

Gabriela Dinu • Mihai Florin Iordănescu

FIZICĂ

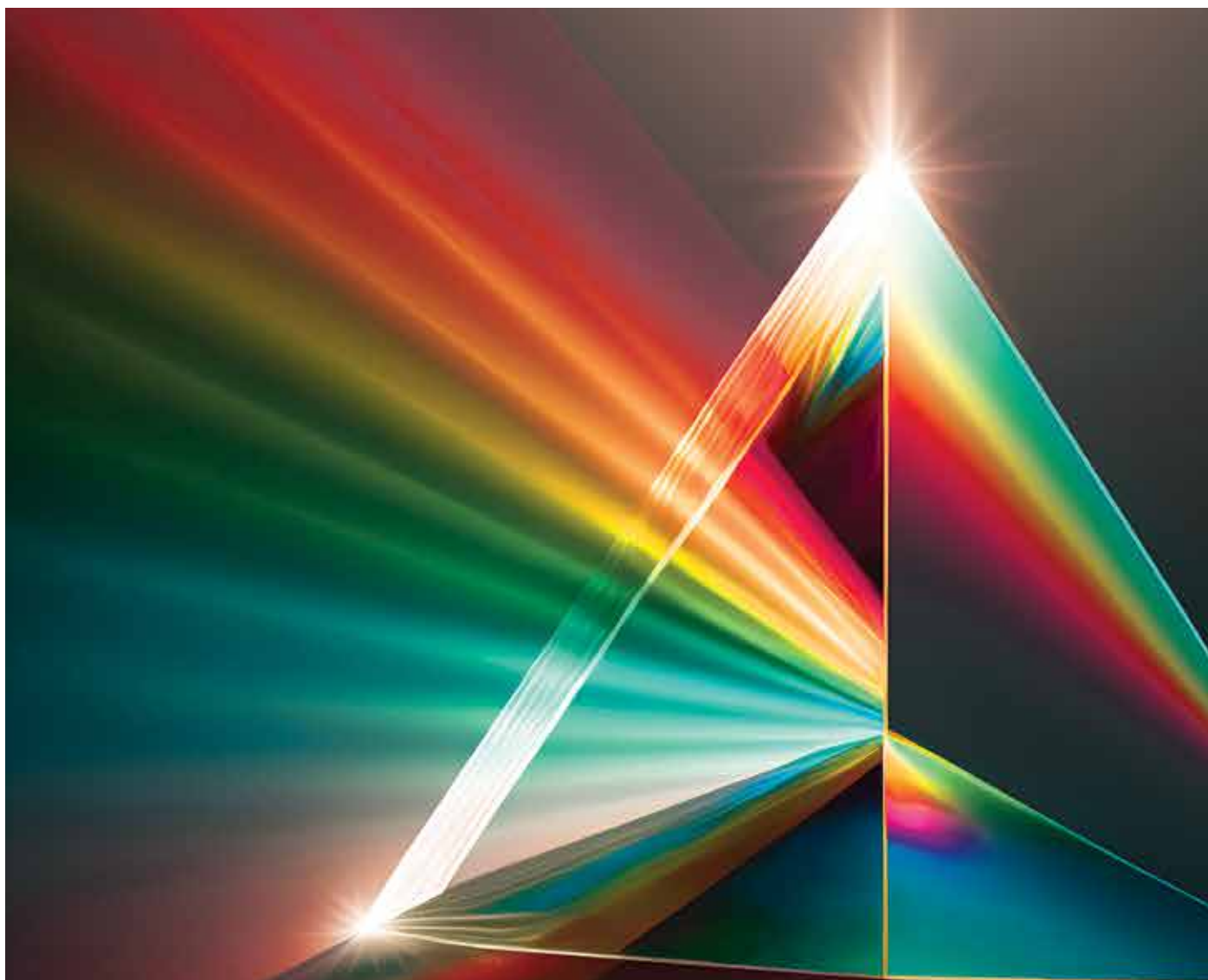
clasa a VIII-a

Acest manual este proprietatea Ministerului Educației și Cercetării.

Manualul școlar a fost aprobat prin Ordinul ministrului educației și cercetării nr. 4500/10.07.2025.

Acest manual școlar este realizat în conformitate cu Programa școlară aprobată prin Ordinul ministrului educației nr. 3393/28.02.2017.





Gabriela Dinu • Mihai Florin Iordănescu

FIZICĂ

clasa a VIII-a

Disciplina: **Fizică**

Clasa: **a VIII-a**

Număr de pagini: **144**

ACEST MANUAL A FOST FOLOSIT DE						
Anul	Numele elevului	Clasa	Școala	An școlar	Starea manualului*	
					la primire	la returnare
1						
2						
3						
4						

*Starea manualului se înscrie folosind termenii: *nou, bun, îngrijit, nesatisfăcător, deteriorat*.

Cadrele didactice vor controla dacă numele elevului este scris corect. Elevii nu trebuie să facă niciun fel de însemnări pe manual.

Copyright © 2025 – **Editura INTUITEXT**

Toate drepturile rezervate Editurii INTUITEXT.

Nicio parte din acest volum nu poate fi copiată fără permisiunea scrisă a Editurii INTUITEXT.



Editura INTUITEXT

București, b-dul Dimitrie
Pompeiu nr. 10A,
Clădirea Conect 1, etaj 1,
zona A, biroul nr. 2, sector 2

Departamentul vânzări:

Telefon: 0372.156.300
Fax: 021.233.07.63
vanzari@intuitext.ro
www.intuitext.ro

Referenți:

Prof. gr. didactic I Mihaela Voiculescu, Colegiul Național „Ienăchiță Văcărescu”, Târgoviște
Conf. univ. dr. Călin-Dinu OROS, Facultatea de Științe și Arte, Universitatea Valahia, Târgoviște

Din experiența ta/Amintește-ți!

Folosește ceea ce știi și poți să faci, pentru a învăța lucruri noi!

Observă și descoperă!

Observă și descoperă, pas cu pas, pentru a înțelege ce înveți!

Experiment

Realizează experimente pentru a înțelege noțiunile noi!

Află!

Găsește informațiile principale din lecție, explicații și exemple pentru noile noțiuni!

Aplică!

Folosește, în situații noi, ceea ce ai învățat!

Important

Găsește informațiile principale din lecție pentru noile noțiuni!

2. Raze de lumină/fascicul de lumină. Principiile

Ce înveți?

• Principiile propagării luminii

Cuvinte cheie

– rază de lumină
– fascicul de lumină



Figura 8 – Lumină emisă de lanternă. Lumină emisă de laser

Observă și descoperă!

1. Privește lumina emisă de Soare, cea de la lămpă și lumina care provine de la o stea (Figura 9). Compară cu a celorlalte două surse de lumină.



2. Proiectează pe tablă sau pe un perete lumina emisă de un laser pointer (Figura 8). Ce observi? Ce poți afirma despre fasciculul de lumină?

Experiment

Scop: evidențierea fasciculelor luminoase și a modului în care se propagă lumina.

Materiale: banc optic, sursă de lumină albă, două plăci opace prevăzute cu fante pe placă opacă cu fantă liniară, ecran de observație.

Mod de lucru

1. Pe bancul optic așază sursa de lumină și suporturile plăcilor în care sunt practicate fantele circulare.
2. Deplasează cele două suporturi până când observi filamentul becului prin fantele celor două plăci.
3. Pe bancul optic se așază sursa de lumină, suportul plăcii în care e practică fantă simplă și, perpendicular pe acest suport, ecranul de observație.
4. Observă lumina proiectată pe ecranul de observație.

Constatări:

- Cum se propagă lumina atunci când vezi filamentul becului prin cele două fante?
- Ce observi pe ecran atunci când folosești fantă liniară?
- Ce crezi că s-ar întâmpla dacă ai folosi o fantă mai îngustă?

Află!

Soarele și becul electric aflat aproape de tine sunt surse de lumină cu suprafață care privește de pe Pământ, de la distanță foarte mare, pot fi considerate surse punctuale care emit lumină în toate direcțiile. Zona luminoasă produsă de ecranul de observație este mult mai mică decât cea a laserului pointer, care se reduce, practic, la un punct. Lanterna este lumină, în comparație cu fasciculul îngust emis de laser.

Faptul că vezi filamentul becului prin cele două fante circulare, al căror diametru este de câțiva milimetri, se datorează propagării luminii în linie dreaptă, așa cum de altfel, observi pe ecran și atunci când folosești fantă liniară.

Unitatea 2. Fizică – Manual pentru clasa a VIII-a 99

Portofoliu

Organizează-ți lucrările! Apreciază dacă ai progresat.

Autoevaluare

Apreciază-ți rezultatele! Identifică dificultățile întâmpinate.

Observ!

Verifică ce și cum ai lucrat! Apreciază cât de mult ți-a plăcut activitatea.

Proiect

Lucrează în grup, pentru a obține un produs interesant! Apreciază cum ai lucrat și cum ai colaborat.

Investigație

Caută răspunsuri la probleme din viața ta! Apreciază soluția găsită și cooperarea cu colegii.

Recapitulare

Recapitulează, într-o formă nouă, atractivă, ceea ce ai învățat!

Evaluare

Află cât ai progresat, rezolvând exercițiile propuse.



