urma acțiunii moleculelor

polarizate ale solventului se numește disociație electrochimică. Ca urmare a disociației în soluție apar particule libere încărcate – ioni pozitivi și negativi.

Curentul electric în electroliți – aceasta-i mișcarea orientată a ionilor pozitivi și negativi.

În timpul trecerii curentului electric prin electrolit componentele chimice ale electrolitului se depun pe electrozi sau se degajă în stare gazoasă. Acest fenomen se numește electroliză. Electroliza – aceasta-i procesul depunerii substanțelor pe electrozi, legat de reacțiile de oxido – reducere, care au loc pe electrozi în timpul trecerii curentului.

Pentru electroliză se adevărește prima lege a lui Faraday (legea electrolizei): masa substanței m , care se depune pe electrod este direct proporțională cu sarcina q , ce a trecut prin electrolit: $m = kq$, sau $m = kIt$. Coeficientul de proporționalitate k se numește echivalentul electrochimic.



Întrebări pentru control

1. În ce constă fenomenul disociației electrolitice? Dați exemple. **2.** Ce este electrolitul? **3.** Ce reprezintă în sine curentul electric în electroliți? **4.** Descrieți procesul electrolizei. **5.** Formulați prima lege a lui Faraday. **6.** Care este sensul fizic al echivalentului electrochimic?



Exercițiul Nr. 37

1. Aplicând legea electrolizei, deduceți unitatea de măsură a echivalentului electrochimic în CI.
2. Apa distilată nu este un conductor. Dar de ce apa din rețeaua de alimentare cu apă, și de asemenea apa din râu și cea de mare conduc bine curentul electric?
3. De ce soluția sării în apă conduce bine curentul electric, iar soluția zahărului în apă – conduce rău?
4. În timpul electrolizei, unde electrolit a fost soluția azotatului de argint, pe catod s-a depus 25 g de argint. Cât timp a durat electroliza, dacă intensitatea curentului era constantă și egală cu 0,5 A?
5. Prin soluția azotatului de argint în decursul a 2 ore a trecut curentul electric. Determinați masa argintului, care s-a depus pe catod, dacă tensiunea pe electrozi era de 2 V, iar rezistența soluției – 0,4 Ohm.
6. În timpul electrolizei, unde electrolit a fost soluția acidului sulfuric, în 50 min s-au degajat 3 g de hidrogen. Determinați puterea, care a fost consumată pentru încălzirea electrolitului, dacă rezistența lui constituia 0,4 Ohm.
7. Fiul fierarului și ucenicul legătorului de cărți Michael Faraday a putut să devină la timpul său un savant renumit. Folosiți-vă de surse suplimentare de informații și aflați despre viața lui M. Faraday și istoria descoperirilor lui.
8. În timpul argintării unei linguri de oțel pe suprafața ei s-a depus un strat subțire de argint cu grosimea de $55 \mu\text{m}$. Determinați masa argintului, dacă aria suprafeței lingurii este egală cu 40 cm^2 .



§ 38. UTILIZAREA ELECTROLIZEI

Există legenda despre aceea, că la sfârșitul sec. XVII regele Angliei i-a transmis în dar împărătesei Rusiei Ecaterinei a II-a... o cupă din aluminiu. Astăzi aceasta e greu de imaginat, dar ea a fost uimită de un astfel de cadou prețios! Chestia constă în aceea, că în acele timpuri aluminiul era foarte rar întâlnit și costa de câteva ori mai scump decât aurul. Cu timpul datorită utilizării electrolizei aluminiul a devenit accesibil pentru toți și destul de ieftin. Despre aceea, cum cu ajutorul electrolizei sunt obținute metalele și unde se mai aplică electroliza va merge vorba în acest paragraf.

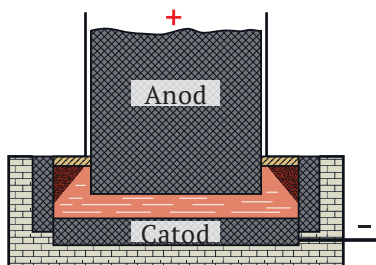


Fig. 38.1. Producerea aluminiului (schema dispozitivului industrial). Fundul și pereții băii servesc drept catod; aluminiul se acumulează la fundul băii. Blocul din carbon servește drept anod, pe el se depune oxigenul

1 Să utilizăm electroliza pentru obținerea metalelor

Electroliza este aplicată pe larg în industrie. Cu ajutorul electrolizei din săruri și oxizi sunt obținute multe metale: cupru, nichel, aluminiu ș. a. De exemplu, pentru a obține aluminiu în calitate de electrolit este folosit oxidul de aluminiu (Al_2O_3), dizolvat în criolită topită (Na_3AlF_6) la temperatura de $950\text{ }^\circ\text{C}$. Soluția este amplasată în băi electrolitice speciale; de regulă ca catod servesc fundul și pereții băii, căptușiți cu grafit, iar ca anod – blocurile de carbon, scufundate în electrolit. În procesul trecerii curentului prin electrolit pe catod se depune aluminiul (fig. 38.1).

2 Obținem metale pure

Metalele, obținute pe calea electrolizei (sau pe altă cale), de regulă conțin o cantitate oarecare de impurități, deoarece materia primă nu poate fi «ideală». Astfel, în topitură totdeauna sunt prezente săruri și oxizi ai altor metale, care de asemenea se pot depune pe catod. Pentru purificarea metalelor de impurități se poate din nou utiliza electroliza.

Procesul purificării metalelor cu ajutorul electrolizei se numește **rafinare**.

Prin această metodă se purifică cuprul, aluminiul, oțelul, argintul și alte metale. Ca exemplu vom examina purificarea cuprului.

Într-o baie cu soluția sulfatului de cupru (CuSO_4) sunt introduși doi electrozi. Ca anod servește o placă groasă de cupru necurățat, iar ca catod – o placă subțire de cupru pur (fig. 38.2). În soluție sulfatul de cupru se descompune în ioni de cupru (Cu^{2+}) și ioni de sulf (SO_4^{2-}). Ionii de cupru trec spre catod și se depun pe el. Ionii sulfatului se mișcă spre anod și îi «iau» ionii de cupru. Sulfatul de cupru restabilit astfel se află în soluție și acolo se descompune. În rezultat cuprul pur se deplasează de pe anod pe catod. Anodul în acest timp se dizolvă, iar impuritățile se depun pe fund sau rămân în soluție.

3 Facem cunoștință cu galvanostegia

Cu ajutorul electrolizei se poate acoperi cu un strat subțire de metal suprafața unui produs – de efectuat argintarea, aurirea, nichelarea, cromarea ș. a. Acest strat poate proteja de coroziune, mări duritatea produsului sau pur și simplu deveni înfrumusețarea lui.

Procedeul electrolitic de acoperire a unui produs cu un strat subțire de metale se numește **galvanostegie**.

Produsul, pe care se dorește să fie aplicat un strat de metal anumit, se scufundă în baia cu soluția electrolitului, în componența căruia intră acest metal. Produsul servește drept catod, iar placa din metalul, cu care se acoperă produsul, – anod. În timpul trecerii curentului metalul se depune pe produs (catod), iar placa anodică treptat se dizolvă (fig. 38.3).

4 Studiem galvanoplastia

Galvanoplastia – aceasta-i obținerea cu ajutorul electrolizei a copiilor exacte în relief a obiectelor.

Mai întâi din ceară sau din alt material plastic se face mulajul în relief al produsului. Pentru ca suprafața mulajului să conducă curentul, ea este acoperită cu un strat subțire de grafit. Apoi mulajul este introdus într-o baie cu soluția electrolitului; mulajul va servi drept catod. Anod va fi placa de metal. În timpul electrolizei pe mulaj se acumulează un strat destul de gros de metal, care umple toate asperitățile mulajului. După încetarea electrolizei mulajul din ceară este separat de stratul de metal și ca urmare se obține copia exactă a produsului (fig. 38.4).

Se înțelege, că aplicațiile electrolizei în tehnica actuală nu sunt mărginite de exemplele cercetate. Cu ajutorul electrolizei se poate efectua poleirea suprafeței anodului; electroliza stă la baza încărcării și descărcării acumulatorilor acide și bazice etc.

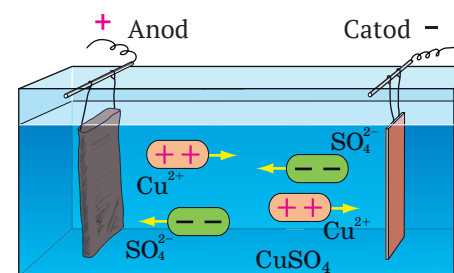


Fig. 38.2. Rafinarea cuprului: placa subțire din cupru pur este catod, placa groasă din cupru impur – anod; baia este umplută cu soluția apoasă a sulfatului de cupru

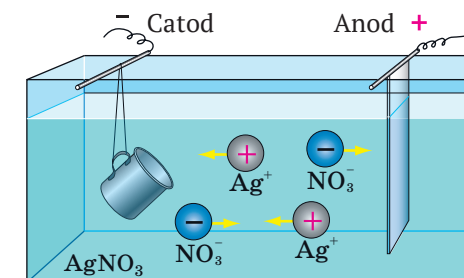


Fig. 38.3. Argintare galvanică. Obiectul, care se acoperă cu argint (cana), este catod, placa de argint – anod; baia este umplută cu soluția azotatului de argint

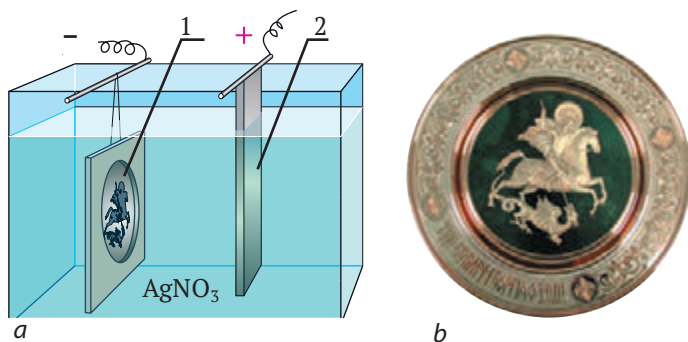


Fig. 38.4. Obținerea copiilor în relief cu ajutorul electrolizei: *a* – schema dispozitivului: mulajul din ceară, acoperit cu un strat subțire de grafit este catodul (1), placa din argint – anodul (2); baia este umplută cu soluția azotatului de argint; *b* – copia obținută

5 Ne învățăm a rezolva probleme

Problemă. În procesul nichelării pe fiecare 1 dm^2 al suprafeței produsului, care se nichează, se aplică curentul cu intensitatea de $0,4 \text{ A}$. În cât timp pe produs se va depune un strat de nichel cu grosimea de $0,02 \text{ mm}$?

Analiza problemei fizice. Timpul decurgerii electrolizei poate fi determinat cu ajutorul primei legi a lui Faraday; masa substanței, ce s-a depus pe catod, vom exprima-o prin densitatea și volumul stratului de nichel. Echivalentul electrochimic și densitatea nichelului le găsim în tab. 8 și 9 ale Anexei. Rezolvând problema, este comod de exprimat densitatea în grame pe centimetru cub, și deci, grosimea stratului – în centimetri, aria suprafeței – în centimetri pătrați, iar echivalentul electrochimic – în grame pe coulomb.

Se dă:

$$S = 100 \text{ cm}^2$$

$$I = 0,4 \text{ A}$$

$$d = 0,002 \text{ cm}$$

$$\rho = 8,9 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$\frac{1}{2} = 0,30 \frac{\text{mg}}{\text{C}}$$

$$= 0,0003 \frac{\text{g}}{\text{C}}$$

Să se afle:

t – ?

Căutarea modelului matematic, rezolvarea

În conformitate cu legea lui Faraday: $m = kIt$.

Deoarece $m = \rho V$, iar $V = Sd$, reiese că $m = \rho Sd$.

Substituind expresia pentru m în legea lui Faraday, avem:

$$\rho Sd = kIt. \text{ De aici } t = \frac{\rho Sd}{kI}.$$

Verificăm unitatea de măsură, determinăm valoarea mărimii căutate:

$$[t] = \frac{\frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{cm}}{\frac{\text{g}}{\text{C}} \cdot \text{A}} = \frac{\text{g} \cdot \text{C}}{\text{g} \cdot \text{A}} = \frac{\text{A} \cdot \text{s}}{\text{A}} = \text{s}; t = \frac{8,9 \cdot 100 \cdot 0,002}{0,0003 \cdot 0,4} \approx 14800 \text{ (s);}$$

$$t \approx 14800 \text{ s} \approx 4 \text{ ore } 7 \text{ min.}$$

Răspuns: $t \approx 4 \text{ ore } 7 \text{ min.}$

Facem totalurile

Electroliza se utilizează pe larg în industrie. Cu ajutorul electrolizei din săruri și oxizi se obțin multe metale (cupru, nichel, aluminiu ș. a.), și de asemenea ele se purifică. Procedul de purificare a metalelor cu ajutorul electrolizei se numește rafinare.

Cu ajutorul electrolizei se poate aplica un strat subțire de metal pe suprafața produsului (efectua argintarea, aurirea, nichelarea, cromarea etc.), confecționa copii exacte în relief ale produselor. Metoda electrochimică de acoperire a produsului cu un strat subțire de metal se numește galvanostegie, iar obținerea cu ajutorul electrolizei a copiilor exacte ale produselor în relief – galvanoplastie.



Întrebări pentru control

- Dați exemple de utilizare a electrolizei.
- Descrieți procesul obținerii aluminiului cu ajutorul electrolizei.
- Cum se pot purifica metalele de impurități?
- Pentru ce suprafața metalelor se acoperă cu un strat subțire de alt metal?
- Ce este galvanostegie? galvanoplastia?



Exercițiul Nr. 38

- În *fig. 1* este dată reprezentarea schematică a circuitului electric.
 - Numiți principalele componente ale acestui circuit.
 - Care electrod servește drept catod, iar care – anod?
 - Pe care electrod se degajă argintul?
 - Care este intensitatea curentului în circuit?
 - În cât timp pe electrod se va depune un strat de argint cu masa de 784 mg ?
 - Ce energie va fi consumată în timpul argintării, dacă tensiunea pe electrozi constituie 11 V .
- În *fig. 2* este dată reprezentarea schematică a circuitului electric, în componența căruia intră un vas cu soluția apoasă a sulfatului de zinc. După datele din figură calculați grosimea stratului de zinc, ce se va forma pe catod în urma electrolizei.

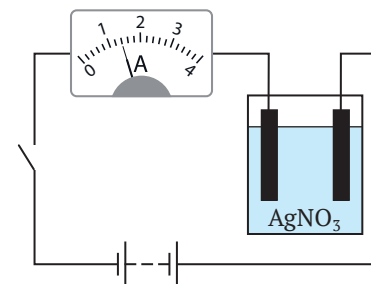


Fig. 1

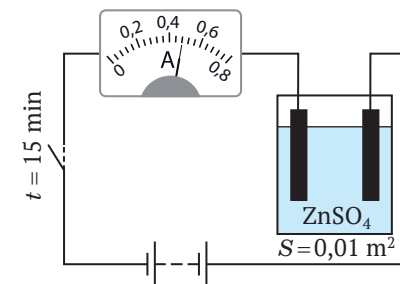


Fig. 2

- Pentru argintarea lingurilor prin soluția azotatului de argint este trecut un curent cu intensitatea de $1,8 \text{ A}$. Drept catod servesc 12 linguri, fiecare dintre care are o arie a suprafeței de 50 cm^2 . Cât timp a durat electroliza, dacă pe linguri s-a depus un strat de argint cu grosimea de $58 \mu\text{m}$?
- În timpul rafinării cuprului drept anod servește o placă de cupru nepurificat cu masa de 2 kg , ce conține 12% de impurități. Câtă energie este necesară de consumat pentru purificarea acestui cupru, dacă procesul are loc la tensiunea de 6 V ?
- Dintre substanțele și materialele enumerate alegeți acelea, care sunt conductori, și acelea, care sunt dielectrici: 1) apă distilată; 2) cupru; 3) aer; 4) apă de mare; 5) aur; 6) mercur; 7) cauciuc; 8) porțelan.