IMAGINE
ÎN MANUALUL DIGITAL



FILM SAU ANIMAȚIE
ÎN MANUALUL DIGITAL



ACTIVITATE INTERACTIVĂ
ÎN MANUALUL DIGITAL



ACASĂ



9



MERGI
LA PAGINA



CUPRINS INTERACTIV



ACTIVITĂȚI DE ÎNVĂȚARE



AJUTOR



NAVIGARE
ÎNTE PAGINI



Cuprins

UNITATEA

1

1.1	Fenomene termice	7
1.2	1. Mișcarea browniană (experimental). Agitația termică. Difuzia	8
1.3	2. Stare de încălzire. Echilibru termic. Temperatura empirică	10
2.1	3. Căldura, mărime de proces	13
2.2	4. Transmiterea căldurii (prin conducție, convecție, radiație)	15
3.2	5. <i>Extindere în tehnologie: motorul termic (calitativ)</i>	18
3.3	• Proiect: Motoare termice	20
4.1	6. Coeficienți calorici. Calorimetrie	21
4.2	7. Stări de agregare, caracteristici	25
	8. <i>Extindere: Transformări de stare</i>	27
	9. <i>Extindere interdisciplinară: studiul schimburilor de căldură implicate de topirea gheții (călduri latente)</i>	29
	10. <i>Extindere în tehnologie: stabilirea temperaturii de echilibru în sisteme neomogene</i>	32
	11. <i>Extindere: Combustibili</i>	34
	• Recapitulare	36
	• Evaluare	37
	• Exersezi și progresezi	38

UNITATEA

2

1.1	Fenomene electrice și magnetice	39
1.2	1. Electrostatica. Electrizarea, sarcina electrică. Interacțiunea dintre corpurile electrizate	40
1.3	2. Legea lui Coulomb (identificarea experimentală a mărimilor care influențează forța electrică)	43
2.1	3. Circuite electrice. Componentele unui circuit. Generatoare electrice	45
2.2	4. Intensitatea curentului electric. Tensiunea electrică	49
2.3	5. Instrumente de măsură – ampermetrul, voltmetrul, ohmmetrul, wattmetrul, multimetrul	52
3.1	6. Tensiunea electromotoare	55
4.1	7. Rezistența electrică	57
4.2	8. Legea lui Ohm pentru o porțiune de circuit	59
	9. Legea lui Ohm pentru un circuit întreg	61
	10. Gruparea rezistoarelor	63
	11. <i>Extindere: Teoremele lui Kirchhoff</i>	66
	12. Gruparea generatoarelor identice (studiu experimental)	70
	13. Energia și puterea electrică. Legea lui Joule	73
	14. <i>Extindere: Efectul chimic al curentului electric. Electroliza</i>	77
	15. Transferul de putere într-un circuit electric simplu de curent continuu	80
	16. Studiul experimental (calitativ) al efectului magnetic. Electromagneți	83
	17. Forța exercitată de un electromagnet în funcție de intensitatea curentului (mărime și sens, parametrii constructivi ai bobinei: secțiune, număr de spire, tipul miezului)	86
	18. Aplicații ale electromagneților	89
	• Recapitulare	91
	• Evaluare	93
	• Exersezi și progresezi	94

1.1	Fenomene optice	95
1.2	1. Surse de lumină. Propagarea luminii în diverse medii (absorbție, dispersie, culoarea corpurilor)	96
1.3	2. Raze de lumină/fascicul de lumină. Principiile propagării luminii	99
2.1	3. Reflexia luminii	101
2.2	4. Legile reflexiei – aplicație experimentală – oglinzi plane.	103
3.2	5. <i>Extindere: aplicații ale legilor reflexiei în tehnologie</i>	106
3.2	6. Refracția luminii – evidențierea experimentală a fenomenului. Indicele de refracție	108
4.1	7. Reflexia totală.	110
4.2	8. <i>Extindere: legile refracției, indicele de refracție</i>	113
	9. Aplicații practice: fibra optică, prisma cu reflexie totală	116
	10. Identificarea experimentală a tipurilor de lentile (convergente, divergente)	118
	11. Identificarea experimentală a caracteristicilor fizice ale lentilelor subțiri, focar, poziție imagine. Construcția geometrică a imaginilor prin lentile subțiri	120
	12. <i>Extindere: determinarea formulelor lentilelor subțiri – puncte conjugate, mărire liniară transversală folosind elemente de geometrie plană</i>	124
	13. Ochiul, lupa, ochelarii.	127
	• Recapitulare	130
	• Investigație: De ce un om nu vede clar sub apă?	130
	• Evaluare	131
	• Exersezi și progresezi.	132

1.1	Forme de energie. Surse de energie	133
2.2	1. Transformarea și conservarea energiei în diferite sisteme	134
2.3	• Proiect: Energie Curată pentru un Viitor Sustenabil în România	138
4.1	• Recapitulare	139
	• Evaluare	140
	• Exersezi și progresezi	141

1.2	Bun venit, vacanță!	142
2.2	• Recapitulare finală	142
3.3	• Evaluare finală	144
4.2		

Competențe generale:

1. Investigarea științifică structurată, în principal experimentală, a unor fenomene fizice simple, perceptibile;
2. Explicarea științifică a unor fenomene fizice simple și a unor aplicații tehnice ale acestora;
3. Interpretarea unor date și informații, obținute experimental sau din alte surse, privind fenomene fizice simple și aplicații tehnice ale acestora;
4. Rezolvarea de probleme/situații problemă prin metode specifice fizicii.

Competențe specifice:

- 1.1. Explorarea proprietăților și fenomenelor fizice în cadrul unor investigații științifice diverse (experimentale/teoretice);
- 1.2. Folosirea unor metode și instrumente pentru înregistrarea, organizarea și prelucrarea datelor experimentale și teoretice;
- 1.3. Sintetizarea dovezilor obținute din investigații științifice în vederea susținerii cu argumente a unei explicații/generalizări;
- 2.1. Încadrarea în clasele de fenomene fizice studiate a fenomenelor fizice complexe identificate în natură și în diferite aplicații tehnice;
- 2.2. Explicarea de tip cauză - efect, utilizând un limbaj științific adecvat, a unor fenomene fizice simple identificate în natură și în diferite aplicații tehnice;
- 2.3. Prevenirea unor posibile efecte negative asupra oamenilor și/sau asupra mediului ale unor fenomene fizice și/sau aplicații în tehnică ale acestora;
- 3.1. Extragerea de date științifice relevante din observații proprii și/sau din diverse surse;
- 3.2. Organizarea datelor experimentale, științifice în diferite forme de prezentare;
- 3.3. Evaluarea critică autonomă a datelor obținute și a evoluției propriei experiențe de învățare;
- 4.1. Utilizarea unor mărimi și a unor principii, teoreme, legi, modele fizice pentru a răspunde argumentat la probleme/situații-problemă de aplicare și/sau de raționament;
- 4.2. Folosirea unor modele simple din diferite domenii ale fizicii în rezolvarea de probleme simple/situații problemă.

Fenomene termice

UNITATEA

1



1. Mișcarea browniană (experimental). Agitația termică. Difuzia

Ce înveți?

- Să descrii mișcarea moleculelor unui corp
- Legătura dintre mișcarea moleculelor și temperatura corpului

Cuvinte cheie

- difuzie moleculară
- mișcare browniană
- agitație termică

Din experiența ta!

- 1** Folosești parfumul preferat, iar prietena ta, Ioana, este încântată de mirosul pe care îl simte, tocmai din camera alăturată. Explică de ce simte Ioana mirosul parfumului, deși este la o oarecare distanță de locul în care l-ai pulverizat? (*Figura 1*)
- 2** Din parcare aflată în fața blocului în care locuiești pornește o mașină în urma căreia rămâne fum. Cum explici faptul că simți mirosul gazului de eșapament din camera în care te afli? (*Figura 2*)
- 3** Toarnă suc de sfeclă roșie într-un pahar care conține o cantitate de apă. De ce crezi că se colorează apa și capătă culoarea roz? (*Figura 3*)



Figura 1 – Parfum pulverizat



Figura 2 – Gaz de eșapament



Figura 3 – Suc de sfeclă roșie și apă

Află!

Împrăștierea mirosului de parfum la o distanță de locul în care a fost pulverizat, a gazelor de eșapament, precum și combinarea sucului de sfeclă roșie cu apa în care a fost turnat, sunt posibile datorită faptului că sunt alcătuite din particule care se mișcă de la sine și se pot deplasa unele printre celelalte. Aceste particule se numesc **molecule** și se află în mișcare dezordonată, fără a avea o direcție preferată.

Fenomenul de pătrundere a moleculelor unui corp printre moleculele altui corp, fără ca mișcarea să fie determinată de o forță exterioară, se numește **difuzie moleculară**.

Regăsim fenomenul de difuzie în toate stările de agregare, acesta fiind mai ușor de observat în cazul gazelor și al lichidelor.

În cazul corpurilor solide, dacă două plăci din metale diferite, cu suprafețele bine șlefuite, sunt presate puternic foarte mult timp una peste cealaltă, se constată că acestea nu vor mai putea fi separate cu ușurință din cauza întrepătrunderii prin difuzie moleculară.

Experiment!

Scop: evidențierea mișcării browniene.

Materiale: cretă colorată, apă, pipetă, microscop.

Mod de lucru:

1. Pisează creta colorată până când vei obține un praf fin.
2. Amestecă praful de cretă obținut cu puțină apă.
3. Ia o picătură din amestec cu ajutorul pipetei și așaz-o pe lamela microscopului.
4. Urmărește la microscop traiectoria particulelor de praf de cretă (*Figura 4*).

Constatări: Desenează, pe o foaie de hârtie, traiectoriile particulelor de cretă. De ce crezi că au această formă?



Figura 4 – Traiectoria particulelor de praf de cretă

Află!



Traectoria particulei, sub forma unei linii frânte (*Figura 5*), indică faptul că particula este în mișcare continuă, complet dezordonată și că schimbarea direcției de mișcare se datorează ciocnirilor dintre aceasta și particulele de apă. Acest fenomen a fost descoperit de botanistul Robert Brown, în anul 1828, în urma studierii, la microscop, a particulelor de polen aflate în suspensie în apă. Mai tarziu, în anul 1905, Albert Einstein a descris matematic această mișcare, numită mișcarea browniană. Mișcarea browniană este cu atât mai intensă, cu cât particulele aflate în suspensie sunt mai mici, cu cât lichidul este mai puțin vâscos și cu cât temperatura este mai ridicată.

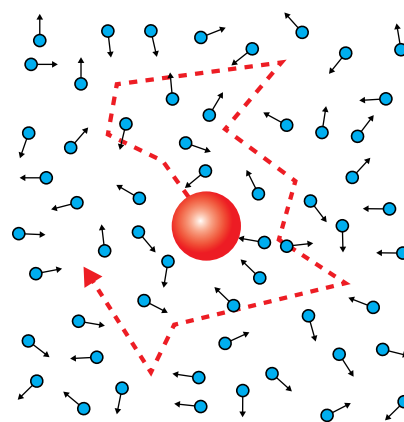


Figura 5 – Mișcarea browniană

Experiment!



Scop: evidențierea mișcării de agitație termică.

Materiale: trei pahare Berzelius, apă rece (în care se pun câteva cuburi de gheață), apă la temperatura camerei, apă fierbinte, călimară cu cerneală, pipetă, cronometru.

Mod de lucru:

1. Toarnă apa rece, apa la temperatura camerei și apa fierbinte în fiecare dintre cele trei pahare Berzelius.
2. Pune câteva picături de cerneală, cu ajutorul pipetei, în fiecare pahar.
3. Măsoară, cu ajutorul cronometrului, timpul de uniformizare a culorii în fiecare pahar și notează-l în caiet.

Constatări: De ce diferă timpul de colorare completă a apei din cele trei pahare?

Află!

Cerneala difuzează imediat în apa din pahare, dar în mod diferit: în apa rece se împrăștie foarte lent, iar în apa fierbinte foarte repede. Timpul de uniformizare a culorii pentru vasul cu apă la temperatura camerei are o valoare cuprinsă între ceilalți doi timpi măsurați. Viteza cu care două lichide se amestecă de la sine, crește odată cu creșterea temperaturii. Mișcarea moleculelor de cerneală este cu atât mai intensă, cu cât temperatura apei din pahar este mai ridicată.

Indiferent de starea de agregare în care se află un corp, *moleculele acestuia se află într-o mișcare care nu are o cauză externă, continuă, complet dezordonată*, care este cu atât mai intensă, cu cât este mai mare temperatura. Această mișcare este numită mișcare termică sau **agitație termică**.

Important!



Difuzia moleculară reprezintă fenomenul de pătrundere a moleculelor unui corp printre moleculele altui corp, fără nici o intervenție din exterior. Cu cât temperatura este mai mare, cu atât viteza de difuzie este mai mare.

Agitația termică reprezintă mișcarea continuă și dezordonată a moleculelor unui corp. Aceasta este cu atât mai intensă cu cât temperatura este mai ridicată.

Aplică!

4 Desfaci o sticlută în care se află dizolvant pentru lacul de unghii și mirosul se răspândește în toată încăperea. Explică de ce se întâmplă așa!

Portofoliu

5 În apropierea marilor zone industriale există pericolul poluării aerului, a apei sau a solului. Explică modul în care se poate produce poluarea în cele trei medii. Ce măsuri pot fi întreprinse pentru a reduce acest pericol?

Organizarea portofoliului



Accesează manualul digital pentru a afla cum să îți organizezi portofoliul.

2. Stare de încălzire. Echilibru termic. Temperatura empirică

Ce înveți?

- Ce semnificație fizică are starea de încălzire a unui corp
- Realizarea echilibrului termic între corpuri cu temperaturi diferite

Cuvinte cheie

- temperatură
- contact termic
- mărime fizică de stare
- echilibru termic

Din experiența ta!

- 1 Scoți din congelator legumele preferate. Care este senzația pe care o ai, atunci când ții în mână aceste legume? (Figura 6) Dar atunci când îți iei ceașca în care se găsește ceaiul pe care tocmai l-ai preparat? (Figura 7)
- 2 Maria simte că este răcită și își duce mâna la frunte. De ce procedează astfel? O astfel de apreciere este precisă? (Figura 8)



Figura 6 – Legume congelate



Figura 7 – Ceai fierbinte



Figura 8 – Aprecierea temperaturii corpului

Află!

Din punct de vedere termic, senzația pe care o avem atunci când venim în contact cu diverse corpuri este una de rece sau cald (legumele înghețate sau ceașca cu ceai fierbinte). Această senzație este, însă, subiectivă, bazată pe simțurile noastre, care în anumite situații, pot transmite informații eronate despre *starea de încălzire* a unui corp (aprecierea temperaturii corpului cu ajutorul mâinii). Prin starea de încălzire sau starea termică se exprimă o proprietate fizică generală a corpurilor, pe care o descriem în viața cotidiană prin cuvintele: cald, fierbinte, rece, înghețat. Dacă avem la dispoziție câteva corpuri încălzite diferit, acestea pot fi ordonate, de exemplu, de la cel mai rece la cel mai cald. Reprezentând un criteriu de ordonare a corpurilor, **starea de încălzire** a acestora este o proprietate fizică măsurabilă, căreia îi poate fi asociată o mărime fizică numită **temperatură**.

Experiment!

Scop: evidențierea stării de încălzire a corpurilor.

Materiale: 3 pahare din sticlă, apă la temperatura camerei, câteva cuburi de gheață, apă încălzită, termoscop (termometru cu alcool fără gradații).

Mod de lucru:

1. Toarnă apă în fiecare dintre cele trei pahare în care ai pus: cuburile de gheață, apa la temperatura camerei și apa încălzită.
2. Introdu termoscopul, pe rând, în fiecare pahar și așteaptă câteva minute. Notează înălțimea la care se ridică alcoolul la introducerea termoscopului în fiecare pahar.

Constatări: Pentru care pahar înălțimea coloanei de alcool din termoscop are cea mai mică valoare? Dar cea mai mare? Ordonează paharele după starea lor de încălzire!

OBSERV!

Lista mea de verificare	DA	NU
Am respectat instrucțiunile?		
Am utilizat corect materialele?		
Am notat observațiile mele?		
Am formulat concluzia cu ușurință?		
Am cerut ajutor atunci când am avut nevoie?		

Află!

Nivelul alcoolului din tubul termoscopului este diferit pentru cele trei pahare. Cel mai scăzut nivel se obține pentru paharul cu apă în care se găsesc cuburile de gheață, iar cel mai ridicat nivel, pentru paharul cu apă încălzită. Putem utiliza termoscopul pentru a obține informații legate de starea de încălzire a corpurilor. Dacă nivelul alcoolului din tubul termoscopului este diferit, atunci corpurile au stări de încălzire diferite.

Din experiența ta!

3 Ana fierbe ouă pentru micul dejun și, pentru a le putea decoji ușor, le introduce într-un vas cu apă rece. Ce constată, după câteva minute, atunci când scoate ouăle din apă? Cum este apa? Dar ouăle? (Figura 9)



Figura 9 – Ouă fierte



Figura 10 – Compresă cu apă rece

4 Întors de la pârtia de schi, Mihai simte că are febră. Mama îi pune comprese cu apă rece pe frunte. Ce se întâmplă cu compresele după câteva minute de la aplicare? (Figura 10)

Află!

Atunci când scoate ouăle fierte din apa rece, în care au stat câteva minute, Ana constată că acestea s-au răcit, iar apa în care au stat, s-a încălzit ușor. De asemenea, compresele reci puse pe fruntea lui Mihai, se încălzesc, în timp ce fruntea lui devine mai rece. În aceste situații avem corpuri care sunt în contact direct (ouăle și apa, compresa și fruntea lui Mihai) și în urma acestui contact își modifică starea de încălzire.

Contactul dintre două sau mai multe corpuri cu stări de încălzire diferite, în urma căruia fiecare își modifică starea proprie de încălzire, se numește **contact termic**.

Experiment!

Scop: evidențierea echilibrului termic între corpuri cu stări de încălzire diferite (Figura 11).

Materiale: vas de sticlă, pahar de sticlă, apă rece, apă fierbinte, două termoscoape identice.

Mod de lucru:

1. În vasul mai mare toarnă apă fierbinte, iar în paharul mai mic, apă rece.
2. Introdu, atât în vas, cât și în pahar, câte un termoscop și, după câteva minute, notează nivelul alcoolului fiecărui termoscop.
3. Introdu paharul mic împreună cu termoscopul lui în vasul mai mare, în care se află termoscopul propriu.
4. Așteaptă zece minute și notează nivelul alcoolului fiecărui termoscop.

Constatări: Cum sunt indicațiile inițiale ale celor două termoscoape? Dar indicațiile finale?

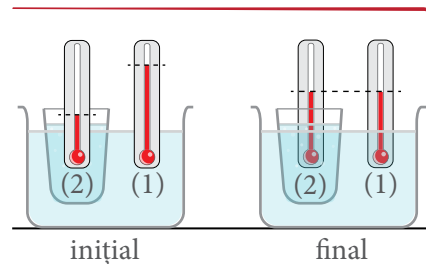


Figura 11 – Stabilirea echilibrului termic între corpuri

Află!

Inițial, indicațiile celor două termoscoape sunt diferite, arătând stări de încălzire diferite pentru apa din pahar și cea din vas. După introducerea paharului cu apă rece în vasul cu apă caldă, se constată modificarea nivelului alcoolului din cele două termoscoape. Nivelul alcoolului termoscopului din paharul cu apă rece începe să crească, semn că apa se încălzește, în timp ce nivelul alcoolului din termoscopul aflat în vasul cu apă caldă începe să scadă, apa din vas răcindu-se. În final, indicațiile celor două termoscoape devin identice, ceea ce demonstrează că starea de încălzire a apei din vas și a apei din pahar este aceeași sau că apa din cele două vase este în **echilibru termic**. Două sau mai multe corpuri cu stări de încălzire diferite, aflate în contact termic, ajung după un timp să aibă aceeași stare de încălzire, adică ajung în stare de echilibru termic. Deoarece fiecărei stări de încălzire a unui corp îi poate fi



Figura 12 – Termometru cu mercur



Figura 13 – Termometru cu gaz

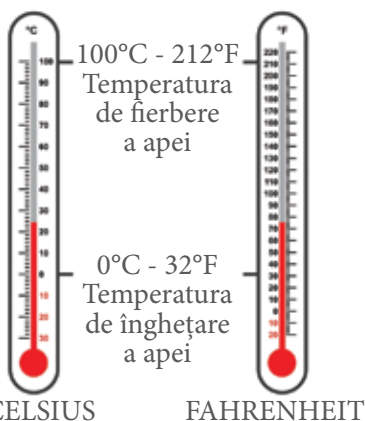


Figura 14 – Etalonarea în scara Celsius și Fahrenheit

asociată o temperatură proprie, în urma realizării echilibrului termic dintre corpuri, acestea vor ajunge la aceeași temperatură. **Temperatura empirică** este mărimea fizică ce caracterizează starea de echilibru termic a unui corp/sistem fizic.