§ 39. CURENTUL ELECTRIC ÎN GAZE

Citind denumirea paragrafului, unii dintre voi vor fi mirați: doar noi la începutul capitolului am învățat, că gazele sunt dielectrice, iar aceasta înseamnă, că în ele lipsesc particulele libere încărcate. Deci despre ce fel de curent electric poate fi vorba?

Observația este binevenită, însă era vorba despre aceea, că gazele sunt dielectrice în *condiții obișnuite*. Există condiții, în care gazele pot deveni conductori. Despre aceea, când aceasta are loc și ce reprezintă în sine curentul electric în gaze se va relata în acest paragraf.

1 Efectuăm experiență

Vom monta un circuit electric dintr-o sursă puternică de curent, galvanometru și două plăci metalice, separate printr-un interval de aer. Închizând circuitul, vom vedea, că acul galvanometrului nu deviază (fig. 39.1, a). Iar aceasta înseamnă, că în circuit lipsește curentul electric sau curentul este atât de slab, încât chiar și galvanometrul sensibil nu-l înregistrează. Așadar, vom face concluzia: *în condiții obișnuite în aer aproape că nu sunt particule libere încărcate și el nu conduce curentul electric.*

Amplasăm între plăcile metalice o spirtieră aprinsă – acul galvanometrului se abate (fig. 39.1, b). Aceasta înseamnă, că în aer au apărut particule libere încărcate și el a început să conducă curentul electric. Vom clarifica, ce fel de particule sunt acestea, de unde și cum au apărut ele.

2 Facem cunoștință cu mecanismul conductibilității gazelor

Spre deosebire de matala și electroliții gazele sunt compuse din particule electrice neutre (atomi și molecule), de aceea în condiții obișnuite aerul este un izolator.

Când flacăra spirtierei încălzește aerul, energia cinetică a mișcării termice a particulelor aerului crește într-atât, încât în cazul ciocnirii lor de la particulă se poate desprinde un electron și să devină liber. Pierzând electronul, molecula (sau atomul) devine ion pozitiv (fig. 39.2).

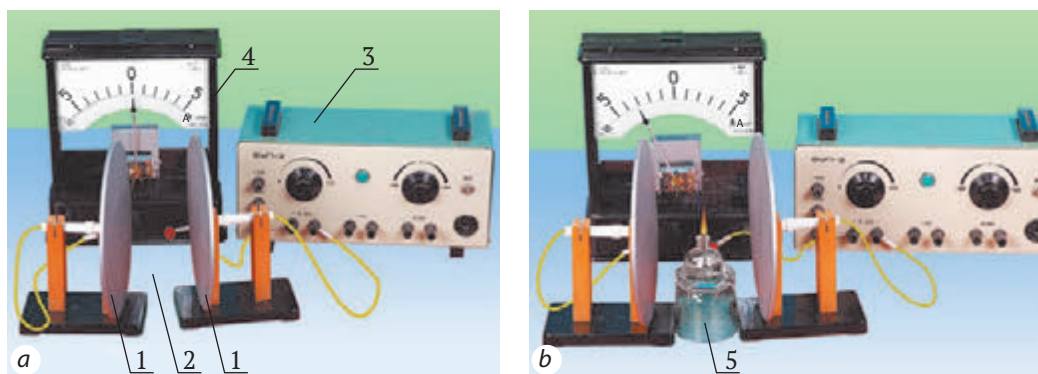


Fig. 39.1. Experiență pentru studiul conductibilității gazelor: 1 – plăci metalice; 2 – interval de aer; 3 – sursă puternică de curent; 4 – galvanometru; 5 – spirtieră. În condiții obișnuite aerul nu conduce curent electric (a); în cazul introducerii spirtierei aprinse în intervalul de aer, aerul devine conductor (b)

Efectuând mișcarea termică, electronul poate să se ciocnească de particula neutră și ea îl va capta – se va forma un ion negativ (fig. 39.3).

Procesul formării ionilor pozitivi și negativi și a electronilor liberi din moleculele (atomii) gazului se numește **ionizare**.

Dacă gazul ionizat va fi amplasat într-un câmp electric, atunci în urma acțiunii acestui câmp ionii pozitivi se vor mișca în direcția liniilor de forță ale câmpului, iar electronii și ionii negativi – în direcție opusă (fig. 39.4). În gaz va apărea curentul electric.

Curentul electric în gaze reprezintă mișcarea orientată a electronilor liberi, ionilor pozitivi și negativi.

Curentul electric în gaze se mai numește **descărcare în gaze**. Trebuie să atragem atenția la acel fapt, că gazul poate deveni ionizat nu numai în rezultatul creșterii temperaturii, dar și în urma influenței altor factori. De exemplu, straturile superioare ale atmosferei Pământului se ionizează sub acțiunea razelor cosmice; o acțiune ionizantă puternică asupra gazului o exercită razele Röntgen etc.

3 Dăm definiția descărcării neautonome în gaze

Experiențele arată: dacă se va înlătura pricina, care a provocat ionizarea gazului (se va înlătura încălzitorul, deconecta sursa de radiație Röntgen etc.), atunci descărcarea în gaze de regulă încetează.

Descărcarea în gaze, care are loc numai în prezența ionizatorului exterior se numește **descărcare neautonomă în gaze**.

Să clarificăm de ce după încetarea acțiunii ionizatorului descărcarea în gaze încetează.

În primul rând, în procesul mișcării termice a electronilor și a ionilor pozitivi poate avea loc *recombinarea* – îmbinarea lor în moleculă (atom) neutră (fig. 39.5).

În al doilea rând, în urma acțiunii câmpului electronii liberi se mișcă spre electrodul pozitiv (anod) și sunt absorbiți de el; ionii negativi se mișcă spre anod, «îi cedează» lui electronii «de prisos» și se transformă în particule neutre; ionii

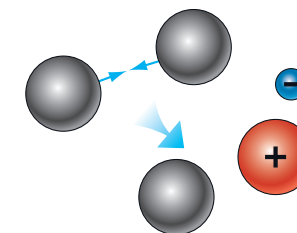


Fig. 39.2. Schema ionizării moleculelor de gaz. Pierzând un electron în urma ciocnirii, molecula devine ion pozitiv

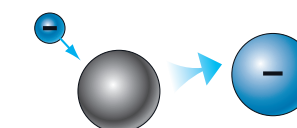


Fig. 39.3. Schema formării ionilor negativi în gaze: electronul este captat de moleculă neutră

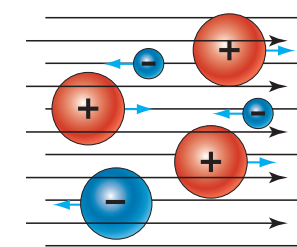


Fig. 39.4. În prezența câmpului electric în gazul ionizat apare mișcarea orientată a particulelor încărcate libere – curentul electric

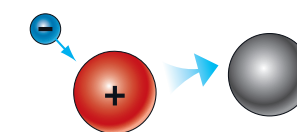


Fig. 39.5. Schema recombinării (reducerii) moleculelor gazului

pozitivi, ajungând la electrodul negativ (catod), «iau» de la el electroni și de asemenea se transformă în particule neutre. Moleculele și atomii neutri revin în gaz.

Așadar, dacă ionizatorul «lucrează», atunci în gaz continuu apar noi ioni; după încetarea acțiunii ionizatorului cantitatea de particule încărcate libere din gaz repede se micșorează și gazul încetează să conducă curentul.

4 Aflăm despre ionizarea prin șoc electronic

În anumite condiții gazul poate conduce curentul electric și după încetarea acțiunii ionizatorului.

Descărcarea electrică, care are loc fără acțiunea ionizatorului exterior se numește **descărcare autonomă în gaze**.

Să cercetăm, cum are loc descărcarea autonomă în gaze.

În timpul mișcării în câmpul electric viteza electronului treptat se mărește. Însă această mărire nu poate avea loc infinit de mult, deoarece electronul se ciocnește cu particulele gazului. Dacă între ciocniri electronul va reuși să obțină o viteză mare, atunci ciocnindu-se cu un atom sau moleculă neutră, el poate dezbate din ei un electron, cu alte cuvinte, le poate *ioniza*. În urma ionizării se formează un ion pozitiv și mai un electron. Succesiunea unor astfel de ciocniri provoacă formarea unei *avalanșe electronice* (fig. 39.6). Procesul descris se numește **ionizare prin șoc** sau **ionizare prin șoc electronic**.

Electronii, care s-au format în urma ionizării prin șoc se îndreaptă spre anod și la urma urmei sunt absorbiți de el. Însă ionizarea în gaz nu va înceta, dacă în el se vor forma noi electroni. Una dintre sursele de noi electroni poate fi suprafața catodului. Chestia constă în aceea, că ionii pozitivi sunt orientați spre catod și dezbat din el electroni noi. Cu alte cuvinte, în urma bombardării catodului cu ioni pozitivi are loc *emisă (degajarea)* electronilor de pe suprafața catodului.

Astfel, *ionizarea autonomă a gazului se menține pe contul ionizării prin șoc și pe contul emisiei electronilor de pe suprafața catodului*.

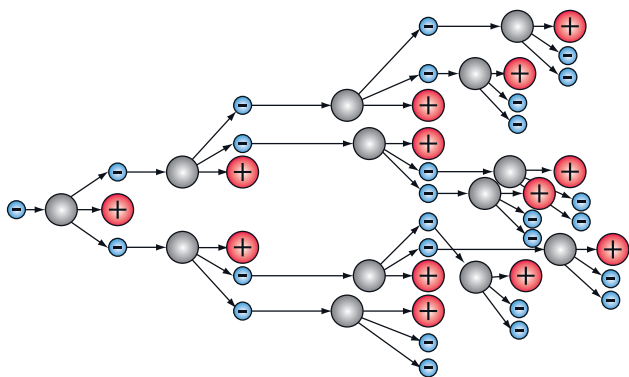


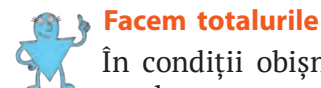
Fig. 39.6. Schema desfășurării avalanșei electronice. Electronul liber, accelerat de câmpul electric ionizează molecula sau atomul și eliberează mai un electron. Accelerându-se, doi electroni eliberează încă doi. Spre anod zboară deja patru electroni ș. a. m. d. Numărul electronilor liberi se mărește asemenea unei avalanșe până atunci, până când ei nu vor ajunge la anod

5 Clarificăm, în ce condiții este posibilă ionizarea prin șoc electronic

Pentru ca electronul să poată în cazul ciocnirii dezbate un electron din atomul sau molecula neutră, el trebuie să posede o energie cinetică suficient de mare. Aceasta poate avea loc în două cazuri: dacă electronul mult timp se va accelera sau dacă el se va accelera foarte repede.

La presiunea atmosferică normală ($p \approx p_{\text{atm}}$) electronii foarte des se ciocnește cu atomii și moleculele gazului, de aceea câmpul electric, în care se mișcă electronul, trebuie să fie *suficient de puternic*, pentru ca electronul până la ciocnire să poată obține energia, necesară pentru ionizare.

Dacă însă presiunea gazului este mică ($p < 0,1p_{\text{atm}}$), adică *gazul este suficient de rarefiat*, atunci timpul dintre ciocniri se mărește considerabil și electronul poate obține energia necesară pentru ionizarea moleculei (atomului), într-un câmp mai slab.



Facem totalurile

În condiții obișnuite gazul practic nu conține particule libere încărcate, de aceea nu conduce curentul electric. Pentru ca gazul să înceapă a conduce curentul, el trebuie ionizat. Ionizarea gazului se numește procesul formării ionilor pozitivi și negativi și a electronilor liberi din atomii și moleculele neutre din punct de vedere electric.

Curentul electric în gaze reprezintă mișcarea orientată a electronilor liberi, ionilor pozitivi și negativi.

Descărcarea în gaze, care are loc numai în prezența ionizatorului exterior, se numește descărcare neautonomă în gaze. Descărcarea în gaze, care are loc fără acțiunea ionizatorului exterior se numește descărcare autonomă în gaze – ea este posibilă datorită ionizării prin șocul electronic și a emisiei electronilor de pe suprafața catodului.



Întrebări pentru control

1. De ce în condiții obișnuite gazul nu conduce curentul electric? 2. Care gaz se numește ionizat? 3. Ce este ionizarea? 4. Care descărcare în gaze se numește neautonomă? 5. De ce după încetarea acțiunii ionizatorului descărcarea neautonomă în gaze repede încetează? 6. Dați definiția descărcării autonome în gaze? 7. Descrieți mecanismul ionizării prin șoc. 8. Pe care altă cale, afară de ionizarea prin șoc electronic, se completează insuficiența electronilor liberi în cazul descărcării autonome în gaze?



Exercițiul Nr. 39

1. În câmpul electric, creat de două plăci încărcate de semne opuse (fig. 1), se conține gaz ionizat. Transcrieți desenul în caiet. Reprezentați liniile câmpului electric dintre plăci. Indicați direcția mișcării electronilor și ionilor. Care va fi mișcarea particulelor neutre?

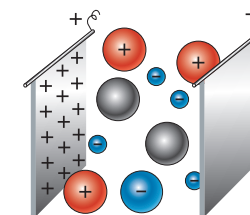


Fig. 1

2. De ce în cazul răcirii gazelor conductibilitatea lor scade?
3. Prin ce se deosebește ionizarea gazelor de disociația electrolitică?
4. Ce este comun și în ce constă deosebirea dintre curentul electric în gaze, lichide și în metale?
5. Un exemplu interesant de descărcare neautonomă în gaze este descărcarea în gaze în globul cu plasmă (fig. 2). Gazul rarefiat în glob este ionizat de către curentul electric de o frecvență foarte înaltă. Acei dintre voi care ați văzut cum funcționează așa o lampă, probabil, își vor aminti: dacă balonul va fi atins cu mâna, atunci razele se vor atrage de mână. Folosiți-vă de surse suplimentare de informații și aflați, de ce are loc aceasta, ce este comun între acest fenomen și funcționarea ecranului tactil, cine a fost inventatorul globului cu plasmă, și altele.
6. Transferați tabelul în caiet și completați-l. În fiecare coloniță dați nu mai puțin de cinci exemple de mărimi fizice.



Fig. 2



| Mărimile fizice, care caracterizează: | | |
|---------------------------------------|----------------------|------------------------|
| o anumită substanță | un anumit corp fizic | un anumit proces fizic |
| | | |

Fizica și tehnica în Ucraina



Institutul de sudare electrică în numele lui E. O. Paton al ANȘ a Ucrainei

Practic în fiecare zi noi ne întâlnim cu fenomenul descărcării în arc sau cu consecințele acțiunii ei. Acesta-i și micul «soare», care arde cu flacăra în mâinile muncitorului pe șantierul de construcție, și balamalele obișnuite, ce sunt sudate la ușa locuinței voastre. Anume datorită sudării descărcarea în arc a obținut o astfel de răspândire. Autoritatea de necontestat a Ucrainei în acest domeniu au asigurat-o lucrările savanților institutului de sudare electrică în numele lui E. O. Paton. Recunoașterea mondială institutul a dobândit-o datorită tehnologiei noi, pentru acele vremuri, de sudare sub flux, pe care a elaborat-o fondatorul și primul director al institutului, academicianului Evghen Oscarocivi Paton (1870–1953).