Temperatura empirică a unui sistem nu poate fi determinată în mod absolut, ea poate fi definită prin alegerea a două stări de referință cărora li se atribuie două valori ale temperaturii. De exemplu, pentru scara Celsius, temperaturile de referință sunt: **temperatura de fierbere a apei** la presiune atmosferică normală, căreia i se atribuie valoarea 100°C și **temperatura de topire a gheții** la presiune atmosferică normală, căreia i se atribuie valoarea 0°C. Pentru măsurarea temperaturii se folosește **termometrul** (Figurile 12 și 13). Acesta conține un corp termometric, care poate fi un lichid (alcool, mercur), un gaz sau un rezistor. Corpul termometric este caracterizat de o mărime termometrică a cărei valoare se modifică sensibil cu temperatura (exemplu: lungimea coloanei de lichid). Termometrele pot fi etalonate în diverse scări de măsurare a temperaturii: scara Celsius, scara Fahrenheit (Figura 14).

Când se măsoară temperatura unui corp, termometrul este pus în contact termic cu corpul (excepție face cel cu infraroșii, care măsoară de la distanță temperatura). După stabilirea echilibrului termic, temperatura corpului este egală cu temperatura termometrului. Temperatura empirică se definește pe baza **principiului tranzitivității echilibrului termic**: Două corpuri aflate în stare de echilibru termic cu un al treilea corp, simultan sau succesiv, se află în echilibru termic și între ele.

În sistemul internațional de unități, temperatura se măsoară în **Kelvin**, nume dat în onoarea englezului Wiliam Thomson (Lord Kelvin), care a propus în anul 1854 scara absolută de temperatură (**scara Kelvin**). $[T]_{SI} = K$

Temperatura este **mărimea fizică de stare, scalară, fundamentală**, care descrie **starea de echilibru termic a corpurilor**. Relațiile prin care se stabilește legătura dintre temperaturile asociate unei stări de echilibru termic a unui corp, exprimate în scara Kelvin, prin scara Celsius, respectiv în scara Kelvin, prin scara Fahrenheit, sunt:

$$T(K) = t(^{\circ}C) + 273,15 \cong t(^{\circ}C) + 273$$

$$T(K) = \frac{5}{9} [t(^{\circ}F) - 32] + 273,15 \cong \frac{5}{9} [t(^{\circ}F) - 32] + 273$$

Legătura dintre temperatura unui corp exprimată în grade Celsius și în grade Fahrenheit este stabilită prin formula: $t(^{\circ}C) = \frac{5}{9} [t(^{\circ}F) - 32]$.

Important!



Starea de încălzire a corpurilor este o proprietate fizică măsurabilă, căreia îi poate fi asociată o mărime fizică numită **temperatură** care se măsoară cu **termometrul**. Contactul dintre două sau mai multe corpuri cu stări de încălzire diferite, în urma căruia fiecare își modifică starea proprie de încălzire, se numește **contact termic**. Două corpuri cu stări de încălzire diferite, când sunt puse în contact termic, ajung după un anumit interval de timp într-o stare de **echilibru termic**. **Temperatura** este mărimea fizică scalară care descrie **starea de echilibru termic** a corpurilor. **Temperatura empirică** reprezintă un parametru de stare care permite compararea stărilor aflate la echilibru termic.

Aplică!

5 Pentru temperaturile de 25 °C și -3 °C determină valorile în scările Kelvin și Fahrenheit.

6 Exprimă temperatura de 122 °F în grade Celsius.

3. Căldura, mărime de proces

Ce înveți?

- Transferul de căldură între corpuri
- Unități de măsură pentru căldură

Cuvinte cheie

- căldură
- mărime fizică de proces

Din experiența ta!

- 1 Este o zi toridă de vară. Maria și-a lăsat sticla de apă la soare. Ce constată atunci când bea apa? Dar dacă apa era lăsată într-un termos? (Figura 15)
- 2 Ce se întâmplă cu un cub de gheață aflat în apropierea unui șemineu? (Figura 16)



Figura 15 – Sticlă cu apă la soare



Figura 16 – Șemineu și cuburi de gheață

Află!

Soarele este principala sursă de căldură pentru Pământ, iar corpurile care stau la soare se încălzesc, precum apa din sticla Mariei. În alte situații, sub influența căldurii, corpurile se topesc, schimbându-și starea de agregare, de exemplu, din solidă în lichidă, asemenea cubului de gheață aflat în vecinătatea șemineului. Practic, în apropierea unor surse de căldură corpurile își schimbă starea de încălzire, mărindu-și temperatura prin absorbție de căldură.

Căldura este o formă a transferului de energie între corpuri cu temperaturi diferite, aflate în contact termic. Căldura caracterizează un proces, o transformare, de exemplu, o trecere dintr-o stare „mai rece” în alta „mai caldă”. De aceea, spunem că ea este o mărime fizică de proces, spre deosebire de temperatură, care este o mărime fizică de stare, ce caracterizează starea termică a unui corp la un anumit moment de timp. Căldura se notează cu litera Q , iar unitatea de măsură în S.I. poartă numele lui James Prescott Joule: $[Q]_{SI} = J$. O altă unitate de măsură pentru căldură, utilizată mai ales în nutriție este **caloria**: $1 \text{ cal} = 4,1868 \text{ J}$.

Calorimetrul (Figura 17) este un dispozitiv de laborator folosit pentru măsurarea schimbului de căldură între corpuri. Este alcătuit din două vase, unul în interiorul celuilalt, izolate între ele, un capac prevăzut cu orificii, prin care se introduc agitatorul și termometrul.

Ca și în cazul calorimetrului, termosul are în construcția sa cele două vase izolate între ele astfel încât se asigură condiția obținerii contactului termic între corpurile care schimbă căldură.

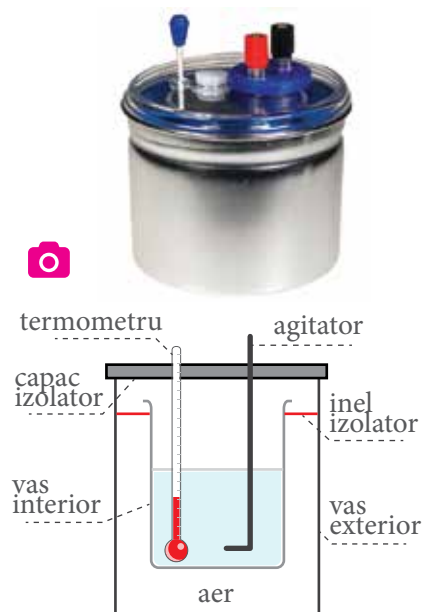


Figura 17 – Calorimetru

Experiment!

Scop: evidențierea schimbului de căldură între corpuri.

Materiale: calorimetru, un pahar în care se află apă rece de la robinet, alt pahar în care se află apă caldă de la robinet (sau apă pe care o încălzești), termometre.

Mod de lucru:

1. Măsoară, cu ajutorul termometrelor, temperatura apei reci și a apei calde din cele două pahare și notează pe caiet cele două valori.
2. Răstoarnă apa din cele două pahare în vasul interior al calorimetrului și așază capacul calorimetrului deasupra lui.
3. Introdu prin orificiu agitatorul și amestecă apa din calorimetru.
4. Introduci termometrul și aștepti un timp.
5. Măsoară temperatura apei din calorimetru și notează-o pe caiet.

Constatați: Cum este valoarea temperaturii finale a apei din calorimetru față de valorile inițiale ale apei din cele două pahare? Cum explici acest lucru?

Află!

Inițial, temperatura apei din cele două pahare este diferită, iar la final, după ce apa din calorimetru ajunge la echilibru termic, aceasta va avea o temperatură diferită de cele două valori inițiale, încadrată între ele (*de exemplu, dacă ai avut cantități egale de apă în cele două pahare și apa rece a avut temperatura 20 °C, iar apa caldă 50 °C, apa din calorimetru va avea, în final, 35 °C*). În urma contactului termic dintre cele două corpuri (apa din cele două pahare) are loc un transfer de energie între ele, **corpul mai cald cedează căldură**, iar **corpul mai rece primește căldură**. La nivel microscopic, căldura exprimă transferul de energie mecanică dintre atomii sau moleculele, care se mișcă inițial cu viteze diferite, ale corpurilor aflate în contact termic. Astfel, particulele cu viteză mai mare (care au și temperatură mai mare), vor accelera particulele cu viteză mai mică prin ciocniri cu acestea, și vor încetini. După un timp, toate particulele vor avea aceeași viteză, transferul de energie încetează, iar starea atinsă este numită **stare de echilibru termic**, stare în care corpurile au ajuns la aceeași temperatură.

Important!

Căldura (Q) este mărimea fizică scalară, de proces, ce reprezintă o formă a schimbului de energie dintre corpurile aflate la temperaturi diferite, aduse în contact termic. Unitatea de măsură în S.I. este $\langle Q \rangle_{\text{S.I.}} = \text{J (joule)}$. Căldura **primită** de un corp într-un proces de încălzire este considerată **pozitivă**, iar cea **cedată** de un corp într-un proces de răcire este considerată **negativă**.



Aplică!