În fotografie – cunoscutul pod al lui Paton, din or. Kiev. Asociația de sudură americană a recunoscut acest pod ca cea mai remarcabilă construcție sudată a sec. XX.

Sub conducerea academicianului Boris Evghenovici Paton (1918–2020), care a fost la conducerea institutului de sudură între anii 1953–2020 au fost elaborate nu numai procedee obișnuite de sudare în industrie, ci și tehnologii noi, care sunt aplicate în cosmos și chiar pentru sudarea țesuturilor vii.

§ 40. TIPURILE DESCĂRCĂRILOR AUTONOME ÎN GAZE

Minunatele (iar uneori și periculoasele) fenomene: fulgerul, aureola boreală, strașnice pentru omul neștiutor «focurile sfântului Elma», strălucirea multicoloră a tuburilor cu gaze, strălucirea orbitoare în timpul sudării metalului – toate acestea sunt exemple de diverse descărcări autonome în gaze. De ce depinde și cum apare unul sau altul tip de descărcare în gaze, voi veți afla din acest paragraf.

1 Facem cunoștință cu descărcarea electrică prin scânteie în gaze

La presiune atmosferică normală și tensiune înaltă între electrozi apare **descărcarea prin scânteie în gaze**. Scânteile, care apar, când voi vă dezbrăcați puloverul din sintetică; fulgerul, în timpul furtunii; scânteia, care apare între conductorii încărcăți ai mașinii electrostatice (fig. 40.1) – toate acestea sunt exemple de descărcări prin scânteie.

Descărcarea prin scânteie are forma unor fâșii zigzagate strălucitoare, care se ramifică (fig. 40.2). Ea durează de tot câteva zeci de microsecunde și de regulă este însoțită de efecte sonore caracteristice (pârâit, trăsnet, tunet etc.). Chestia constă în aceea, că temperatura gazului, și deci și presiunea în canalul de descărcare cresc brusc, în consecință aerul repede se dilată și apare o undă sonoră, pe care noi o percepem ca sunet.

În tehnică descărcarea prin scânteie se aplică, de exemplu, în bujiile motoarelor cu benzină (fig. 40.3), pentru prelucrarea metalelor deosebit de dure.

Exemplu de măreață descărcare prin scânteie în natură este *fulgerul*.

În urma investigațiilor științifice s-a constatat, că în timpul furtunii are loc redistribuirea sarcinilor în norul furtunii, de aceea diferite porțiuni ale norului se încarcă cu sarcini electrice de semne opuse. De obicei straturile inferioare ale norului au sarcină negativă, iar cele superioare – pozitivă.

Tensiunea dintre doi nori vecini, orientați unul față de altul cu părțile încărcate de semne opuse, sau tensiunea dintre nor și Pământ atinge câteva sute de milioane de volți. Datorită



Fig. 40.1. Descărcarea prin scânteie dintre conductorii încărcăți ai mașinii electrostatice



Fig. 40.2. Aspectul exterior al descărcării prin scânteie



Fig. 40.3. Tensiunea electrică între electrozii bujiei constituie 12–15 mii volți



Fig. 40.4. Mihail Vasilievici Lomonosov (1711–1765) – renumit savant rus; unul dintre fondatorii chimiei fizice; poet, pictor, istoric

ionizării prin șoc, și în continuare – ionizarea prin radiație, care însoțește descărcarea, în câmpul electric dintre nori se formează avalanșe de ioni și electroni liberi, adică apare o descărcare autonomă în gaze de scurtă durată – *fulgerul*. Intensitatea curentului în canalul fulgerului ajunge până la sute de mii de amperi.

Proprietățile electrice ale fulgerului pentru prima dată au început să le studieze independent unul de altul savantul rus *M. V. Lomonosov* (fig. 40.4) și cercetătorul american *B. Franklin* (fig. 40.5).

2 Să ne păzim de lovitura fulgerului

S-a calculat, că în atmosfera globului pământesc în fiecare secundă au loc circa 100 de fulgere, iar fiecare al douăzecilea din ele lovește în pământ, uneori aducând pagube mari. Fulgerul poate provoca incendiile pădurilor, deteriorarea liniilor de transport a energiei electrice și chiar poate ucide oameni.

Pentru a nu deveni victima fulgerului, trebuie de ținut minte, că fulgerul cel mai frecvent nimește în obiectele comparativ mai înalte. În timpul furtunii trebuie de respectat următoarele **reguli**.

- Dacă furtuna v-a surprins în câmp, atunci nu trebuie să alergați – dimpotrivă, trebuie de se culcat, pentru a nu se evidenția pe acest teren.
- În timpul furtunii în pădure nu se poate de se ascuns sub copacii înalți, iar în câmp – sub un copac singuratic, un stog cu fân etc.
- În timpul furtunii nu se poate de se scăldat în bazinele de apă deschise, iar aflându-se sus în munți, mai bine e de se ascuns în peșteră sau sub o creastă adâncă.
- Dacă furtuna v-a surprins în automobil, nu ieșiți din el; trebuie de închis geamurile și ușile și de așteptat să treacă furtuna.
- În timpul furtunii nu se poate de lansat zmeul aerian: sfoara umedă devine conductor de electricitate, și fulgerul poate lovi în zmeu. Totodată sarcinile vor trece prin mâna și corpul omului în pământ. Printre altele, anume astfel în timpul experienței a fost accidentat prietenul și colegul lui *M. V. Lomonosov* savantul rus *Gheorg Rihman* (1711–1753).



Fig. 40.5. Benjamin Franklin (1706–1790) – savant american, renumit om de stat. Unul dintre primii cercetători ai electricității atmosferice; a propus construcția paratrăsnetului

3 Facem cunoștință cu descărcarea în gaze prin efect corona

Înainte de furtună sau în timpul furtunii lângă vârful ascuțite ale unor obiecte uneori se poate observa o iluminare violetă slabă în formă de coroană, care înconjoară vârful ascuțitului. Cercetările confirmă, că cauza acestui fenomen este descărcarea autonomă în gaze, care se numește descărcare **prin efect corona** (fig. 40.6).

Pe suprafața Pământului sub acțiunea câmpului electric al norului de furtună se acumulează (sunt induse) sarcini, de semne opuse sarcinii norului. Deosebit de dens asemenea sarcini sunt repartizate pe părțile ascuțite ale obiectelor. În rezultat câmpul electric de lângă vârful ascuțit este într-atât de intens, încât sarcina se scurge de pe obiectul ascuțit, ionizând aerul înconjurător. Deoarece câmpul este suficient de intens numai în jurul vârfului ascuțit, descărcările prin efect corona se observă numai lângă părțile ascuțite ale obiectelor.

Pe apariția descărcării prin efect corona se bazează acțiunea *paratrăsnetului*. Paratrăsnetul reprezintă o tijă metalică, legată prin intermediul unui conductor gros cu un obiect din metal (vezi fig. 40.7). Tija se instalează mai sus de cel mai superior punct al clădirii, pe care o protejează, iar obiectul din metal se îngroapă adânc în pământ (la nivelul apelor freactice). În timpul furtunii la capătul ascuțit al paratrăsnetului apare descărcarea prin efect corona. Ca urmare sarcina nu se acumulează pe clădire, ci se scurge de pe vârful paratrăsnetului.

Se consideră, că paratrăsnetul a fost descoperit de către Benjamin Franklin în a. 1752. Însă asemenea construcții au existat și mai înainte. De exemplu, pentru a se apăra de fulger marinarii Greciei Antice legau de lama sabiei o frânghie, sabia o legau de catarg iar vârful frânghiei îl scufundau în mare.



Fig. 40.6. «Focurile sfântului Elm» – descărcarea prin efect corona lângă vârful ascuțite ale catargelor corăbiilor – multe secole semănau groază printre navigatori, deoarece ei nu puteau explica corect natura lor adevărată

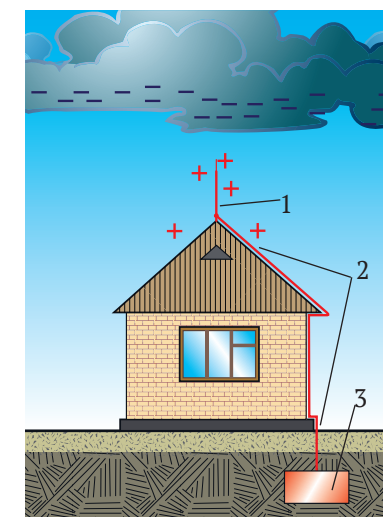


Fig. 40.7. Paratrăsnetul (paratunetul): 1 – tijă metalică ascuțită; 2 – conductor – sârmă grosă de conexiune; 3 – obiect metalic îngropat adânc în pământ

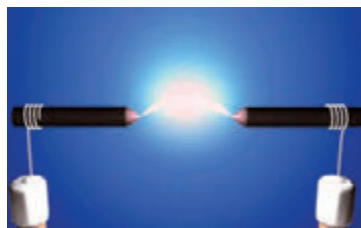


Fig. 40.8. Descărcarea de arc în gaze

4 Observăm descărcarea de arc în gaze

În a. 1802 fizicianul rus *Vasilii Vladimirovici Petrov* (1761–1834) a efectuat următoarea experiență. El a unit doi electrozi din carbon la polii unei baterii electrice mari, a unit electrozii între ei, iar apoi puțin i-a îndepărtat. Între capetele electrozilor savantul a observat o flacără strălucitoare în formă de arc, iar înseși capetele incandescente, iradiau lumină albă orbitoare. Așa a fost obținut încă un fel de descărcare autonomă în gaze – **descărcarea de arc în gaze (arcul electric)** (fig. 40.8). Să clarificăm pricina apariției ei.

Când electrozii sunt uniți, circuitul electric este închis și prin el circulă un curent electric suficient de puternic. În locul conectării rezistența circuitului este cea mai mare, deci, anume în acest loc, conform legii lui Joule – Lenz, se degajă cea mai mare cantitate de căldură. Capetele electrozilor se încing până la 4000–7000 °C, și de pe suprafața catodului încep să zboare electronii (are loc emisia termoelectronică).

Acum, dacă chiar electrozii se vor îndepărta, prin intervalul de gaz dintre ei va trece curentul, deoarece în gazul dintre electrozi va fi o cantitate suficientă de particule încărcate libere (electroni liberi, ce «s-au evaporat» de pe catod, și de asemenea electroni și ioni liberi, ce au apărut în urma ionizării gazului datorită temperaturii înalte). Ulterior temperatura înaltă a catodului și anodului este menținută de bombardarea electrozilor cu ioni pozitivi și negativi și electroni, accelerați de câmpul electric.

Temperatura înaltă a gazului ionizat în cazul descărcării de arc, și de asemenea iradierea luminii, care însoțește o astfel de descărcare, au asigurat o utilizare largă a arcului electric în știință, tehnică, industrie. Arcul electric «lucrează» ca o sursă puternică de lumină în fariuri. În metalurgie se utilizează cuptoarele electrice, în care se folosește arcul electric; cu jăratul arcului electric sunt sudate metalele etc (fig. 40.9).

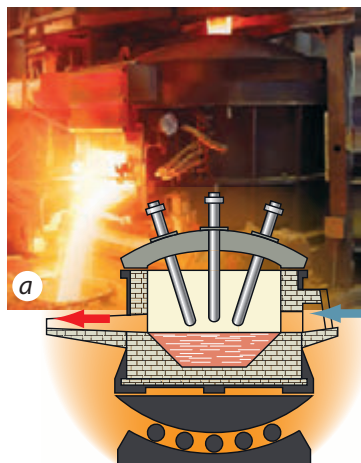


Fig. 40.9. Utilizarea descărcării în arc în gaze pentru topirea (a) și sudarea (b) metalelor

5 Clarificăm condițiile apariției descărcării luminescente în gaze

La *presiune joasă*, ce constituie zecimi și sutimi de mm c. Hg., poate fi observată lumina gazului rarefiat – **descărcarea luminescentă în gaze**. Vom aminti, că la presiune joasă distanța dintre molecule este atât de mare, încât chiar și într-un câmp electric slab electronii reușesc în timpul dintre ciocniri cu atomii și moleculele gazului să obțină o energie, suficientă pentru efectuarea ionizării prin șoc.

Descărcarea luminescentă se aplică în becurile cu lumina zilei (tuburile luminescente), în sursele cuantice de lumină – în laserii cu gaz. În afară de aceasta ea este folosită în tuburile colorate cu descărcare în gaze: culoarea iluminării în cazul descărcării luminescente este determinată de natura gazului, și deci, poate fi diferită.

E PERICULOS

de se apropiat de aparatele de tensiune înaltă (cu tensiunea de mii și sute de mii de volți), doar aerul, în deosebi cel umed, poate conduce curentul electric: în dependență de tensiune și de condițiile, în care se află utilajul și omul, accidentarea poate avea loc la distanța de câțiva zeci de centimetri.



Facem totalurile

Se disting patru tipuri principale de descărcări autonome în gaze.

Descărcarea în scânteie în gaze apare la presiune atmosferică și tensiune înaltă dintre electrozi. Ea reprezintă prin sine fâșii zigzagate strălucitoare, ce se ramifică. Exemplu de descărcare în scânteie gigantică este fulgerul. Lovitura fulgerului poate pricinui decesul, de aceea în timpul furtunii trebuie de respectat strict regulile de securitate.

Descărcarea autonomă în gaze, ce apare într-un câmp electric puternic lângă vârfulurile ascuțite ale obiectelor se numește descărcare prin efect corona.

La temperatură dintre electrozi de 4000–7000 °C, separați la o distanță mică, apare descărcarea în gaze, care este însoțită de iluminare foarte strălucitoare în formă de arc, – descărcarea electrică în arc.

La presiune joasă (în jur de 5 mm. C. Hg.) poate fi observată iluminarea gazului rarefiat în urma descărcării luminescente.

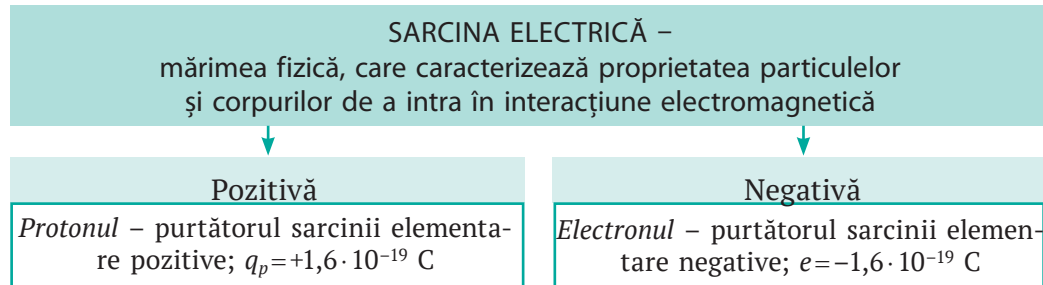


Întrebări pentru control

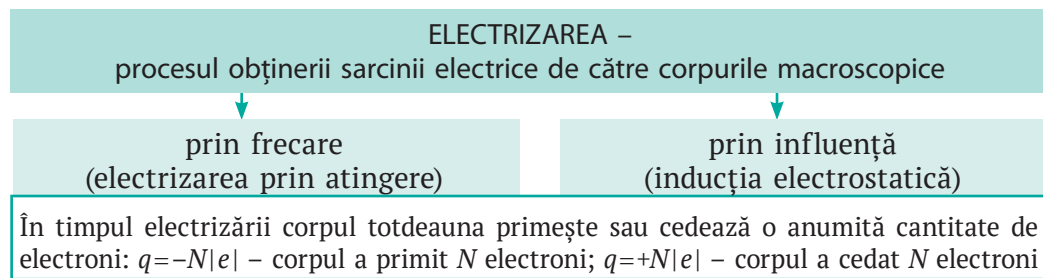
1. Enumerați felurile principale ale descărcărilor autonome în gaze.
2. Dați exemple de descărcare în scânteie în gaze. În ce condiții ea apare?
3. Ce este fulgerul? Când și de ce el apare?
4. Numiți principalele reguli de securitate, care trebuie respectate strict în timpul furtunii.
5. Ce reprezintă descărcarea prin efect corona?
6. Care particularități ale descărcării în arc au asigurat utilizarea ei pe scară largă?
7. Unde se aplică arcul electric?
8. În ce condiții apare descărcarea luminescentă în gaze? Unde ea se aplică?

FACEM TOTALURILE CAPITOLULUI II «Fenomene electrice. Curentul electric»

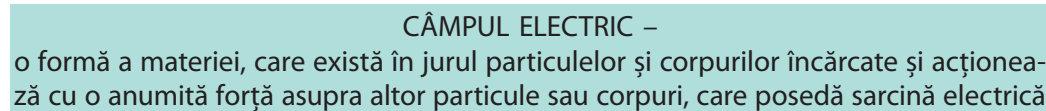
1. În capitolul II voi ați făcut cunoștință cu mărimi fizice noi, în special cu *sarcina electrică*.



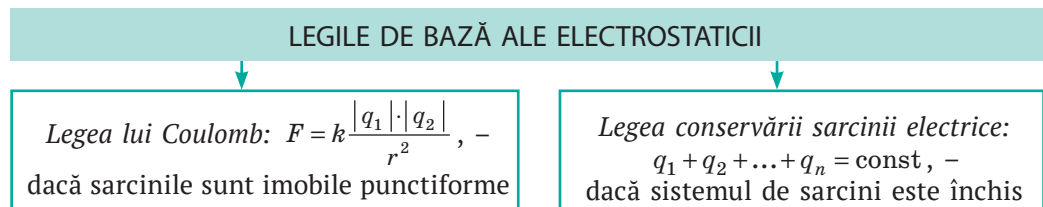
2. Voi ați stabilit, ce este *electrizarea* și cum *de electrizat un corp*.



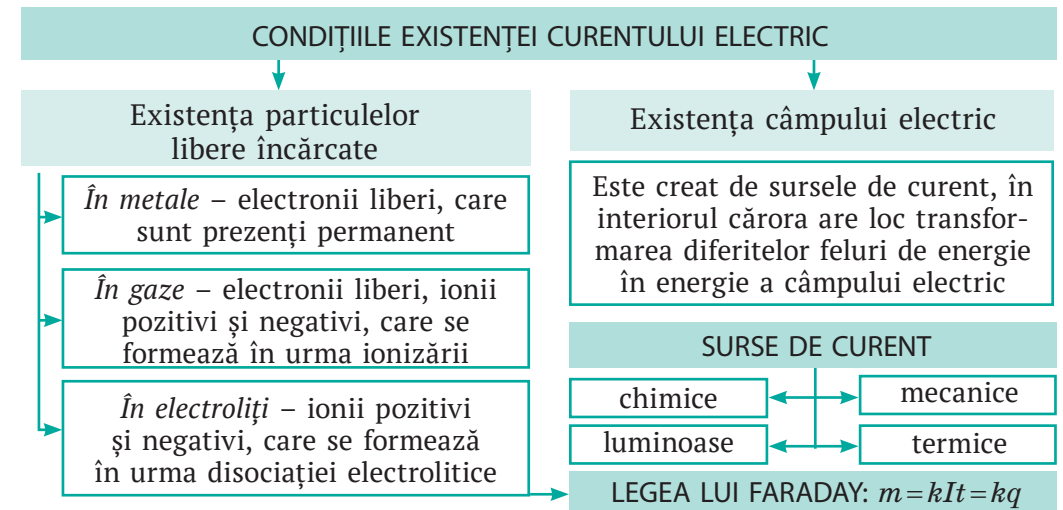
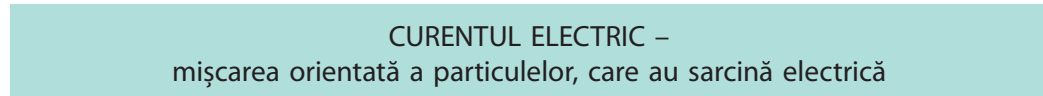
3. Voi ați aflat, că *corpul încărcat este o sursă a câmpului electric*.



4. Voi ați învățat *legile de bază ale electrostaticii*.



5. Voi ați aflat despre *curentul electric și condițiile existenței lui*.



6. Voi ați învățat *mărimile fizice, care caracterizează trecerea curentului electric printr-o porțiune de circuit și ați urmărit legătura dintre ele*.

| Mărimea fizică | Notarea simbolică | Unitatea de măsură în SI | Formula pentru determinare | Aparatul cu care se măsoară |
|-------------------------|-------------------|--------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Intensitatea curentului | I | A (amper) | $I = q/t$ | Ampermetru |
| Tensiunea | U | V (volt) | $U = A/q$ | Voltmetru |
| Rezistența | R | Ohm (om) | $R = \rho l/S$ | Ohmmetru |



7. Ați făcut cunoștință cu diferite *feluri de legare a conductorilor*.

| Mărimea fizică | Felul de legare a conductorilor | |
|-------------------------|---------------------------------|---|
| | În serie | În paralel |
| Intensitatea curentului | $I = I_1 = I_2 = \dots = I_n$ | $I = I_1 + I_2 + \dots + I_n$ |
| Tensiunea | $U = U_1 + U_2 + \dots + U_n$ | $U = U_1 = U_2 = \dots = U_n$ |
| Rezistența | $R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$ | $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$ |

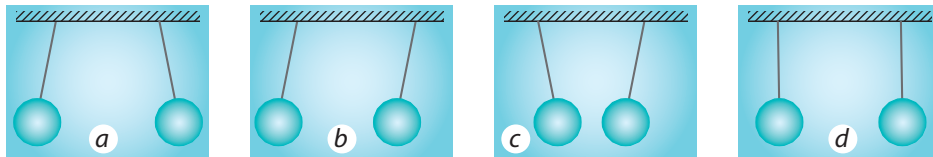
8. Voi ați observat acțiunea curentului electric și ați aflat, cum se *determină lucrul și puterea curentului; cantitatea de căldură*.

| | |
|--------------------------------------|---|
| <i>Lucrul curentului:</i> $A = UI t$ | <i>Cantitatea de căldură, ce se degajă în urma trecerii curentului (legea lui Joule – Lenz):</i> $Q = P R t$ |
| <i>Puterea curentului:</i> $P = UI$ | |

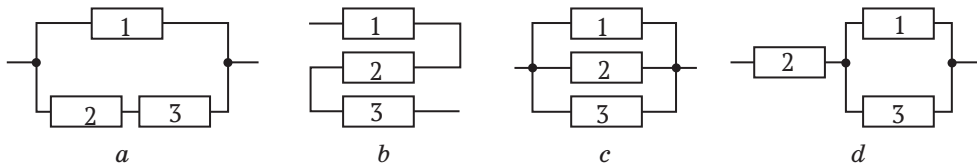
ÎNSĂRCINĂRI PENTRU AUTOVERIFICARE LA CAPITOLUL II «Fenomene electrice. Curentul electric»

PARTEA 1. Sarcina electrică. Câmpul electric. Curentul electric

1. (1 bal) În figură sunt reprezentate patru perechi de bile, suspendate pe fire de mătase. Pe care desen sunt reprezentate bilele încărcate cu sarcini de același semn?



2. (1 bal) În care figură rezistoarele 1 și 2 sunt legate în serie?



3. (1 bal) În fig. 1 sunt reprezentate liniile câmpului electric, creat de două bile încărcate. Care afirmație este justă?

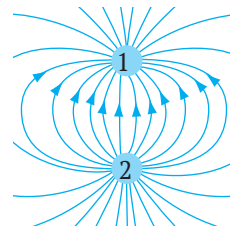


Fig. 1

- a) Ambele bile au sarcină pozitivă.
b) Ambele bile au sarcină negativă.
c) Bila 1 este încărcată negativ, bila 2 – pozitiv.
d) Sarcina bilei 1 este mai mare decât sarcina bilei 2.

4. (1 bal) Stabiliți corespondența dintre elementul circuitului electric și notarea lui în schemă.

| | | | |
|----------------------|-------|---------|--------------------|
| 1 Element încălzitor | 2 Bec | 3 Cheie | 4 Element galvanic |
| A | B | C | D |
| E | | | |

5. (2 baluri) Stabiliți corespondența dintre aparatul și mărimea fizică, care se măsoară cu el.

| | | | |
|--------------|---------------------------|--------------|---------------|
| 1 Ampermetru | 2 Voltmetru | 3 Ohmmetru | 4 Dinamometru |
| A Forța | B Intensitatea curentului | C Rezistența | D Densitatea |
| E Tensiunea | | | |

6. (2 baluri) Pe soclul becului electric al lanternei este scris: «4,4 V; 0,22 A». Care este rezistența filamentului de incandescență al becului în timpul iluminării?

a) 0,05 Ohm; b) 0,968 Ohm; c) 4,18 Ohm; d) 20 Ohm.

7. (2 baluri) Care este rezistența unei sârme din nicrom cu lungimea de 20 cm și aria secțiunii transversale de 2 mm²?

a) 0,11 Ohm; b) 11 Ohm; c) 22 Ohm; d) 44 Ohm.

8. (2 baluri) Stabiliți corespondența dintre transformările de energie, ce au loc în dispozitivul tehnic și denumirea dispozitivului.

| | |
|---|--------------------|
| 1 Energia chimică se transformă în electrică. | A Fotoelementul |
| 2 Energia electrică se transformă în mecanică. | B Acumulatorul |
| 3 Energia electrică se transformă în termică. | C Motorul electric |
| 4 Energia luminoasă se transformă în electrică. | D Încălzitorul |
| | E Termocuplul |

9. (3 baluri) În decurs de 10 s printr-o porțiune de circuit a trecut sarcina electrică de 15 C, totodată câmpul electric a efectuat în porțiune un lucru de 315 J. Stabiliți corespondența dintre mărimile fizice și valorile lor în SI.

1 Tensiunea pe porțiune 2 Intensitatea curentului 3 Rezistența porțiunii pe porțiune

A 1,5 B 14 C 21 D 31,5

10. (3 baluri) În ce mod cu ajutorul unei bile conductoare încărcate pozitiv 1 de încărcat cu sarcină negativă o bilă identică, însă neîncărcată 2, fără a mări și fără a micșora sarcina bilei 1?

11. (3 baluri) Cum s-a schimbat distanța dintre două sarcini punctiforme, dacă forța lor de interacțiune s-a micșorat de 16 ori?

12. (3 baluri) Rezistoarele cu rezistențele de 3 și 6 Ohm sunt legate în serie. Determinați intensitatea curentului în circuit și tensiunea pe fiecare rezistor, dacă tensiunea totală pe rezistoare este de 1,8 V.

13. (3 baluri) Trei rezistoare cu rezistențele de 9 Ohm fiecare sunt legate în paralel și conectate la o sursă de curent, tensiunea la bornele căreia este de 12 V. Care este intensitatea curentului în circuit?

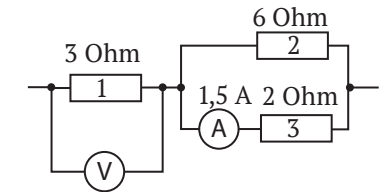


Fig. 2

14. (4 baluri) O bilă conductoare mică cu sarcina de $6 \cdot 10^{-9}$ C s-a atins de o bilă identică, însă neîncărcată. Cu ce forță interacționează bilele după atingere, dacă ele s-au îndepărtat la distanța de 9 cm?

15. (4 baluri) După fig. 2 determinați indicațiile voltmetrului și tensiunea totală pe porțiunea de circuit.

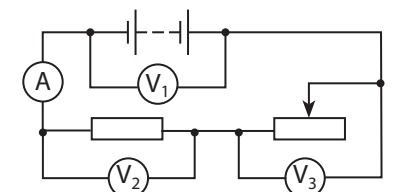


Fig. 3

16. (4 baluri) Cum se vor schimba indicațiile aparatelor (fig. 3), dacă culisorul reostatului se va deplasa la stânga?

Confrunțați răspunsurile voastre cu cele indicate la sfârșitul manualului. Marcați însărcinările, pe care le-ați executat corect și numărați suma balurilor. Apoi această sumă împărțiți-o la trei. Rezultatul obținut va corespunde nivelului vostru de reușită la învățatură.



Însărcinări de antrenare sub formă de teste cu verificare la calculator.

PARTEA 2. Lucrul și puterea curentului electric. Curentul electric în diferite medii

În însărcinările 1, 2 determinați sfârșitul corect al enunțului.

- (1 bal) În gaze particulele libere încărcate pot apărea în rezultatul...
 a) disociației electrolitice c) acțiunii ionizatorului exterior
 b) polarizării moleculelor gazului d) recombinației moleculelor gazului
- (1 bal) Purificarea metalelor cu ajutorul electrolizei se numește...
 a) galvanostegie c) disociație electrolitică
 b) galvanoplastie d) rafinare
- (2 baluri) Stabiliți corespondența dintre tipul descărcării autonome în gaze, ce stă la baza acțiunii dispozitivului tehnic și denumirea dispozitivului.

| | |
|----------------------------|----------------------------|
| 1 Descărcarea în arc | A Paratrăsnet |
| 2 Descărcarea în scânteie | B Bujie |
| 3 Descărcarea prin coronă | C Bec cu descărcare în gaz |
| 4 Descărcarea luminiscentă | D Bec luminiscent |
| | E Aparat de sudat |
- (2 baluri) În fig. 1 sunt reprezentate schematic trei sârme, care sunt confecționate din materiale diferite și conectate la o sursă de curent. Lungimile sârmelor și de asemenea ariile secțiunilor transversale ale lor sunt aceleași. În care sârmă se degajă cea mai mare cantitate de căldură?



Fig. 1

a) în cel de oțel; b) în cel de cupru; c) în cel de nicrom; d) în sârme se degajă aceeași cantitate de căldură.

- (2 baluri) Printr-un conductor în decursul a 10 s a trecut curentul cu intensitatea de 0,3 A. Ce lucru a efectuat curentul, dacă tensiunea la extremitățile conductorului a fost de 4 V?
 a) 0,12 J; b) 0,74 J; c) 3,6 J; d) 12 J.
- (2 baluri) Intensitatea curentului în elementul încălzitor al fierului de călcat constituie 5 A, rezistența elementului – 40 Ohm. Ce cantitate de căldură se degajă în elementul încălzitor în decurs de 5 min?
 a) 2 J; b) 200 J; c) 300 kJ; d) 5 kJ.
- (2 baluri) Care este intensitatea curentului în filamentul becului electric (fig. 2) la tensiune nominală?
 a) aproximativ 0,45 A; b) 2,2 A; c) 22 kA;
 d) nu poate fi stabilit.

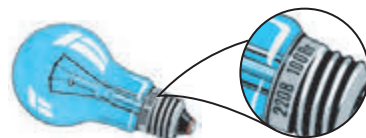


Fig. 2

- (2 baluri) În timpul argintării produsului în decursul 1 ore pe catod s-au depus 2 g de argint. Care era valoarea aproximativă a intensității curentului în procesul argintării?
 a) 0,3 A; b) 0,4 A; c) 0,5 A; d) 0,6 A.