- 3 Notează **A**, dacă propoziția este adevărată și **F**, dacă este falsă. Reformulează corect, pe caiet, răspunsurile false.
 - a) Două corpuri sunt în echilibru termic dacă au aceeași temperatură.
 - b) Temperatura este o mărime fizică de proces.
 - c) Un corp care se răcește cedează căldură.
 - d) Unitatea de măsură pentru căldură în sistemul internațional gradul Kelvin.
- 4 La contactul termic dintre două corpuri cu temperaturi diferite are loc un transfer de căldură. Alege răspunsul corect.
 - a) Temperatura corpurilor nu va fi niciodată aceeași.
 - b) Temperatura corpului care primește căldură crește, iar a corpului care cedează căldură scade.
 - c) Temperatura celor două corpuri nu se modifică.
 - d) Temperatura corpului care primește căldură scade, iar a corpului care cedează căldură crește.

4. Transmiterea căldurii (prin conducție, convecție, radiație)

Ce înveți?

- Conductori și izolatori termici – proprietăți și aplicații

Cuvinte cheie

- conducție
- convecție
- radiație
- conductor termic (termoconductor)
- izolator

Din experiența ta!

- 1 Maria încălzește apă pentru a-și prepara un ceai (Figura 18). Când atinge mânerul ibricului metalic, constată că acesta este fierbinte, deși nu este în contact direct cu flacăra de la aragaz? De ce se întâmplă așa?
- 2 Caloriferele se montează, de obicei, sub geamuri. Poți observa că, deseori, perdeaua de deasupra caloriferului se mișcă ușor. De ce crezi că se montează în acest loc un calorifer (Figura 19)? Cum explici mișcarea perdelei?
- 3 Cum explici încălzirea Pământului de către Soare (Figura 20)?



Figura 18 – Ibric



Figura 19 – Calorifer



Figura 20 – Soare

Află!

Dacă mânerul ibricului în care Maria prepară ceaiul de dimineață este metalic, acesta se va încălzi repede și va fi nevoie de un prosop/mănușă pentru a ridica ibricul de pe aragaz. În această situație, particulele (atomii și moleculele) din metal intră într-o stare de vibrație, din ce în ce mai puternică, pe măsură ce absorb căldură.

Prin ciocniri, atomii accelerați determină creșterea agitației termice, din aproape în aproape, astfel încât căldura se transmite de la partea încălzită la cea neîncălzită a metalului. Propagarea căldurii se realizează, în acest caz, **prin conducție**.

Experiment!

Scop: evidențierea transferului de căldură prin conducție (Figura 21).

Materiale: două lingurițe din material diferit (metal, plastic), două mărgeluțe, o cană, apă fierbinte, puțin unt.

Mod de lucru:

1. Pune (fixează) în fiecare linguriță puțin unt, iar pe bucățica de unt „lipește” câte o mărgeluță.
2. Toarnă în cană apă fierbinte.
3. Introdu coada fiecărei lingurițe în apa fierbinte și așteaptă un timp.

Constatări: Ce se întâmplă cu mărgeluțele? De ce se comportă în acest fel?



Figura 21 – Experiment conducție termică

Află!

Prin lingurița din metal căldura trece foarte repede de la un capăt la altul al acesteia. Astfel, mărgeaua „lipită” cu ajutorul untului, începe, după puțin timp, să se desprindă. Căldura se transmite din aproape în aproape, de la capătul linguriței aflat în apa fierbinte, spre celălalt capăt. Astfel, untul se înmoaie și mărgeaua se desprinde. Nu se întâmplă la fel și cu lingurița din plastic.

Toate corpurile solide conduc mai mult sau mai puțin căldura, dar, dintre solide, metalele sunt bune conductoare de căldură (**termoconductoare**), celelalte materiale (plastic, sticlă, lemn, ebonită) având termoconductibilitate redusă. Penele păsărilor, blana animalelor, hainele de lână sunt considerate **izolatoare termice**, deoarece permit foarte puțin transferul de căldură. Ele „conțin” aer, iar aerul nu este un bun conductor de căldură. Conducția termică, specifică solidelor, reprezintă propagarea căldurii din aproape în aproape, fără transport de substanță (particulele de substanță „încălzite” nu se deplasează odată cu energia termică).

Dacă este frig afară și deschidem fereastra, în cameră intră aer rece. Având o densitate mai mare decât cea a aerului cald din interior, aerul rece tinde să coboare. Caloriferul fierbinte, aflându-se în vecinătatea ferestrei, încălzește rapid aerul pătruns de afară, densitatea acestuia scade și el începe să se ridice spre tavan. Se formează, astfel, mici **curenți de convecție**, care determină mișcarea ușoară a perdelei din dreptul geamului.

În același mod putem înțelege și încălzirea apei aflată în ibricul din Figura 18. Apa din partea de jos a vasului, primind căldură de la flacără, se încălzește, se dilată și densitatea ei se micșorează. Devenind mai ușoară, va urca la suprafață, în timp ce apa de la suprafață fiind mai rece și cu densitate mai mare, va coborî. Acest proces se repetă până la încălzirea uniformă a apei.

Experiment!

Scop: evidențierea transferului de căldură prin convecție (Figura 22).

Materiale: lumânare, suport pentru lumânare, chibrit.

Mod de lucru:

1. Așază lumânarea în suport și aprinde-o cu ajutorul chibritului (în prezența profesorului sau a unui adult).
2. Deschide fereastra, poziționează suportul cu lumânarea aprinsă în partea de jos a ferestrei și observă flacăra acesteia.
3. Poziționează suportul cu lumânarea aprinsă în partea de sus a ferestrei și observă, din nou, flacăra acesteia.

Constatări: Cum este îndreptată flacăra lumânării în cele două situații? De ce se întâmplă așa?



Figura 22 – Experiment convecție

Află!

Când așezi lumânarea în partea de jos a ferestrei, flacăra acesteia este îndreptată spre interiorul camerei, iar atunci când o așezi în partea de sus a ferestrei, flacăra se orientează spre exterior. Aerul mai rece (cu densitate mai mare) intră în cameră prin partea de jos și îndreaptă flacăra spre interior, în timp ce aerul mai cald (mai ușor), aflat la înălțime, iese din cameră prin partea de sus a ferestrei și îndreaptă flacăra spre exterior.

▶ În toate lichidele și gazele căldura se transmite prin curenți de convecție, din aproape în aproape, cu transport de substanță.

Soarele transmite căldura spre Pământ (Figura 20) și spre celelalte planete din Sistemul Solar. În acest caz, căldura se transmite fără să necesite un mediu material de propagare (în vid), prin intermediul radiațiilor infraroșii, care nu sunt vizibile cu ochiul liber. Orice corp cald (de exemplu, o sobă în care arde focul) emite căldură prin radiație, la fel ca și Soarele. Cu cât temperatura corpurilor este mai mare, cu atât cantitatea de radiație infraroșie emisă este mai mare.

Toate corpurile absorb și reflectă radiații. Cele care absorb mai mult decât reflectă, preiau mai multă căldură (de exemplu, corpurile negre). Cele care reflectă mai mult decât absorb, preiau mai puțină căldură (corpurile albe).

Important!

Transmiterea căldurii între corpuri se poate face în trei moduri:

- **prin conducție**, din aproape în aproape, fără transfer de substanță, pentru **corpurile solide**.
- **prin convecție**, din aproape în aproape, cu transfer de substanță, pentru **corpurile lichide și gaze**.
- **prin radiație**, atunci când corpurile nu sunt în contact, ci la distanță; acestea își pot transfera căldură și **prin vid**.

Aplică!

4 În *Figura 23* observi un geam termopan. Explică de ce este mai eficientă o astfel de fereastră, față de una obișnuită, din punctul de vedere al transferului de căldură cu mediul exterior.

5 Explică de ce, în timpul iernii, când afară este foarte frig, păsările își înfoaie penele.

6 De ce este recomandat ca vara, când este foarte cald afară, să purtăm haine de culoare deschisă?

7 Identifică în *Figura 24* modurile prin care se realizează transferul de căldură.

8 Ce se întâmplă cu coloana de lichid a unui termometru atunci când acesta este adus în apropierea unei sobe în care arde focul?

9 Ce este indicat să folosești: un ibric cu mâner din același material cu ibricul sau unul cu mâner din lemn? De ce?

10 Oamenii emit radiații termice? Argumentează!

11 De ce crezi că vechile palate se construiau cu ziduri foarte groase?

12 Cum explici faptul că lichidul aflat într-un termos își păstrează aproximativ aceeași temperatură ca în momentul în care l-ai turnat?

13 Ai un vas metalic cu apă care a ajuns la temperatura de fierbere (100°C) pe care îl aduci într-o încălțată cu dimensiuni apropiate de cele ale vasului și temperatura aerului din interior de 20°C . Presupunând că această încălțată este închisă etanș și are pereții din materiale izolatoare termice:

- a) precizează corpurile care schimbă căldură între ele;
- b) identifică tipurile de transfer a căldurii ce pot avea loc între corpurile aflate în contact termic;
- c) cum s-ar modifica schimburile de căldură dacă pereții ar fi conductori termici?



Figura 23 – Geam termopan

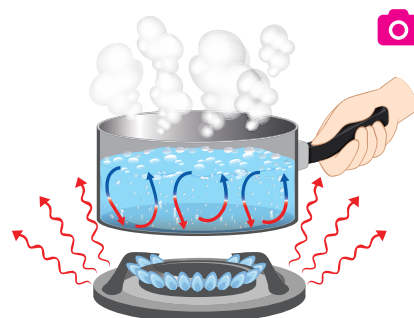


Figura 24 – Transferul căldurii

Autoevaluare

Reflectează asupra activității tale din această lecție. Redactează o fișă în care să completezi următoarele enunțuri:

- a) Prin rezolvarea exercițiilor am învățat
- b) Cel mai mult mi-a plăcut
- c) Mi-a fost ușor să
- d) Am avut dificultăți la Pentru a depăși aceste probleme, este nevoie să Profesorul mă poate ajuta/sprijini cu
- e) Am reușit să

5. Extindere în tehnologie: motorul termic (calitativ)

Ce înveți?