- (3 baluri) Trei rezistoare sunt conectate într-un circuit electric (fig. 3). Ce cantitate de căldură se va degaja în circuit în 2 s, dacă intensitatea curentului în rezistorul 1 este egală cu 1 A, iar rezistența fiecărui rezistor constituie 2 Ohm?
 a) 1 J; b) 2 J; c) 6 J; d) 12 J.

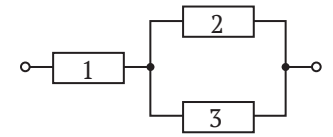


Fig. 3

- (3 baluri) Două rezistoare, ce au rezistențele de 3 și 6 Ohm, sunt legate în paralel și conectate la o sursă de curent, tensiunea la bornele căreia este egală cu 12 V. Determinați puterea curentului electric în fiecare rezistor și pe întreaga porțiune.
- (4 baluri) Un transportor ridică o sarcină cu masa de 300 kg la înălțimea de 16 m în decurs de 2 min. Determinați intensitatea curentului în motorul electric al transportorului, dacă tensiunea în rețea este egală cu 380 V, iar randamentul transportorului constituie 60%.
- (4 baluri) Într-un ceainic electric, rezistența spiralei căruia constituie 110 Ohm, s-au turnat 2 l de apă. Ceainicul a fost conectat în rețeaua electrică cu tensiunea de 220 V și peste 0,5 min l-au deconectat. Cu câte grade s-a mărit temperatura apei în ceainic, dacă randamentul ceainicului constituie 70%?

- (4 baluri) Trei rezistoare sunt unite așa, cum este indicat în fig. 4 și sunt conectate la o baterie de elemente galvanice. Tensiunea la clemele bateriei constituie 12 V, rezistența fiecărui rezistor este egală cu 6 Ohm. Determinați puterea, pe care o consumă fiecare rezistor.

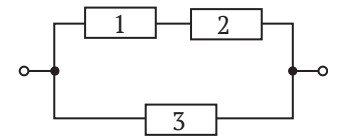


Fig. 4

- (4 baluri) Nichelarea unei plăci metalice a fost efectuată la o intensitate a curentului de 0,89 A și a durat 1 oră 36 min. Determinați grosimea stratului de nichel, care a acoperit placa, dacă aria suprafeței plăcii constituie 96 cm².

Confrunțați răspunsurile voastre cu cele indicate la sfârșitul manualului. Marcați însărcinările, pe care le-ați executat corect și numărați suma balurilor. Apoi această sumă împărțiți-o la trei. Rezultatul obținut va corespunde nivelului vostru de reușită la învățatură.



Însărcinări de antrenare sub formă de teste cu verificare la calculator.

De la buteliile de leyda până la supercondensatoare

Secolelor XVIII–XIX le revin o serie de invenții, care fiind modernizate într-un anumit mod, au ajuns până în zilele noastre. Așa, studiind influența câmpului electric asupra diferitor obiecte savantul englez *Michael Faraday* a confecționat o cușcă în formă de cub cu muchia de 4 m, a căptușit pereții ei cu un material, care conduce bine curentul electric și a izolat-o de pământ. După părerea savantului, această construcție trebuia să-l apere pe cercetător temeinic de influența câmpului electric. Pentru a verifica eficacitatea dispozitivului savantul a luat un electroscoap foarte sensibil și a intrat în cușcă. Asistenții din exterior creau descărcări electrice puternice, însă electroscoapul nu a înregistrat prezența sarcinii electrice în cușcă. Dispozitivul a primit denumirea de *cușca lui Faraday* și la ora actuală analogul lui se folosește pentru protecția de acțiuni câmpurilor electromagnetice.

Majoritatea din noi se folosesc de cușca lui Faraday «inversă», încălzind mâncarea în cuptorul cu microunde. Corpul metalic al cuptorului și rețeaua, depusă pe sticla ușiței «nu permit» undelor electromagnetice să iasă în exterior.

Sarcina electrică și energia legată de ea au un neajuns important – este greu de le acumulat. Noi toți cunoaștem «capacitățile pentru electricitate» – bateriile și acumulatorii. Mai un dispozitiv pentru acumularea sarcinii electrice – *butelia de Leyda* (fig. 1), care a fost creată la mijlocul sec. XVIII în orașul Leiden (Olanda).

Dispozitivul reprezintă un vas de sticlă, acoperit din interior și din exterior cu foițe de staniol. Unirea cu armătura interioară se face cu ajutorul unei vergele metalice, fixate în interiorul buteliei. Pentru a încărca butelia de Leyda, trebuie de atins vergeaua cu un corp încărcat (totodată butelia trebuie ținută în mână – astfel armătura exterioară a buteliei se leagă cu pământul). Dacă se va executa această operație de câteva ori, atunci se poate acumula o sarcină considerabilă (fig. 2).



Fig. 1



Fig. 2

Principiul de funcționare a buteliei de Leyda este pus la baza construcției, care după numele inventatorului a obținut denumirea de *generator Van de Graaf* (fig. 3). Acest dispozitiv funcționează în felul următor. În interiorul unei sfere izolate (1), confecționate din conductor, este introdusă banda unui transportor (2), care se află într-o mișcare continuă. Mișcându-se banda se încarcă și-i transmite sarcina sferei. Generatorul Van de Graaf este «inima» unor acceleratori contemporani, care sunt folosiți pentru studierea microuniversului (fig. 4).

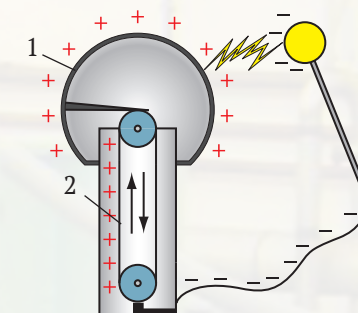


Fig. 3

Dar poate oare butelia de Leyda să fie de folos în viața de toate zilele? Se dovedește, că da!

Se știe, că greutatea acumulatorului de la automobil constituie mai mult de zece kilograme, și acest dispozitiv greu lucrează la capacitatea lui maximă de tot câteva secunde – când trebuie de demarat motorul. Alte necesități ale sistemului electric al automobilului satisface generatorul, iar pentru alimentarea becurilor în timpul parcării automobilului e suficientă de o baterie mică. La ce totuși trebuie de dus cu sine kilograme de prisos? Așa o întrebare și-au pus-o și inginerii. La ora actuală ei deja au găsit procedeul micșorării considerabile a dimensiunilor acumulatorului, aplicând *analogul actual al buteliei de Leyda – supercondensatorul* (fig. 5), energia căruia se folosește numai în timpul demarării motorului. Dimensiunile și greutatea supercondensatorului sunt cu mult mici decât cele acumulatorului pentru automobil. Fiți de acord, că deferența impresionează!



Fig. 4



Fig. 5

Temele orientative ale proiectelor

1. Electricitatea în viața omului.
2. Dispozitivele electrice casnice și industriale contemporane.
3. Aplicarea electrolizei în activitatea practică a omului.
4. Utilizarea curentului în gaze în activitatea practică a omului.
5. Influența curentului electric asupra organismului omului.

Temele referatelor și comunicărilor

1. Din istoria studierii fenomenelor electrice.
2. Electricitatea statică în viața noastră și în natura vie.
3. Electrosmogul în jurul nostru.
4. Georg Simon Ohm: istoria vieții.
5. Sursele contemporane de alimentare pentru dispozitivele electronice.
6. Surse de curent electric pentru cercetările cosmice.
7. Aplicarea electricității în medicină.
8. Acțiunea curentului electric asupra celulelor plantelor și altor organisme vii.
9. Istoria becului electric.
10. Alfabetul Morse și telegraful electric.
11. Regulile de bază ale montării rețelei de iluminare și de alimentare.
12. Supraconductibilitatea: istoria descoperirii și perspectivele utilizării.
13. Istoria electrolizei.
14. Contribuția savanților ucraineni în dezvoltarea sudării electrice.
15. Cum funcționează ecranul tactil.
16. Curentul electric în semiconductori.
17. Cum a fost descoperit paratrăsnetul

Temele cercetărilor experimentale

1. Crearea electroscopului și cercetarea fenomenelor electrostatice.
2. Experimente interesante din electrostatică.
3. Vizualizarea liniilor de forță ale câmpului electric cu ajutorul «acelor» de paie, crupelor de gris, semințelor de fenicul.
4. Crearea diverselor surse de alimentare.
5. Influența câmpului electric asupra calității semințelor și roadei.
6. Studiarea conductibilității electrice a diverselor lichide.
7. Studiarea alimentării cu energie electrică a apartamentului.

Înainte de a începe lucrul asupra proiectului, referatului, efectuării cercetării experimentale faceți cunoștință cu precauție cu povețele din internet susținerea manualului.

PENTRU PRACTICUMURI LA REZOLVAREA PROBLEMELOR

Capitolul I. Fenomene termice

- 1.1. Ce cantitate de căldură se degajă în timpul răcirii a 200 g de ulei cu 10 °C?
- 1.2. Un ceainic cu capacitatea de 2 l a fost umplut pe jumătate cu apă la o temperatură de 20 °C. Ce cantitate de căldură trebuie să fie transmisă apei din ceainic pentru a o încălzi până la 100 °C?

1.3. O cană încălzită din aluminiu cu masa de 115 g a transmis mediului înconjurător 2 kJ de căldură. Până la ce temperatură a fost încălzită cana, dacă temperatura mediului înconjurător este de 25 °C?

1.4. Conform graficului dependenței temperaturii substanței cu masa de 200 g, luate în stare solidă, de cantitatea de căldură absorbită de ea (fig. 1) aflați capacitatea termică specifică a acestei substanțe în stare solidă și căldura specifică de topire a substanței.

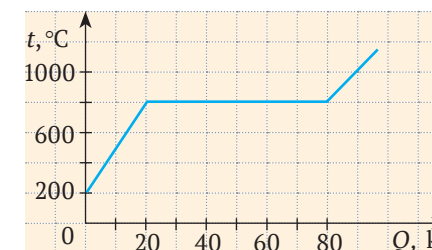


Fig. 1

1.5. Un băiat a făcut un bulgăre de zăpadă și l-a ținut în mână până când el s-a topit. Ce cantitate minimă de căldură a fost transmisă bulgărelui de zăpadă, dacă masa lui era egală cu 40 g și el conținea 25 % de apă?

1.6. Într-un vas de fier cu apă a fost introdusă o bucată de gheață cu masa de 100 g cu temperatura de -10 °C. Ce temperatură se va stabili în vas, dacă masa vasului este de 200 g, masa apei - 100 g, iar temperatura inițială a vasului și a apei a fost de 10 °C?

1.7. Ce cantitate de căldură trebuie transmisă eterului lichid cu masa de 50 g, luat la temperatura de 35 °C, pentru a-l transforma complet în vapori?

1.8. Substanța lichidă cu masa de 150 g este situată sub un piston ce se mișcă ușor. După graficul dependenței temperaturii acestei substanțe de cantitatea de căldură absorbită de ea (fig. 2) determinați căldura specifică de vaporizare a substanței.

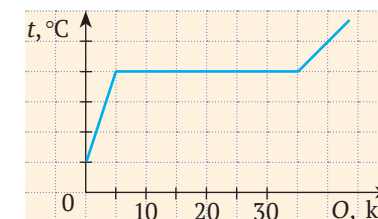


Fig. 2

1.9. În urma arderii complete a turbei s-a degajat 225 MJ de căldură. Câtă turbă a fost arsă?

1.10. Spirtierele moderne pentru turism au randamentul de aproximativ 50 %. Cât spirt a fost ars, dacă turistul a încălzit 0,45 l de apă de la 20 °C până la fierbere?

1.11. Capacitatea rezervorului de combustibil al minitractorului este de 32 l, puterea medie a motorului diesel cu patru timpi al lui - 16,8 kW, randamentul motorului - 30 %. Cât timp poate să funcționeze minitractorul fără realimentare?

Capitolul 2. Capitolul II. Fenomene electrice. Curentul electric

2.1. Două electroscopae neîncărcate au fost unite printr-o tijă metalică (fig. 3, a). De electroscopul 1 s-a apropiat un bastonaș de sticlă, freat cu mătase (fig. 3, b). Fără a înlătura bastonașul, s-a înlăturat tija, iar apoi s-a îndepărtat și bastonașul. Pe baza legilor și fenomenelor cunoscute, explicați de ce după aceasta electroscopaele au rămas încărcate și stabiliți semnul sarcinii fiecărui electroscop.

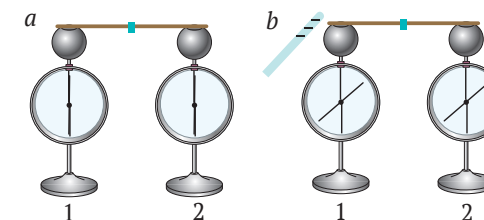


Fig. 3

2.2. Sarcina unei bile mici este egală cu $8 \mu\text{C}$. Câți electroni excesivi se conțin pe această bilă?

2.3. Trei bile identice conductoare cu sarcinile de $4q$, $-5q$, $7q$ au fost unite între ele și apoi îndepărtate. Determinați sarcina fiecărei bile după îndepărtare.

2.4. Distanța dintre două sarcini punctiforme a fost micșorată de două ori, iar fiecare dintre sarcini s-a mărit de 3 ori. De câte ori și cum s-a schimbat forța de interacțiune electrostatică?

2.5. Două mărgele identice conductoare au fost îmbrăcate pe o vergea verticală neconductoare. Mărgeaua inferioară este fixată, iar cea superioară poate aluneca de-a lungul vergelei fără frecare. După ce mărgelele au primit sarcini electrice de 40 nC , mărgeaua superioară s-a oprit la o distanță de 3 cm de la cea inferioară. Determinați masa mărgelelor.

În problemele de mai jos, neglijați rezistențele conductoarelor de conexiune, iar aparatele de măsură considerați-le ideale.

2.6. Un elev a compus un circuit electric dintr-o baterie de elemente galvanice, un ampermetru, cheie și rezistor. Determinați ce sarcină a trecut prin secțiunea transversală a rezistorului în decurs de 1 min , dacă ampermetrul indică $1,5 \text{ A}$.

2.7. Ce lucru efectuează câmpul electric la deplasarea unei sarcini de $0,5 \text{ C}$ pe o porțiune de circuit, dacă tensiunea în porțiune este egală cu $2,4 \text{ V}$?

2.8. În timpul funcționării aparatului de cafea intensitatea curentului în elementul lui încălzitor este egală cu 5 A . Care este rezistența elementului încălzitor, dacă tensiunea în rețea este de 220 V ?

2.9. Aria secțiunii transversale a unei sârme de nicrom – $0,44 \text{ mm}^2$. Sârmă de ce lungime trebuie de luat pentru a confecționa un rezistor cu rezistența de 2 Ohm ?

2.10. Trei rezistoare cu rezistențe de $1,2 \text{ Ohm}$, $4,8 \text{ Ohm}$ și 3 Ohm au fost unite în serie și conectate la o sursă de curent cu o tensiune de ieșire de $4,5 \text{ V}$. Determinați intensitatea curentului în circuit și tensiunea pe fiecare rezistor.

2.11. Pentru funcționarea calitativă a lămpii cu LED-uri tensiunea în ea trebuie să fie de 2 V , iar intensitatea curentului – 20 mA . Ce rezistență trebuie să posede rezistorul conectat în serie cu lampa, pentru ca ea să poată fi alimentată de la un acumulator, a cărui tensiune la ieșire este de 12 V ?

2.12. Două becuri electrice cu rezistențe de 24 Ohm și 12 Ohm sunt unite în paralel și conectate la o sursă de curent, a căreia tensiune la ieșire este de 24 V . Care este intensitatea totală a curentului în circuit și intensitatea curentului în fiecare bec?

2.13. Doi conductori la legarea în serie au o rezistență totală de 27 Ohm , la legarea în paralel – 6 Ohm . Determinați rezistența fiecărui conductor.

2.14. Opt rezistoare identice cu rezistențele de 1 Ohm fiecare sunt legați într-un circuit electric (fig. 4). Intensitatea totală a curentului în circuit este de 8 A . Ce tensiune indică voltmetrul?

2.15. Ce lucru va efectua curentul electric cu intensitatea de 2 A timp de 10 minute , dacă tensiunea în circuit este de $4,5 \text{ V}$?

2.16. În timpul unei opriri de urgență a automobilului 4 lămpi cu puterea de 5 W fiecare și 4 indicatoare de viraj cu puterea de 20 W fiecare funcționează simultan. Ce putere totală consumă lămpile? Care este intensitatea totală a curentului în lămpi și intensitatea curentului în fiecare lampă dacă în timpul opririi lămpile consumă energie de la un acumulator, tensiunea de ieșire a căruia este de 12 V ?

2.17. Argintul cu masa de 120 kg a fost topit complet într-un cuptor electric în 20 min . Care este puterea cuptorului electric, dacă înainte de topire argintul a fost încălzit până la $950 \text{ }^\circ\text{C}$?

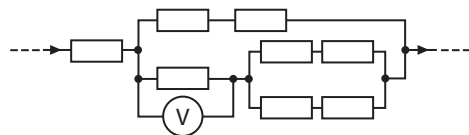


Fig. 4

ANEXĂ*

Tabelul 1. Capacitatea termică specifică c a unor substanțe în diferite stări de agregare

Substanțe în stare solidă

| Substanța | $c, \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$ | Substanța | $c, \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$ | Substanța | $c, \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$ |
|--------------|--|-----------|--|-----------|--|
| Aluminiu | 920 | Alamă | 400 | Argint | 250 |
| Grafit | 750 | Gheață | 2100 | Oțel | 500 |
| Lemn(stejar) | 2400 | Cupru | 400 | Cărămidă | 880 |
| Fier | 460 | Staniu | 230 | Zinc | 400 |
| Aur | 130 | Plumb | 140 | Fontă | 540 |

Substanțe în stare lichidă

| Substanța | $c, \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$ | Substanța | $c, \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$ | Substanța | $c, \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$ |
|----------------|--|-----------|--|-----------|--|
| Aluminiu | 1080 | Heliu | 4190 | Ulei | 1700 |
| Apă | 4200 | Eter | 2350 | Mercur | 140 |
| Petrol lampant | 2100 | Fier | 830 | Spirt | 2500 |

Substanțe în stare gazoasă (la presiune constantă)

| Substanța | $c, \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$ | Substanța | $c, \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$ | Substanța | $c, \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$ |
|---------------|--|------------------|--|-----------|--|
| Hidrogen | 14 300 | Dioxid de carbon | 830 | Oxigen | 920 |
| Vapori de apă | 2200 | Heliu | 5210 | Aer | 1000 |

Tabelul 2. Temperatura t de topire și cristalizare a unor substanțe (la presiune atmosferică normală)

| Substanța | $t, ^\circ\text{C}$ | Substanța | $t, ^\circ\text{C}$ | Substanța | $t, ^\circ\text{C}$ |
|-----------|---------------------|-----------|---------------------|-----------|---------------------|
| Aluminiu | 660 | Cupru | 1087 | Spirt | -115 |
| Hidrogen | -256 | Naftalină | 80 | Argint | 962 |
| Wolfram | 3387 | Staniu | 232 | Oțel | 1400 |
| Fier | 1535 | Parafină | 55 | Titan | 1660 |
| Aur | 1065 | Mercur | -39 | Zinc | 420 |
| Gheață | 0 | Plumb | 327 | Fontă | 1200 |

* Datele din tabele sunt indicate cu o precizie destul de scăzută. Această precizie este suficientă pentru a se învăța a rezolva probleme. Cu toate acestea, atrageți atenția, că pentru calculele științifice și ingineresti este adesea necesar să cunoașteți valorile mărimilor de până la zece cifre semnificative iar uneori chiar și mai multe!

Tabelul 3. Căldura specifică de topire λ a unor substanțe*

| Substanța | $\lambda, \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$ | Substanța | $\lambda, \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$ | Substanța | $\lambda, \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$ |
|-----------|--|-----------|--|-----------|--|
| Aluminiu | 393 | Cupru | 213 | Mercur | 12 |
| Wolfram | 185 | Nichel | 300 | Plumb | 25 |
| Fier | 270 | Staniu | 59 | Spirt | 105 |
| Aur | 67 | Parafină | 150 | Argint | 87 |
| Gheață | 332 | Platină | 113 | Oțel | 84 |

Tabelul 4. Temperatura de fierbere t_{fierb} a unor substanțe*

| Substanța | $t_{\text{fierb}}, ^\circ\text{C}$ | Substanța | $t_{\text{fierb}}, ^\circ\text{C}$ | Substanța | $t_{\text{fierb}}, ^\circ\text{C}$ |
|-----------|------------------------------------|-----------|------------------------------------|-----------|------------------------------------|
| Apă | 100 | Fier | 2750 | Ulei | 310 |
| Hidrogen | -253 | Oxigen | -183 | Mercur | 357 |
| Glicerină | 290 | Cupru | 2567 | Plumb | 1740 |
| Eter | 35 | Lapte | 100 | Spirt | 78 |

Tabelul 5. Căldura specifică de vaporizare r a unor substanțe* (la temperatura de fierbere)

| Substanța | $r, \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$ | Substanța | $r, \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$ | Substanța | $r, \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$ |
|-----------|----------------------------------|-----------|----------------------------------|-----------|----------------------------------|
| Azot | 0,2 | Apă | 2,3 | Mercur | 0,3 |
| Amoniac | 1,4 | Eter | 0,4 | Spirt | 0,9 |

Tabelul 6. Căldura specifică de ardere q a unor tipuri de combustibile

| Combustibilul | $q, \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$ | Combustibilul | $q, \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$ | Combustibilul | $q, \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$ |
|-------------------|----------------------------------|-------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------------|
| Antracitul | 30 | Motorina | 42 | Propanul | 46 |
| Benzina | 46 | Lemnele uscate | 10 | Paiete | 14 |
| Cărbunele brun | 12 | Cărbune de pământ | 27 | Spirtul | 27 |
| Hidrogenul | 120 | Petrolul | 44 | Combustibilul solid | 30 |
| Petrolul lampant | 46 | Praful de pușcă | 4 | Turba | 15 |
| Cărbunele de lemn | 34 | Gazul natural | 44 | Trotitul | 15 |

* La presiune atmosferică normală – 760 mm c. Hg.

Tabelul 7. Rezistența specifică ρ a unor substanțe (la temperatura de 20°C)

| Substanța | $\rho, \frac{\text{Ohm} \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$ | Substanța | $\rho, \frac{\text{Ohm} \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$ | Substanța | $\rho, \frac{\text{Ohm} \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$ |
|--------------------|---|-------------------|---|---------------|---|
| Aluminiu | 0,028 | Nichelina (aliaj) | 0,42 | Apa distilată | $10^9 - 10^{10}$ |
| Wolfram | 0,055 | Nicrom (aliaj) | 1,1 | Apa de mare | $3 \cdot 10^5$ |
| Grafit | 13 | Staniu | 0,12 | Cauciuc | $10^{17} - 10^{18}$ |
| Fier | 0,10 | Platina | 0,10 | Lemn uscat | $10^{15} - 10^{16}$ |
| Aur | 0,024 | Mercur | 0,96 | Ebonită | $10^{18} - 10^{20}$ |
| Constantan (aliaj) | 0,50 | Plumb | 0,21 | Aer | $10^{21} - 10^{24}$ |
| Alama (aliaj) | 0,07–0,08 | Argint | 0,016 | Porțelan | 10^{19} |
| Manganin (aliaj) | 0,43 | Oțel | 0,10–0,13 | Sticla | $10^{15} - 10^{19}$ |
| Cupru | 0,017 | Fecral (aliaj) | 1,3 | Mica | $10^{17} - 10^{21}$ |

Tabelul 8. Echivalenții electrochimici $k, \frac{\text{mg}}{\text{C}}$

| | | | | | |
|-------------------------------|------|-----------------------------|------|---------------------------|------|
| Aluminiu (Al^{3+}) | 0,09 | Cupru (Cu^+) | 0,66 | Argint (Ag^+) | 1,12 |
| Hidrogen (H^+) | 0,01 | Cupru (Cu^{2+}) | 0,33 | Clor (Cl^-) | 0,37 |
| Fier (Fe^{3+}) | 0,19 | Sodiu (Na^+) | 0,24 | Crom (Cr^{3+}) | 0,18 |
| Oxigen (O^{2-}) | 0,08 | Nichel (Ni^{2+}) | 0,30 | Zinc (Zn^{2+}) | 0,34 |

Tabelul 9. Densitatea unor substanțe ρ (la temperatura 15–20 °C) Substanțe în starea solidă

| Substanța | $\rho, \text{kg/m}^3$ | $\rho, \text{g/cm}^3$ | Substanța | $\rho, \text{kg/m}^3$ | $\rho, \text{g/cm}^3$ |
|-----------|-----------------------|-----------------------|------------|-----------------------|-----------------------|
| Aluminiu | 2700 | 2,70 | Parafină | 900 | 0,90 |
| Fier | 7800 | 7,80 | Platină | 21 500 | 21,50 |
| Aur | 19 300 | 19,30 | Porțelan | 2300 | 2,30 |
| Iridiu | 22 400 | 22,40 | Plumb | 11 300 | 11,30 |
| Alamă | 8500 | 8,50 | Sticlă | 2500 | 2,50 |
| Gheață | 900 | 0,90 | Brad uscat | 440 | 0,44 |
| Marmură | 2700 | 2,70 | Argint | 10 500 | 10,50 |
| Cupru | 8900 | 8,90 | Oțel | 7800 | 7,80 |
| Nichel | 8900 | 8,90 | Zinc | 7100 | 7,10 |
| Staniu | 7300 | 7,30 | Fontă | 7000 | 7,00 |

Sfârșitul tabelului 9

Substanțe în starea lichidă

| Substanța | ρ , kg/m ³ | ρ , g/cm ³ | Substanța | ρ , kg/m ³ | ρ , g/cm ³ |
|----------------|----------------------------|----------------------------|-----------|----------------------------|----------------------------|
| Benzină | 710 | 0,71 | Miere | 1420 | 1,42 |
| Apa distilată | 1000 | 1,00 | Ulei | 900 | 0,90 |
| Petrol lampant | 800 | 0,80 | Petrol | 800 | 0,80 |
| Motorina | 840 | 0,84 | Mercur | 13600 | 13,60 |
| Lubrifiant | 900 | 0,90 | Spirt | 800 | 0,80 |

Tabelul 10. Prefixele pentru formarea denumirilor unităților multiple și submultiple

| Prefixul | Simbolul | Coeficientul | Prefixul | Simbolul | Coeficientul |
|----------|----------|------------------|----------|----------|-------------------|
| tera- | T | 10 ¹² | centi- | c | 10 ⁻² |
| giga- | G | 10 ⁹ | mili- | m | 10 ⁻³ |
| mega- | M | 10 ⁶ | micro- | μ | 10 ⁻⁶ |
| kilo- | k | 10 ³ | nano- | n | 10 ⁻⁹ |
| hecto- | h | 10 ² | pico- | p | 10 ⁻¹² |
| deci- | d | 10 ⁻¹ | femto- | f | 10 ⁻¹⁵ |

Determinăm erorile absolută și relativă a rezultatului măsurării

Eroarea absolută a rezultatului măsurării – aceasta-i abaterea rezultatului măsurării de la valoarea adevărată a mărimii fizice.

Eroarea absolută a rezultatului măsurării arată, cu cât cel mult se poate greși cercetătorul, măsurând corect mărimea fizică.

A determina eroarea absolută a rezultatului măsurării nu e atât de simplu. E nevoie de analiza metodei de măsurare, calității aparatului de măsură, condițiilor experimentului, cunoașterea matematicii superioare etc. De aceea deocamdată ne vom înțelege: în timpul unei măsurători directe eroarea absolută va fi egală cu valoarea unei diviziuni a scării aparatului de măsură.

Pentru notarea valorii erorii absolute se folosește simbolul Δ (delta), alături se notează simbolul mărimii fizice. De exemplu, notarea $\Delta V = 2 \text{ cm}^3$ înseamnă, că eroarea absolută a rezultatului măsurării volumului constituie 2 cm^3 .

Eroarea relativă a rezultatului măsurării este egală cu raportul erorii absolute către valoarea măsurată a mărimii fizice.

Eroarea relativă se notează cu simbolul ε (epsilon) și cel mai des se exprimă în procente. De exemplu, în timpul măsurării lungimii creionului cu o riglă școlară s-a obținut rezultatul 122 mm. În acest caz eroarea relativă a rezultatului măsurării lungimii constituie:

$$\varepsilon_l = \frac{\Delta l}{l_0} \cdot 100\% = \frac{1 \text{ mm}}{122 \text{ mm}} \cdot 100\% \approx 0,8\%.$$

Uneori eroarea relativă a verificării experimentale a egalității de tipul $X = Y$ se calculează după formula $\varepsilon = \left| 1 - \frac{X}{Y} \right| \cdot 100\%$.

RĂSPUNSURI LA EXERCIȚII, ÎNSĂRCINĂRILE DE AUTOVERIFICARE, PROBLEME PENTRU PRACTICUMURI

Capitolul I «Fenomene termice»

Partea 1. Temperatura. Energia internă. Schimbul de căldură

Nr. 1. 2. Lichidul. 3. De altfel termometrul va schimba temperatura corpului. 5. a) 1 °C, 22 °C; b) 5 °C, 15 °C.

Nr. 2. 1. a, b. 2. Se va mări; se va mări distanța dintre atomi și molecule. 3. Volumul s-a mărit, masa nu s-a schimbat, densitatea s-a micșorat, viteza medie de mișcare a atomilor s-a mărit. 4. La temperatură mai joasă de 0 °C apa se va transforma în gheață, iar la temperatura de la 0 până la 4 °C coloana termometrului se va lăsa în jos. 5. Cu variația temperaturii se modifică dimensiunile pieselor aparatului, de aceea precizia aparatului scade. 6. Borcanul din sticlă poate să crape; straturile interioare ale sticlei se dilată mai mult decât cele exterioare. 7. Potențială → cinetică; trece în energia mișcării termice a atomilor și moleculelor.

Nr. 3. 1. Nu. 2. Energia internă nu se schimbă, energia cinetică scade, potențială crește. 3. Intrați în clădire – energia internă se mărește, cea mecanică nu se schimbă; urcați – energia internă nu se schimbă, cea mecanică (potențială) crește; vă accelerați mișcarea – energia internă nu se schimbă, cea mecanică (cinetică) crește. 4. Energia internă a crescut, cea mecanică (potențială) a scăzut. 5. 1 – E, 2 – A, 3 – D, 4 – C.

Nr. 4. 1. Avem două metode de variație a energiei interne a mâinilor: efectuarea lucrului și transmiterea de căldură. 2. a) de frecat capul chibritului de cutie; b) de-l aprins într-o flacără. 3. Pentru a nu obține arsuri din cauza frecării mâinilor de funie. 4. Nu. 5. Da, se poate.