- Tipuri de motoare termice
- Cum funcționează un motor termic

Cuvinte cheie

- | | |
|--------------------|------------------------|
| – motor termic | – compresie |
| – randament termic | – aprindere și detentă |
| – admisie | – evacuare |

Din experiența ta!

- 1 Observă mijloacele de transport din *Figura 25* și explică modul în care se produce propulsarea acestora.
- 2 Ce deosebire există între navele maritime și locomotivele din *Figurile 25 și 26*?



Figura 25 – Mijloace de transport terestre, aeriene, maritime



Figura 26 – Navă și locomotivă cu aburi

Află!

Mijloacele de transport, cu precădere cele terestre, dar și acelea aeriene sau maritime (*Figurile 25, 26*) fac parte din viața noastră. Toate aceste mijloace de transport efectuează lucru mecanic atunci când se deplasează. Pentru a efectua lucru mecanic, sistemul trebuie să primească energie. Ne putem deplasa ușor dintr-un loc în altul, atunci când utilizăm mijloace de transport, datorită descoperirii **motoarelor termice**. Combustibilul care arde în interiorul motorului termic (benzină, motorină, kerosen) degajă căldură, căldură care este transformată în lucru mecanic, iar acesta determină propulsarea acestor mijloace de transport. Nu toată cantitatea de căldură obținută prin arderea combustibilului este transformată în lucru mecanic. O parte din această căldură este cedată mediului exterior (*Figura 26*).

Un motor termic este un sistem care transformă căldura primită, prin arderea unui combustibil, în lucru mecanic. Cuvântul **motor** provine din limba latină și înseamnă „care pune ceva în mișcare”.

Diferența dintre locomotiva din *Figura 25* și cea din *Figura 26*, sau dintre motonavele din cele două figuri, este aceea că, în primul caz, arderea combustibilului are loc în interiorul motorului, iar în cazul locomotivei sau a vaporului cu aburi, arderea are loc în exteriorul motoarelor acestora. Prin urmare, putem împărți motoarele în două categorii: **motoare cu ardere externă și motoare cu ardere internă** (motorul Otto, motorul Diesel).

Dacă notăm Q_p – căldura care provine din arderea combustibilului (sursa caldă) și Q_c – căldura cedată sistemului de răcire (sursa rece) (*Figura 27*), observăm că motorul termic transformă în lucru mecanic diferența dintre cele două cantități de căldură: $L = Q_p - |Q_c|$.

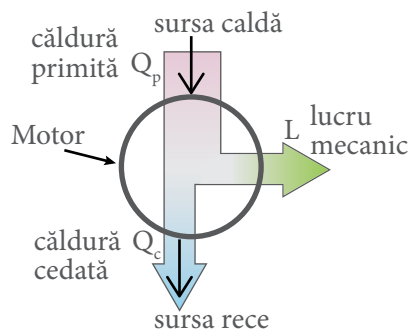


Figura 27 – Schema energetică a motorului

Experiment!

Scop: evidențierea transformării căldurii în lucru mecanic.

Materiale: seringă, apă fierbinte, adeziv.

Mod de lucru:

1. Acționează asupra pistonului seringii astfel încât să intre aer în ea (de exemplu, jumătate din volumul ei) și notează gradația seringii pentru poziția pistonului.
2. Astupă orificiul seringii cu adeziv.
3. Introdu seringă în apa fierbinte și lasă pistonul liber.
4. După câteva minute, verifică poziția pistonului și notează noua gradație.

Constatări: Compară cele două gradații ale seringii pentru pozițiile pistonului. Cum explici deplasarea pistonului seringii în urma introducerii ei în apa fierbinte?

Află!

La introducerea seringii în apă fierbinte, în urma contactului termic, apa, având temperatură mai mare, cedează căldură aerului din seringă. Creșterea temperaturii aerului determină intensificarea mișcării de agitație termică a moleculelor, care acționează asupra pistonului, punându-l în mișcare. Prin urmare, căldura primită de sistem este transformată în lucru mecanic. În cazul motoarelor termice, din experimente, s-a constatat că doar o parte din căldura primită este transformată în lucru mecanic. Astfel, putem defini un parametru important ce caracterizează un motor: **randamentul termic** al motorului (sau randamentul motorului termic), notat cu litera grecească η (citită eta), definit prin raportul dintre lucrul mecanic efectuat de motor și căldura degajată prin arderea combustibilului, $\eta = \frac{L}{Q_p} = \frac{Q_p - |Q_c|}{Q_p}$.

Randamentul motorului cu benzină Otto este de aproximativ 30%, în timp ce randamentul motorului cu motorină este de aproximativ 40%. **Motoarele termice cu ardere internă** sunt motoare care pot funcționa în patru timpi sau în doi timpi.



În cazul unui motor termic cu ardere internă în patru timpi (Figura 28), s-au atribuit denumiri specifice fiecărui timp: admisie (timpul 1), compresie (timpul 2), ardere și detentă (timpul 3), evacuare (timpul 4). Pentru motorul cu benzină motor (Otto) putem detalia timpii astfel:

- **admisia** (timpul 1) – pistonul trage în interiorul cilindrului amestecul de aer și vapori de benzină, atunci când coboară în cilindru;
- **compresia** (timpul 2) – în timpul ridicării pistonului, amestecul de gaze este comprimat, iar presiunea în interiorul acestuia crește foarte mult;
- **aprinderea și detenta** (timpul 3) – bujia produce scânteia care aprinde amestecul de gaze comprimat. Acesta arde, temperatura și presiunea în cilindru cresc foarte mult, atingând aproximativ 2 000 °C și câteva zeci de atmosfere, iar pistonul este împins în jos, efectuând lucru mecanic;
- **evacuarea** (timpul 4) – la următoarea ridicare a pistonului în cilindru, gazele rezultate în urma arderii sunt evacuate.

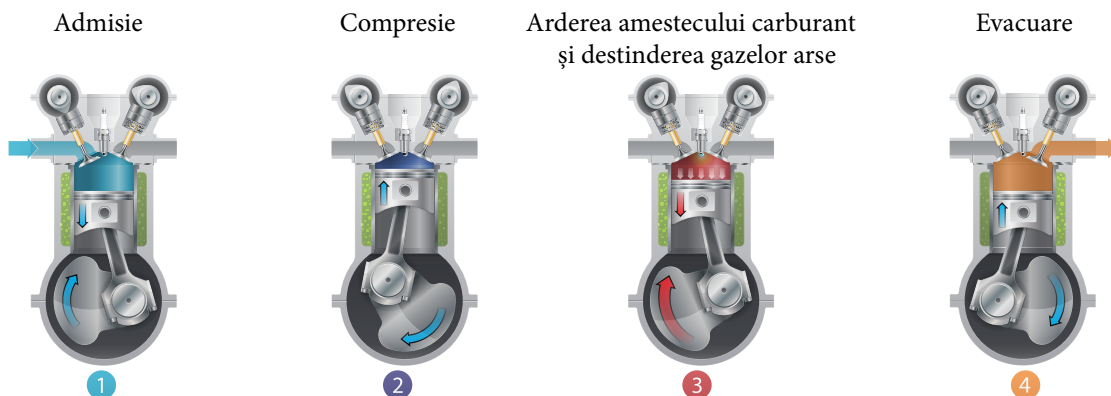


Figura 28 – Schema funcționării motorului în 4 timpi

Important!

- **Lucrul mecanic** este obținut, în cazul motoarelor cu ardere internă, din **căldura** degajată prin arderea combustibilului folosit pentru funcționarea motorului.
- O parte din **căldura** degajată în procesul de ardere a combustibilului este **eliminată** din motor odată cu gazele care rezultă în urma arderii.
- **Randamentul motorului termic** este o mărime adimensională, numeric egală cu raportul între **lucrul mecanic efectuat** și **căldura degajată** la arderea combustibilului.
- **Randamentul este întotdeauna mai mic decât 1.**

Aplică!

3 Randamentul motorului termic al unui automobil este 28%. Dacă automobilul s-a deplasat 45 de minute și puterea motorului este $P = 90 \text{ kW}$, ce căldură s-a produs prin arderea benzinei?

Proiect

• Ce veți face?

Planșe despre 3-4 tipuri de motoare termice.

• De ce veți face proiectul?

Pentru a aplica noțiunile studiate, pentru a descrie tipurile și funcționarea motoarelor termice.

• Cum veți face?

- Formați echipe de câte 5 elevi și căutați pe Internet informații (istoria, evoluția motoarelor termice, funcționarea și eficiența lor, inventatorii motoarelor termice etc.).

- Analizați informațiile găsite și realizați o prezentare a fiecărui motor, folosind imagini sau desene sugestive.

- Prezentați planșa/planșele concepute.

• Cum veți ști că ați reușit?

Veți prezenta proiectul (planșa/planșele) colegilor și profesorului, iar ei vor face aprecieri și recomandări.

• Ce se evaluează?

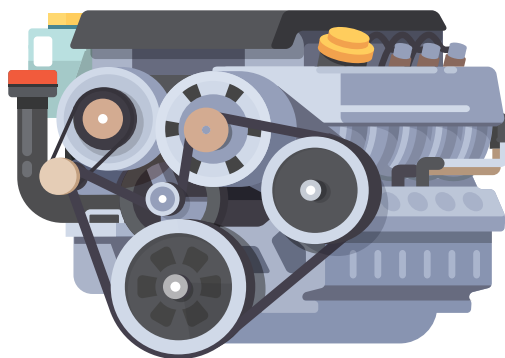
- formularea clară a prezentărilor;
- imaginile sugestive folosite;
- corectitudinea informațiilor prezentate.

Motoare termice

SUGESTIE

Motorul

- Tipul (cu ardere internă sau externă, funcționare în 4 timpi sau 2 timpi)
- Anul descoperirii
- Inventatorul:
- Randament:



Autoevaluare

- Explicațiile științifice sunt adecvate?
 - Prezentarea materialelor echipei a fost apreciată de colegi?
-  *Analizează colaborarea în echipă, folosind grila de evaluare din manualul digital.*

6. Coeficienți calorici. Calorimetrie

Ce înveți?

- Calorimetria și aplicațiile acesteia

Cuvinte cheie

- sistem izolat adiabetic
- coeficienți calorici
- capacitate calorică
- căldură specifică

Din experiența ta!

- 1 Andrei a ieșit la picnic cu prietenii. Pentru că este o zi foarte caldă, păstrează alimentele în lada frigorifică (Figura 29). De ce procedează așa?
- 2 După câteva ore petrecute la săniuș, Maria îi oferă surorii ei mai mici ceai din termosul pe care l-a luat de acasă (Figura 30). De ce nu a folosit o sticlă obișnuită pentru a transporta ceaiul?
- 3 În ibric și în oală, ambele din același material (Figura 31), încălzim pe aragaz mase egale de apă, având aceeași temperatură, pentru aceeași durată de timp. Crezi că temperaturile finale ale apei vor fi diferite? Motivează răspunsul.



Figura 29 – Ladă frigorifică



Figura 30 – Termos



Figura 31 – Ibric și oală

Află!

Lada frigorifică, la fel ca și termosul, îngreunează schimbul de căldură dintre alimentele și ceaiul aflate în interiorul lor și mediul exterior. Astfel, într-o zi caldă, alimentele păstrează, pentru un timp, o temperatură optimă, dacă se află în interiorul unei lăzi sau genți frigorifice, iar pe timp de iarnă, deși afară este ger, termosul păstrează lichidele aproximativ la temperatura pe care au avut-o inițial. Astfel de corpuri, precum lada/geanta frigorifică și termosul se numesc **izolatoare termice**. Izolarea termică a unui sistem se realizează cu ajutorul unui înveliș, care nu permite schimbul de căldură dintre sistem și mediul exterior ($Q = 0$), numit **înveliș adiabetic**. Un sistem aflat într-un înveliș adiabetic se numește sistem izolat adiabetic.

Apa din ibric și cea din oală primesc căldură de la aragaz. Acest transfer de energie determină creșterea temperaturii apei. Între temperaturile finale ale apei din ibric și din oală (Figura 31) nu va exista o diferență semnificativă, dacă presupunem că ambele sunt confecționate din același material, iar masa de apă, durata încălzirii și sursa de căldură sunt identice. Totuși, în practică pot apărea mici diferențe din cauza formei și dimensiunii diferite ale vaselor.

Mărimile fizice care stabilesc o relație cantitativă între căldura Q , primită sau cedată de un corp și variația temperaturii acestuia, ΔT , se numesc **coeficienți calorici**.

Experiment!

Scop: evidențierea factorilor de care depinde căldura primită sau cedată de un corp.

Materiale: spirtieră cu sită (Figura 32), cronometru, 2 termometre, 2 vase gradate de sticlă, apă.

Mod de lucru:

1. Toarnă cantități diferite de apă (de la robinet) în cele două vase de sticlă (de exemplu, 100 ml și 200 ml).
2. Cu ajutorul termometrului măsoară temperatura inițială a apei din vase și notează-o pe caiet.
3. Așază cele două vase (pe rând) pe sita spirtierei și cronometrează timpul în care temperatura apei crește cu același număr de grade (de exemplu, cu 10°C). Notează, pe caiet, cele două durate de timp.

Constatări: Cum sunt cele două durate? Cine influențează valorile lor?



Figura 32 – Spirtieră

Află!

Durata de încălzire este mai mare pentru vasul în care există o masă mai mare de apă ($m = \rho \cdot V$). Cu cât timpul de încălzire este mai mare, cu atât căldura primită de apă este mai mare. Deși temperatura apei din cele două vase a crescut cu același număr de grade, căldura absorbită de fiecare este diferită. În concluzie, căldura schimbată de un corp (primită sau cedată) în procesul de încălzire sau răcire este proporțională cu masa corpului ($Q \sim m$).

Experiment!

Scop: evidențierea factorilor de care depinde căldura primită sau cedată de un corp.

Materiale: spirtieră cu sită, cronometru, 2 termometre, 2 vase gradate de sticlă, apă.

Mod de lucru:

1. Toarnă aceeași cantitate de apă în cele două vase (de exemplu, 150 ml) și măsoară cu ajutorul termometrului temperatura apei din cele două recipiente.
2. Așază un vas pe sita spirtierei și cronometrează timpul în care temperatura apei crește cu 10 °C. Notează-l!
3. Așază și celălalt vas pe sita spirtierei și cronometrează timpul în care temperatura apei crește cu 20 °C. Notează-l!

Constatări: Ce poți spune despre cele două durate? Cum sunt cantitățile de căldură primite de apa din cele două vase?

Află!

Aceiași cantități de apă îi este necesar un timp mai mare pentru a-și mări temperatura cu un număr mai mare de grade. **Prin urmare, căldura primită sau cedată de un corp în procesul de încălzire sau răcire este direct proporțională cu variația temperaturii corpului $Q \sim \Delta T$.**

Experiment!

Scop: evidențierea factorilor de care depinde căldura primită sau cedată de un corp

Materiale: spirtieră cu sită, cronometru, 2 termometre, 2 vase gradate de sticlă, apă, ulei.

Mod de lucru:

1. Într-unul dintre vase toarnă o cantitate de apă, iar în celălalt, aceeași cantitate de ulei.
2. Măsoară, cu ajutorul termometrului temperatura inițială a uleiului, astfel încât aceasta să fie egală cu temperatura apei (de exemplu, 25 °C).
3. Așază cele două vase (pe rând) pe sita spirtierei și cronometrează timpul în care temperatura fiecărei substanțe crește cu același număr de grade (de exemplu cu 10 °C). Notează cele două durate cronometrate.

Constatări: De ce crezi că diferă durata în care cele două cantități egale de substanță își modifică temperatura cu același număr de grade?

Află!

Deși ai cantități egale de apă și ulei pe care le încălzești cu același număr de grade, durata acestui proces este diferită, ceea ce arată că ele absorb cantități diferite de căldură. Apei îi este necesară o cantitate mai mare de căldură decât uleiului pentru a se încălzi cu 10 °C. **Așadar, căldura primită sau cedată de un corp în procesul de încălzire sau răcire depinde de natura substanței.** Poate fi definită o constantă de material care stabilește relația dintre cantitatea de căldură schimbată de o masă „m” de substanță și variația temperaturii sale, numită căldură specifică, notată cu „c”.

Coeficienții calorici reprezintă, așadar, mărimile fizice ce caracterizează schimbul de căldură dintre corp și mediul exterior, stabilind o relație cantitativă între această căldură și variația temperaturii corpului. Doi dintre cei mai importanți coeficienți calorici sunt: capacitatea calorică, notată „C” și căldura specifică, notată „c”.

Capacitatea calorică (C) reprezintă căldura schimbată de un corp pentru a-și modifica temperatura cu un grad.

$$C = \frac{Q}{\Delta T}; [C]_{SI} = \left[\frac{Q}{\Delta T} \right]_{SI} = \frac{J}{K}$$

Căldura specifică (c) reprezintă căldura schimbată de unitatea de masă dintr-o substanță pentru a-și modifica temperatura cu un grad.

$$c = \frac{Q}{m \Delta T}; [c]_{SI} = \left[\frac{Q}{m \Delta T} \right]_{SI} = \frac{J}{kgK}$$

Căldura schimbată de un corp (primită sau cedată) pentru a-și modifica temperatura cu ΔT , poate fi exprimată în funcție de căldura specifică astfel: $Q = m \cdot c \cdot \Delta T = m \cdot c \cdot (T_f - T_i)$ sau în funcție de capacitatea calorică astfel: $Q = C \cdot \Delta T = C \cdot (T_f - T_i)$. Căldura specifică depinde atât de natura substanței, cât și de anumite condiții specifice în care are loc schimbul de căldură. Valorile căldurii specifice (și ale densității) pentru diferite substanțe pot fi găsite în tabele ca în *Tabelul 1*.

Tabelul 1 – Valori călduri specifice și densități



Substanța	Densitatea la 20 °C (kg/m ³)	Căldura specifică la 20 °C (J/kg · K)
Acetonă	791	2 180
Alcool etilic	790	2 430
Aluminiu	2 702	880
Apă	1 000	4 185
Argint	10 500	235
Aur	19 320	128
Cositor (staniu)	7 310	228
Cupru	8 960	385
Fier	7 874	449
Glicerină	1 260	2 400
Mercur	13 550	139
Naftalină	1 140	1 300
Nichel	8 900	444
Platină	21 450	130
Plumb	11 350	129
Tungsten	19 340	130

Problemă rezolvată

4 Ce cantitate de căldură trebuie să primească un corp de formă cubică cu latura $l = 5$ cm, confecționat din aluminiu, pentru a-și modifica temperatura de la 20 °C la 90 °C?

Rezolvare: În *Tabelul 1* găsim valorile densității și ale căldurii specifice pentru aluminiu: $\rho = 2\,702 \text{ kg/m}^3$ și $c = 880 \frac{J}{kgK}$

Căldura necesară corpului pentru a se încălzi este dată de formula: $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$

$\Delta T = T_{\text{final}} - T_{\text{inițial}}; T_{\text{inițial}} = 20^\circ\text{C} + 273 = 293 \text{ K}$, iar $T_{\text{final}} = 90^\circ\text{C} + 273 = 363 \text{ K}$; $\Delta T = 363 \text{ K} - 293 \text{ K} = 70 \text{ K}$

Masa corpului o aflăm din definiția densității: $\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho \cdot V$

Volumul cubului este: $V = l^3 = (5 \cdot 10^{-2} \text{ m})^3 = 125 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$

$m = 2\,702 \text{ kg/m}^3 \cdot 125 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 = 337,75 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$

$Q = m \cdot c \cdot \Delta T = 337,75 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot 880 \frac{J}{kgK} \cdot 70 \text{ K} = 20\,805,4 \text{ J}$

Răspuns: 20 805,4 J

Experiment!