Nr. 5. 1. Șuba nu încălzește, ea conduce slab căldura. 2. Aerul, ce se conține între rame, conduce rău căldura. 3. Paiele conduc rău căldura și împiedică nimerirea razelor solare. 4. Zăpada conduce rău căldura și apără plantele de temperaturi joase. 5. Conductibilitatea mai înaltă a metalelor în comparație cu cea a lemnului provoacă aceea, că metalele mai repede duc căldura de la mâna noastră sau îi dau căldură. De aceea la o temperatură, care este mai joasă decât a noastră proprie, metalele vor părea mai reci, decât lemnul, iar la o temperatură mai înaltă decât a noastră proprie – mai încălzite. La o temperatură, care este egală cu a noastră proprie, și obiectele din metal, și cele din lemn vor părea încălzite la fel. 6. În timpul creșterii temperaturii balonul va urca în sus, în timpul scăderii – va cobori.

Nr. 6. 1. Temperatura limbilor flăcării este mai mare decât temperatura aerului înconjurător. 2. Apa conduce rău căldura, iar convecția lipsește. 3. Pentru a încălzi – deasupra încălzitorului, pentru a răci – sub gheață. 4. Norii «sunt ținuți» de curenții de convecție ai aerului.

Nr. 7. 1. Corpurile cu suprafața întunecată radiază mai bine căldura. 2. În culoare albă sau argintie. 3. Corpurile cu o suprafață întunecată absorb mai bine căldura. 4. Într-o zi însorită. 5. Lipsa aerului provoacă lipsa conductibilității termice și convecției, iar suprafața oglindită împiedică transmiterea căldurii prin radiație. 6. Aerul se încălzește de la suprafața Pământului; gradul încălzirii depinde, în special de culoarea suprafeței. 7. Masa, m , kg; temperatura, t , °C; densitatea, ρ , kg/m³; cantitatea de căldură, Q , J.

Nr. 8. 1. Pentru a încălzi 1 kg de argint cu 1 °C, trebuie de-i comunicat lui 250 J de căldură. 2. Apa are cea mai mare capacitate termică specifică, de aceea răcindu-se, ea cedează mediului înconjurător o cantitate de căldură considerabilă. 3. 1,2 kJ. 4. Din oțel. 5. Nu depinde nici de masă, nici de variația temperaturii, nici de cantitatea de căldură transmisă. 6. 540,8 kJ. 7. 10,5 m.

Nr. 9. 1. 16 l. 2. 70 °C. 3. 130 °C. 4. $250 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$.

Partea 2. Schimbarea stării de agregare a substanței. Motoare termice

Nr. 10. 1. c. 2. Moleculele nu s-au schimbat. Distanța dintre molecule a crescut. În apă moleculele mai mult oscilau lângă pozițiile de echilibru, din când în când deplasându-se prin lichid. În vapori moleculele au început să se miște după traiectorii frânte, schimbându-și direcția mișcării sale în timpul ciocnirilor. 3. Nu; gazul ocupă tot volumul pus la dispoziție. 4. Nu; deasupra suprafeței sunt vapori de apă. 5. Nu; noi vedem ceața – picături foarte mici de apă. 7. a, d.

Nr. 11. 1. Wolframul are o temperatură de topire înaltă. 2. *A* – solidă, *B* – lichidă, *C* – lichidă, *D* – o parte din substanță încă se află în stare lichidă, iar o parte – deja în lichidă. 3. 1 – naftalină, 2 – apă; o temperatură de topire mai mare are naftalina; naftalina la începutul experimentului avea o temperatură mai mare. 4. Dacă temperatura mediului înconjurător e mai joasă de 0 °C – apa va îngheța; mai mare de 0 °C – gheața se va topi; 0 °C – nici gheața nici apa nu-și vor schimba starea sa. 6. a, b, c, e.

Nr. 12. 1. 106,5 kJ. 2. 1 kg de aluminiu topit; cu 393 kJ. 3. 78,4 MJ. 4. $\approx 10,1$ kJ. 5. 79 °C. 6. O temperatură de topire mai înaltă are substanța 1; căldură specifică de topire mai mare – substanța 2; capacitate termică specifică mai mare – substanța 2. 7. 0,12. 8. Da, se va micșora.

Nr. 13. 1. În vreme caldă; energia cinetică medie a moleculelor este mai mare. 2. Spiritul se evaporă mai repede. 3. În timpul evaporării apa absoarbe energie. 4. Glandele sudoripare ale câinelui sunt situate numai pe limbă, în urma evaporării apei animalul se răcorește. 5. Noi vedem ceața: vaporii de apă, pe care le conține aerul, ce noi îl expirăm, se condensează. 6. Zăpada se topește, apa obținută se evaporă apoi se condensează în aerul rece.

Nr. 14. 1. Odată cu mărirea înălțimii se micșorează presiunea atmosferică, de aceea se micșorează temperatura de fierbere a apei. 2. Energia internă a 1 kg de vaporii de apă la temperatura de 100 °C este mai mare decât energia internă a 1 kg de apă la aceeași temperatură cu 2,3 MJ. 3. 23 MJ. 4. În timpul condensării vaporilor de apă se degajă energie. 5. 30,52 MJ. 6. Nu; pentru menținerea fierberii e nevoie de energie, iar schimbul de căldură nu are loc.

Nr. 15. 1. Praful de pușcă arde mai repede. 2. 270 MJ. 3. 2 g. 4. 35 %. 5. 100 °C, o parte din apă se transformă în vaporii. 6. O parte din energie se consumă pentru evaporare. 7. 1 – B, 2 – C, 3 – D, 4 – E.

Nr. 16. 1. 25 %. 2. 33,3 %. 3. 65,32 MJ. 4. 11,5 kW.

Nr. 17. 1. Energia chimică «ascunsă» în combustibil → energie internă a aburului → energie cinetică a mișcării de rotație a turbinei → energie electrică. La fiecare etapă o parte din energie se transmite mediului înconjurător. 2. 45,5 %. 3. Asupra amestecului se efectuează un lucru, de aceea energia lui internă și deci, și temperatura se mărește. 4. Aburul a efectuat un lucru, de aceea energia lui internă și deci, și temperatura lui se micșorează.

Însărcinări pentru autoverificare la capitolul I

Partea 1

| Numărul însărcinării | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | 9 |
|----------------------|---|---|---|---|---|---|------|
| Răspunsul | d | b | b | a | a | c | a, b |

6. Îmbrăcămintea întunecată mai bine absoarbe radiația solară. 8. Și halatul din vată, și șuba conduc rău căldura, doar între fire se conține mult aer; locuitorul Polului Nord nu cedează multă căldură mediului înconjurător, iar locuitorul pustului – nu primește. 10. 369 kJ. 11. 5,1 kJ. 12. Cu 600 °C. 13. Cu 50,4 °C. 14. 43,75 m. 15. 5 °C.

Partea 2

| Numărul însărcinării | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---------------------|----|
| Răspunsul | d | d | c | a | b | c | d | c | 1 – C, 2 – A, 3 – B | c |

11. În plămâni se evaporă activ apa, și pentru acest proces se consumă o energie destul de mare. 12. În procesul compresiei asupra amestecului se efectuează un lucru, de aceea energia lui internă, și deci și temperatura crește; în procesul cursei de lucru gazul dilatându-se efectuează un lucru, de aceea energia lui internă scade. 13. 75 %. 14. 8,94 kJ. 15. 250 °C. 16. 1,95 g. 17. 40,3 kW, 1 kN.

Capitolul II «Fenomene electrice. Curentul electric»

Partea 1. Sarcina electrică. Câmpul electric. Curentul electric

Nr. 19. 1. 1 – pozitivă, 2 – negativă. 2. De frecat bastonașul de lână (bastonașul va obține sarcină negativă) și de-l apropiat de bilă. Dacă bila se va respinge, atunci ea este încărcată negativ, dacă se apropie – încărcată pozitiv. 3. 10 electroni. 4. $6,25 \cdot 10^{18}$ electroni. 6. Forța de greutate; $F_g = 50$ mN; vertical în jos.

Nr. 20. 1. Între plăcile 3 și 4; plăcile 1 și 3 sunt încărcate pozitiv, 2 și 4 – negativ. 2. 1) Încep la infinit, se termină pe sarcina negativă (*a*), încep pe sarcina pozitivă, se termină pe cea negativă (*b*); 2) pe ambele desene – cea din dreapta. 3. 32 μN; placa superioară este încărcată pozitiv, cea inferioară – negativ. 4. 32 mN. 6. Poate, a pierdut 5 electroni; nu poate; poate, a pierdut 15 electroni.

Nr. 21. 1. Masa bastonașului încărcat pozitiv este mai mică. 2. Poate, dacă electroscopului i se va comunica o sarcină egală ca modulul, dar de semn opus. 3. Este încărcat pozitiv. 4. $q_1 = q_2 = 3 \cdot 10^{-9}$ C. 5. Mai întâi trebuie de legat la pământ bila neîncărcată și de apropiat de ea, fără a fi atinsă, cea încărcată – prima bilă va obține sarcină pozitivă. Apoi de înlăturat legătura cu pământul și de repetat experiența cu bila încărcată pozitiv și cu încă o bilă neîncărcată – ultima va obține sarcină negativă.

Nr. 22. 1. *a* – forțe de respingere; *b* – forțe de atracție. 2. Se va mări de 4 ori. 3. Se va mări de 3 ori. 4. 3,6 μN. 5. 0,625 μN. 6. Mai mari în cazul a: sarcinile nu sunt punctiforme, și în bile are loc redistribuirea sarcinilor. 7. 1 – B, 2 – E, 3 – C, 4 – A.

Nr. 23. 2. Materialul trebuie să fie dielectric. 3. Aerul umed este conductor. 4. Metalul este conductor; pentru ca sarcina să nu se scurgă pe mâna cercetătorului; al doilea electroscop va rămâne neîncărcat. 5. Se mișcă haotic. 7. 1) *A* – negativă, *B* – pozitivă; 2) a) vor rămâne, b) nu vor rămâne.

Nr. 24. 3. Aerul în canalul fulgerului se încălzește (curentul exercită acțiune termică) și brusc se dilată. 5. 18 kg.

Nr. 25. 1. a) Energia electrică → energie chimică; b) energia chimică → energie electrică. 2. De legat un electroscop de polul negativ al sursei de curent, iar al doilea – cu cel pozitiv. 3. Energia mecanică → energie electrică. 4. Elementul nu va funcționa. 6. $\approx 84,8$ mii t.

Nr. 26. 6. Timpul, *t*, secunda (s); forța, *F*, newton (N); sarcina electrică, *q*, coulomb (C); lucrul mecanic, *A*, joule (J).

Nr. 27. 2. 2 min. 3. Curent nu va fi; $I = 0$. 4. 180 C. 5. 3,2 A.

Nr. 28. 1. 1 V, 4 V; b) 0,5 V, 6 V; c) 1 V, 7 V. 3. 40 V. 4. 12 V. 5. 396 kJ. 7. 2,5 kN/m; nu depinde.

Nr. 29. 1. 15 Ohm. 2. $R_1 = 2$ Ohm; $R_2 = 2,5$ Ohm; $R_3 = 4$ Ohm; $R_4 = 8$ Ohm. 3. 225 V. 5. 60 Ohm. 6. 0,25 A. 7. Nu depinde. 8. 28 g.

Nr. 30. 1. 1 – 1 – din cupru, 2 – din fier, 3 – din plumb. 2. 5 mOhm. 3. Rezistența se va micșora; intensitatea curentului se va mări. 4. 2 m. 5. Se va micșora de 4 ori. 6. 1,08 kg.

Nr. 31. 1. 4 Ohm; 2 V; 1 V, 1 V. 2. 35 Ohm. 3. 48 V. 4. 250 Ohm. 5. 0,2 A; 5,6 V. 6. Se poate. 7. 3,6 kOhm. 8. Energia potențială → energiile cinetică, internă; 2,4 J, 1,68 J; 4,08 J.

Nr. 32. 2. 144 V. 3. 0,6 A; 0,4 A; 1 A. 4. În cea de argint. 5. 10 Ohm; 0,4 A. 6. 2,3 V. 7. K_2 ; 0,4 A. 8. 9 rezistențe (10 legături diferite): $4R_0$; $R_0/4$; R_0 ; $4R_0/3$; $3R_0/4$; $5R_0/2$; $2R_0/5$; $5R_0/3$; $3R_0/5$. 9. 17,5 mOhm.

Partea 2. Lucrul și puterea curentului electric. Curentul electric în diferite medii

Nr. 33. 1. 876 kW·h; 1471 grn 68 k. 4. 7,2 kJ. 5. a) 300 kJ, 120 kJ; b) 24,5 kJ, $\approx 61,2$ kJ. 6. 12,5 A. 7. În timpul legării în paralel; de 4 ori. 9. 1 – D, 2 – B, 3 – E, 4 – A.

Nr. 34. 1. 288 kJ. 2. 5 kJ; 2,5 kJ. 3. Rezistența firelor este cu mult mai mică decât rezistența filamentului de incandescență, iar intensitatea curentului în filament și firele de furnizare este aceeași. 4. 120,4 V. 5. 47 °C; 33,5 °C. 6. $\approx 9,25$ m. 7. $Q_{Cu}/Q_{Pb} = 9,5$.

Nr. 35. 1. 1,32 kW. 2. În locurile de conectare rezistența este cea mai mare, de aceea (conform legii lui Joule – Lenz) se degajă cea mai mare cantitate de căldură. 3. Substanța trebuie să fie ușor fuzibilă și să posede o temperatură specifică de topire mică. 4. Aria secțiunii transversale a sârmei în cablul pentru iluminare este mică (cablul este prevăzut pentru o intensitate mică a curentului), de aceea rezistența este destul de mare. În timpul treceri curentului cu intensitatea de 100 A în cablu se degajă o cantitate enormă de căldură și cablul se aprinde. 6. a, c.

Nr. 36. 1. În direcție opusă direcției liniilor de forță ale câmpului. 2. a. 3. Odată cu micșorarea ariei secțiunii transversale se mărește rezistența și (în conformitate cu legea lui Joule – Lenz) se degajă o cantitate de căldură mai mare; locul subțiat se încălzește și se alungește mai repede. În momentul conectării rezistența filamentului de incandescență este cea mai joasă, de aceea la una și aceeași tensiune se degajă cea mai mare cantitate de căldură. 4. 0,5 mm/s. 5. a) $+3,2 \cdot 10^{(-19)}\text{C}$; b) $-1,6 \cdot 10^{(-19)}\text{C}$.

Nr. 37. 2. În apa obișnuită sunt multe impurități, care se descompun în ioni. 3. Sarea are o rețea cristalină ionică, dar zahărul – nu. 4. 12 ore 24 min. 5. 40,32 g. 6. 4 kW. 8. 2,31 g.

Nr. 38. 1. 1) Baie electrolică cu soluția de AgNO_3 , doi electrozi, ampermetru, baterie de acumulare, cheie, conductoare de conexiune; 2) din dreapta – anod, din stânga – catod; 3) pe catod; 4) 1,4 A; 5) 8 min 20 s; 6) 24,75 kJ. 2. 2 μm . 3. 5 ore. 4. 32 MJ. 5. Conductori: 2, 4, 5, 6; dielectrici: 1, 3, 7, 8.

Nr. 39. 1. Liniile câmpului încep pe placa încărcată pozitiv, se termină pe cea încărcată negativ; ionii negativi și electronii se mișcă spre placa încărcată pozitiv, ionii pozitivi – spre cea încărcată negativ; particulele neutre se mișcă haotic. 2. Recombinarea va avea loc mai des, ionizarea – mai rar. 3. Disociația electrolică nu este însoțită de apariția electronilor liberi, pentru desfășurarea ei nu e nevoie de ionizator; substanța se descompune în ioni ai diferitor elemente chimice. 4. Curentul electric în metale nu este însoțit de reacții chimice; purtători de sarcină sunt electronii liberi, și nu ionii.

Însărcinări pentru autoverificare la capitolul II

Partea 1

| Numărul însărcinării | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|----------------------|---|---|---|----------------------------|----------------------------|---|---|----------------------------|---------------------|
| Răspunsul | a | b | c | 1 – C, 2 – A, 3 – E, 4 – D | 1 – B, 2 – E, 3 – C, 4 – A | d | a | 1 – B, 2 – C, 3 – D, 4 – A | 1 – C, 2 – A, 3 – B |

10. De legat la pământ bila neîncărcată și de o apropiat de cea încărcată. 11. S-a mărit de 4 ori. 12. 0,2 A; 0,6 V; 1,2 V. 13. 4 A. 14. 10 μN . 15. 6 V; 9 V. 16. Indicația voltmetrului V_1 nu se va schimba; V_2 – se va mări; V_3 – se va micșora; indicația ampermetrului A se va mări.

Partea 2

| Numărul însărcinării | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|----------------------|---|---|----------------------------|---|---|---|---|---|---|
| Răspuns | c | d | 1 – E, 2 – B, 3 – A, 4 – C | c | d | c | a | c | c |

10. 24 W; 48W; 72 W. 11. 1,75 A. 12. Cu 1,1 °C. 13. 6 W; 6W; 24 W. 14. 18 μm .

Pentru practicumuri la rezolvarea problemelor

1.1. 3,4 kJ. 1.2. 336 kJ. 1.3. ≈ 44 °C. 1.4. ≈ 167 J/(kg·°C); 30 kJ/kg. 1.5. 9,96 kJ. 1.6. 0 °C. 1.7. 20 kJ. 1.8. 200 kJ/kg. 1.9. 15 kg. 1.10. 11,2 g. 1.11. 5 ore 36 min.

2.1. 1 – pozitiv, 2 – negativ. 2.2. $5 \cdot 10^{13}$. 2.3. 2q. 2.4. S-a mărit de 36 de ori. 2.5. 1,6 g. 2.6. 90 C. 2.7. 1,2 J. 2.8. 44 Ohm. 2.9. 80 cm. 2.10. 0,5 A; 0,6 V; 2,4 V; 1,5 V. 2.11. 500 Ohm. 2.12. 3 A; 1 A; 2 A. 2.13. 18 Ohm; 9 Ohm. 2.14. 4 V. 2.15. 5,4 kJ. 2.16. 100 W; $\approx 8,3$ A; $\approx 0,4$ A; $\approx 1,7$ A. 2.17. 9 kW.

VOCABULAR (СЛОВНИК)

- A** Amper (Ампер) 142
Ampermetru (Амперметр) 143
Anod (Анод) 200
- B** Briză (Бриз) 27
- C** Căldura specifică de ardere a combustibilului (Питома теплота згоряння палива) 74, 230
Căldura specifică de topire (Питома теплота плавлення) 56, 230
Căldura specifică de vaporizare (Питома теплота пароутворення) 68, 230
Câmp electric (Електричне поле) 107
Cantitatea de căldură (Кількість теплоти) 19
Sarcitatea termică specifică (Питома теплоємність) 34, 229
Caracteristica volt-amperică (Вольт-амперна характеристика) 151
Catod (Катод) 200
Circuit electric (Електричне коло) 136
Combustibil (Паливо) 73
Condensarea (Конденсація) 63
Conductibilitate termică (Теплопроводність) 23
Conductori (Провідники) 125
Contor electric (Електролічильник) 180
Convecția (Конvekція) 26
Coulomb (Кулон) 103, 143
Cristalizarea (Кристалізація) 52
Curent electric (Електричний струм) 124
- D** Descărcare în gaze (Газовий розряд) 209
– autonomă (самостійний) 210
– în arc (дуговий) 216
– în corona (коронний) 215
– în scânteie (іскровий) 213
– luminiscentă (тліючий) 216
– neautonomă (несамостійний) 209
Dielectrici (Діелектрики) 125
Dilatarea termică (Теплове розширення) 12
Dipol electric (Електричний диполь) 199
Disociația electrolică (Електролітична дисocіація) 199
- E** Echilibrul termic (Теплова рівновага) 7
Echivalentul electrochimic (Електрохімічний еквівалент) 201, 231
Ecuația bilanțului termic (Рівняння теплового балансу) 37
Electrizarea (Електризація) 103
– prin frecare (тертям) 112
– prin influență (inducția electrostatică) (через вплив електростатична індукція) 115
Electroliți (Електроліти) 200
Electroliza (Електроліз) 201
Electrometru (Електрометр) 117
Electroscop (Електроскоп) 116
Element galvanic (Гальванічний елемент) 132
Energia internă (Внутрішня енергія) 16
Evarogarea (Пароутворення) 60
- F** Fierberea (Кипіння) 67
Forța (Сила)
– Coulomb (Кулона) 121
– Electrică (електрична) 107
Fulger (Блискавка) 213
- G** Galvanometru (Гальванометр) 132
Galvanoplastia (Гальванопластика) 205
Galvanostegia (Гальваностегія) 205
- I** Intensitatea curentului (Сила струму) 141
Interacțiunea electromagnetice (Електромагнітна взаємодія) 102
Ionizarea (Йонізація) 209
- L** Legarea conductoarelor (З'єднання провідників)
– în paralel (паралельне) 180
– în serie (послідовне) 162
– mixtă (мішане) 174
Legarea la pământ (Заземлення) 114
Legea (Закон)
– conservării sarcinii electrice (збереження електричного заряду) 113
– Coulomb (Кулона) 121
– Faraday pentru electroliză (Фарадея для електролізу) 201
– Joule – Lenz (Джоуля – Ленца) 186
– Ohm pentru o porțiune de circuit (Ома для ділянки кола) 152
Liniile de forță ale câmpului electric (Силві лінії електричного поля) 109
Lucrul curentului electric (Робота електричного струму) 180
- M** Motor cu ardere internă (Двигун внутрішнього згоряння) 83
Motor termic (Тепловий двигун) 79
- N** Nanomateriale (Наноматеріали) 48
- O** Ohm (Ом) 151
- P** Polarizarea (Поляризація) 115
Puterea curentului electric (Потужність електричного струму) 181
- R** Radiație (Випромінювання) 31
Rafinarea (Рафінування) 204
Randamentul (Коефіцієнт корисної дії)
– încălzitorului (нагрівника) 76
– motorului termic (теплового двигуна) 80
Reostat (Реостат) 156
Rezistența electrică (Електричний опір) 151
Rezistența specifică (Питомий опір) 155, 231
- S** Sarcina (Заряд)
– electrică (електричний) 103
– punctiformă (точковий) 119
Scară de temperatură (Шкала температурна)
– Celsius (Цельсія) 9
– Kelvin (Кельвіна) 9
Schemă electrică (Електрична схема) 137
Siguranța (Запобіжник) 191
Stare de agregare (Агрегатний стан) 44
Supraconductibilitate (Надпроводність) 196
Surse de curent electric (Джерела електричного струму) 131
- T** Temperatura (Температура) 7, 8
– de fierbere (кипіння) 121
– de topire și cristalizare (плавлення та кристалізації) 51–52, 229
Tensiunea electrică (Електрична напруга) 146
Termometru (Термометр) 8
Topirea (Плавлення) 51
Transmiterea de căldură (Теплопередача) 19
Turbina cu abur (Парова турбіна) 83
- V** Vaporizarea (Випаровування) 60
Volt (Вольт) 146
Voltmetru (Вольтметр) 147

| | |
|---|-----|
| Introducere | 3 |
| Capitolul I. Fenomene termice | |
| Partea 1. Temperatura. Energia internă. Schimbul de căldură | |
| § 1. Starea termică a corpurilor. Temperatura și măsurarea ei | 6 |
| § 2. Dependența dimensiunilor corpurilor fizice de temperatură | 11 |
| § 3. Energia internă | 16 |
| § 4. Metodele schimbării energiei interne | 19 |
| § 5. Conductibilitatea termică | 22 |
| § 6. Convecția | 26 |
| § 7. Radiația | 30 |
| § 8. Capacitatea termică specifică a substanței. Cantitatea de căldură, ce se absoarbe de substanță în timpul încălzirii sau se degajă în timpul răcirii. | 33 |
| § 9. Bilanțul termic | 37 |
| <i>Lucrarea de laborator Nr. 1</i> | 40 |
| <i>Lucrarea de laborator Nr. 2</i> | 41 |
| Partea 2. Schimbarea stării de agregare a substanței. Motoare termice | |
| § 10. Starea de agregare a substanței | 44 |
| § 11. Topirea și cristalizarea | 51 |
| § 12. Căldura specifică de topire | 56 |
| § 13. Vaporizarea și condensarea | 60 |
| § 14. Fierberea. Căldura specifică de vaporizare | 66 |
| § 15. Căldura de ardere a combustibilului. Randamentul încălzitorului | 72 |
| § 16. Principiul de lucru al motoarelor termice. Randamentul motorului termic. | 79 |
| § 17. Unele tipuri de motoare termice | 82 |
| § 18. Termoenergetica. Metodele de păstrare a resurselor energetice | 87 |
| Facem totalurile capitolului I | 92 |
| Însărcinări pentru autoverificare la capitolul I | 94 |
| Pagină enciclopedică | 98 |
| Temele orientative ale proiectelor. Temele referatelor și comunicărilor. Temele cercetărilor experimentale | 100 |
| Capitolul II. Fenomene electrice. Curentul electric | |
| Partea I. Sarcina electrică. Câmpul electric. Curentul electric | |
| § 19. Sarcina electrică și interacțiunea electromagnetică | 102 |
| § 20. Câmpul electric | 106 |
| § 21. Mecanismul electrizării. Electroscopul | 112 |
| § 22. Legea lui Coulomb | 119 |
| § 23. Curentul electric. Conductibilitatea electrică a materialelor | 123 |
| § 24. Acțiunile curentului electric | 127 |
| § 25. Surse de curent electric | 130 |
| § 26. Circuitul electric și elementele lui | 135 |
| § 27. Intensitatea curentului. Unitatea de măsură a intensității curentului. Ampermetrul | 141 |
| § 28. Tensiunea electrică. Unitatea de măsură a tensiunii. Voltmetrul | 146 |
| § 29. Rezistența electrică. Legea lui Ohm | 150 |
| § 30. Calculul rezistenței conductorului. Rezistența specifică a substanței. Reostatele | 154 |
| <i>Lucrarea de laborator Nr. 3</i> | 160 |

| | |
|--|-----|
| § 31. Legarea în serie a conductorilor | 162 |
| <i>Lucrarea de laborator Nr. 4</i> | 168 |
| § 32. Legarea în paralel a conductorilor | 170 |
| <i>Lucrarea de laborator Nr. 5</i> | 177 |
| Partea a II-a. Lucrul și puterea curentului electric. Curentul electric în diferite medii | |
| § 33. Lucrul și puterea curentului electric | 179 |
| § 34. Acțiunea termică a curentului. Legea lui Joule–Lenz | 186 |
| § 35. Aparatele electrice de încălzit. Siguranțele | 190 |
| § 36. Curentul electric în metale | 194 |
| § 37. Curentul electric în electroliți | 198 |
| § 38. Utilizarea electrolizei | 204 |
| § 39. Curentul electric în gaze | 208 |
| § 40. Tipurile descărcărilor autonome în gaze | 213 |
| Facem totalurile capitolului II | 218 |
| Însărcinări pentru autoverificare la capitolul II | 220 |
| Pagină enciclopedică | 224 |
| Temele orientative ale proiectelor. Temele referatelor și comunicărilor. Temele cercetărilor experimentale | 226 |
| Pentru practicuri la rezolvarea problemelor | 227 |
| Anexă | |
| <i>Tabelul 1. Capacitatea termică specifică a unor substanțe în diferite stări de agregare</i> | 229 |
| <i>Tabelul 2. Temperatura de topire și cristalizare a unor substanțe</i> | 229 |
| <i>Tabelul 3. Căldura specifică de topire a unor substanțe</i> | 230 |
| <i>Tabelul 4. Temperatura de fierbere a unor substanțe</i> | 230 |
| <i>Tabelul 5. Căldura specifică de vaporizare a unor substanțe</i> | 230 |
| <i>Tabelul 6. Căldura specifică de ardere a unor tipuri de combustibile</i> | 230 |
| <i>Tabelul 7. Rezistența specifică a unor substanțe</i> | 231 |
| <i>Tabelul 8. Echivalenții electrochimici</i> | 231 |
| <i>Tabelul 9. Densitatea unor substanțe</i> | 231 |
| <i>Tabelul 10. Prefixe pentru formarea denumirilor unităților multiple și submultiple</i> | 232 |
| <i>Determinăm erorile absolută și relativă a rezultatului măsurării</i> | 232 |
| Răspunsuri la exerciții, la însărcinările de autoverificare, la problemele din practicuri | 233 |
| VOCABULAR | 237 |
| Rubrica «Fizica și tehnica în Ucraina»: Institutul fizico-tehnic de temperaturi joase în numele lui B. I. Verchin (10), Institutul materialelor supradure în numele lui V. M. Baculia (25), Institutul de fizică a metalelor în numele lui G.V. Curdiumov (50), M. P. Avenarius (65), Universitatea Națională din Cernăuți în numele lui Iurii Fedicovici (78), Asociația de producție «Pivdenmaș» și biroul de construcții de rachete «Pivdenne» (82), Institutul de termofizică tehnică al ANȘU (91), Universitatea națională din Harkiv în numele lui V. N. Carazin (106), Universitatea Națională tehnică a Ucrainei «Institutul de politehnică din Kiev în numele lui Igor Sicorschii» (118), Institutul de electrodinamică al ANȘU (140), Institutul de termoelectrică al ANȘU și a MEȘU (185), Universitatea națională din Lvov în numele lui I. Franco (194), L. V. Șubnicov (198), Institutul de sudare electrică în numele lui E. O. Paton al ANȘU (212) | |

Date despre folosirea manualului

| Nr. ord. | Numele și prenumele elevului/elevei | Anul de învățământ | Starea manualului | |
|----------|-------------------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| | | | la începutul anului | la sfârșitul anului |
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |
| 5 | | | | |

Навчальне видання

**БАР'ЯХТАР Віктор Григорович
ДОВГИЙ Станіслав Олексійович
БОЖИНОВА Фаїна Яківна
та ін.**

ФІЗИКА

**Підручник для 8 класу з навчанням румунською/молдовською
мовами закладів загальної середньої освіти**

За редакцією В. Г. Бар'яхтара, С. О. Довгого

2-ге видання, перероблене

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України

**Видано за рахунок державних коштів.
Продаж заборонено**

Підручник відповідає Державним санітарним нормам і правилам
«Гігієнічні вимоги до друкованої продукції для дітей»

Переклад з української мови

Перекладач *Рябко Родіка Георгіївна*

Румунською/молдовською мовами

Редактор *М. В. Товарницький.*

Художнє оформлення *В. І. Труфена.* Коректор *Ю. М. Гаврилюк*

Формат 70×100/16. Ум. друк. арк. 19,44. Обл.-вид. арк. 20,9.

Тираж 2801 пр. Зам. 21-301.

Державне підприємство «Всеукраїнське спеціалізоване видавництво «Світ»
79008 м. Львів, вул. Галицька, 21

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи серія ДК № 4826 від 31.12.2014
www.svit.gov.ua; e-mail: office@svit.gov.ua; svit_vydav@ukr.net

Підручник надруковано на папері українського виробництва

Друк ПрАТ «Білоцерківська книжкова фабрика»

09100, Київська обл., м. Біла Церква, вул. Леся Курбаса, буд. 4

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи серія ДК № 5454 від 14.08.2017