Scop: determinarea căldurii specifice a unui corp.

Materiale: calorimetru, vas cu apă rece, corp confecționat dintr-un material necunoscut, cântar electronic, vas cu apă fierbinte, clește.

Mod de lucru:

1. Cântărește corpul și notează masa acestuia cu m_1 .
2. Introdu corpul în vasul cu apă fierbinte și așteaptă câteva minute.
3. În timp ce corpul este în vasul cu apă fierbinte, cântărește apa rece și notează masa acesteia cu m_2 .
4. Toarnă apa rece în calorimetru și măsoară temperatura ei la câteva minute după ce ai pus-o în calorimetru; notează această temperatură cu T_2 . Măsoară temperatura corpului din vasul cu apă fierbinte și notează-o cu T_1 .
5. Cu ajutorul cleștelui, pune corpul în calorimetru și așteaptă ca temperatura să se stabilizeze; amestecă ușor apa din calorimetru cu agitatorul. Măsoară temperatura de echilibru și notează-o cu T .

Constatări: Pot schimba căldură cu mediul exterior corpurile din interiorul calorimetrului? Dar între ele? Care corp va ceda căldură? Care corpuri vor primi căldură? Cum poți determina căldura specifică c a corpului?

Află!

Un calorimetru este construit astfel încât să permită schimbul de căldură între corpurile introduse în interiorul lui, dar să nu permită schimbul de căldură cu mediul exterior. Astfel, corpul și apa din calorimetru sunt **izolate adiabatic** față de mediul exterior și nu schimbă căldură cu acesta. Fiind în contact termic, acestea vor face schimb de căldură doar între ele. Corpul a cărui căldură specifică este necunoscută, având temperatură mai mare, va ceda căldură, iar apa din calorimetru va primi căldură. Acest schimb de energie sub formă de căldură se produce până când vor ajunge la echilibru termic. La schimbul de căldură participă și calorimetru, a cărui capacitate calorică se cunoaște (acesta are inițial temperatura apei care a fost introdusă în el). Căldura cedată de corp (în modul) este egală cu căldura primită de apă și calorimetru, deoarece întregul sistem este izolat față de mediul exterior. **Calorimetria** este o parte a fizicii ce se ocupă cu studiul metodelor și instrumentelor folosite pentru determinarea căldurii schimbate între corpuri și a căldurii specifice a acestora. **Ecuatia calorimetrică** este: $|Q_{\text{cedat}}| = Q_{\text{primit}}$. Această ecuație permite determinarea căldurii specifice necunoscute.

$$|Q_{\text{cedat}}| = m_1 c (T_1 - T); \quad Q_{\text{primit}} = m_2 c_{\text{apă}} (T - T_2) + C_{\text{calorimetru}} (T - T_2)$$

$$m_1 c (T_1 - T) = m_2 c_{\text{apă}} (T - T_2) + C_{\text{calorimetru}} (T - T_2) \Rightarrow c = \frac{m_2 c_{\text{apă}} (T - T_2) + C_{\text{calorimetru}} (T - T_2)}{m_1 (T_1 - T)}$$

$$c = \frac{(T - T_2) (m_2 c_{\text{apă}} + C_{\text{calorimetru}})}{m_1 (T_1 - T)}$$

Problemă rezolvată

5 Determină capacitatea calorică a unui calorimetru în care se află o masă $m = 100 \text{ g}$ apă la temperatura $t_1 = 60^\circ\text{C}$ și în care se adaugă o masă $M = 300 \text{ g}$ alcool etilic la temperatura $t_2 = 30^\circ\text{C}$. Se cunosc căldurile specifice pentru apă și pentru alcoolul etilic: $c_{\text{apă}} = 4185 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$ și $c_{\text{alcool et.}} = 2430 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$ și temperatura de echilibru a sistemului, $t = 50^\circ\text{C}$.

Rezolvare: Urmărește diagrama din Figura 33 privind variația temperaturii corpurilor în timpul schimbului de căldură dintre ele. Corpul/corpurile cu temperatură mai mare cedează căldură; în cazul acesta este vorba despre apă și despre calorimetru (care are temperatura inițială egală cu cea a apei care a fost turnată în el). Corpul cu temperatură mai mică, în cazul nostru: alcoolul etilic, primește căldură.

$$|Q_{\text{cedat}}| = Q_{\text{primit}}; |Q_{\text{cedat}}| = m c_{\text{apă}} (T_1 - T) + C_{\text{calorimetru}} (T_1 - T)$$

$$Q_{\text{primit}} = M c_{\text{alcool et.}} (T - T_2)$$

$$m c_{\text{apă}} (T_1 - T) + C_{\text{calorimetru}} (T_1 - T) = M c_{\text{alcool et.}} (T - T_2)$$

$$\Rightarrow C_{\text{calorimetru}} (T_1 - T) = M c_{\text{alcool et.}} (T - T_2) - m c_{\text{apă}} (T_1 - T)$$

$$\Rightarrow C_{\text{calorimetru}} = \frac{M c_{\text{alcool et.}} (T - T_2) - m c_{\text{apă}} (T_1 - T)}{(T_1 - T)}$$

$$C_{\text{calorimetru}} = \frac{0,3 \cdot 2430 \cdot 20 - 0,1 \cdot 4185 \cdot 10}{10} = \frac{14580 - 4185}{10} = 1039,5 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

Răspuns: $C_{\text{calorimetru}} = 1039,5 \frac{\text{J}}{\text{K}}$

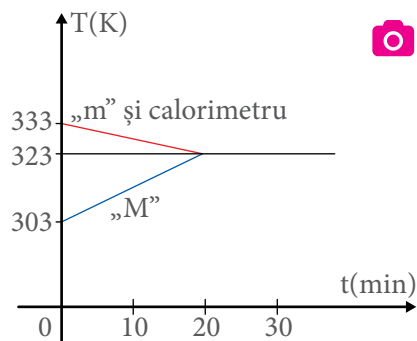


Figura 33 – Variația temperaturii corpurilor

Important!

Mărimile fizice care exprimă relația dintre căldura Q primită sau cedată de un corp și variația temperaturii sale se numesc coeficienți calorici și depind de substanța din care este alcătuit corpul.

Capacitate calorică: $C = \frac{Q}{\Delta T}$; $[C]_{\text{SI}} = \left[\frac{Q}{\Delta T} \right]_{\text{SI}} = \frac{\text{J}}{\text{K}}$ și **căldura specifică:** $c = \frac{Q}{m \Delta T}$; $[c]_{\text{SI}} = \left[\frac{Q}{m \Delta T} \right]_{\text{SI}} = \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$

Ecuatia calorimetrică este: $|Q_{\text{cedat}}| = Q_{\text{primit}}$; $Q = m \cdot c \cdot \Delta T = m \cdot c \cdot (T_f - T_i)$ sau $Q = C \cdot \Delta T = C \cdot (T_f - T_i)$

Aplică!

6 În ce raport se găsesc masele a două cantități de apă, amestecate într-un vas de capacitate calorică neglijabilă, dacă ele au temperaturile inițiale $t_1 = 10^\circ\text{C}$ și $t_2 = 60^\circ\text{C}$, iar temperatura de echilibru este de 25°C .

7 Diana își pregătește apa pentru baie și amestecă, în cada care are volumul $V = 150 \text{ L}$, apă caldă la $t_1 = 80^\circ\text{C}$ și apă rece la $t_2 = 10^\circ\text{C}$. În final, apa pentru baie va avea $t = 36^\circ\text{C}$. Ce cantități de apă rece și caldă a folosit Diana? Se cunosc

$$\rho_{\text{apă}} = 1 \text{ g/cm}^3 \text{ și } c_{\text{apă}} = 4185 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}.$$

7. Stări de agregare, caracteristici

Ce înveți?

- Ce reprezintă stările de agregare ale substanțelor și caracteristicile lor

Cuvinte cheie

- stare solidă
- stare lichidă
- stare gazoasă
- forțe intermoleculare

Din experiența ta!

- 1 Privește imaginile din *Figurile 34, 35 și 36* și precizează câteva dintre caracteristicile pe care le prezintă apa în cele trei ipostaze.



Figura 34 – Ghețar din Antarctica



Figura 35 – Marea Neagră



Figura 36 – Vaporii de apă

Află!

În regiunile polare sau alpine, acolo unde ninge mai tot timpul anului, se formează mase enorme de gheață, cunoscute sub numele de ghețari (*Figura 34*). În acest exemplu, apa se găsește în **stare solidă**. În cazul mărilor, oceanelor, râurilor, apa se află în **stare lichidă** (*Figura 35*), iar în zilele călduroase, apa de la suprafața oceanelor, mărilor, lacurilor etc. se transformă în vapori, care se răspândesc în aer, fiind în **stare gazoasă** (*Figura 36*). Cele trei stări: solidă, lichidă și gazoasă ale aceleiași substanțe, apa, se numesc **stări de agregare**. Starea de agregare reprezintă o formă a materiei care este caracterizată prin anumite proprietăți, de exemplu: volum și formă.

Experiment!

Scop: evidențierea caracteristicilor specifice fiecărei stări de agregare.

Materiale: vase gradate de diferite forme, corpuri solide, apă, pahare gradate, lumânare-candelă, sită de azbest (*Figura 37*).

Moduri de lucru:

I. Pune corpul solid, pe rând, în vasele de forme diferite și observă, de fiecare dată, forma și volumul lui.

II. Cu ajutorul paharului gradat, măsoară un anumit volum de apă.
1. Toarnă acea cantitate de apă într-un vas gradat care are formă diferită de cea a paharului; notează volumul apei. 2. Măsoară, din nou, același volum de apă și răstoarnă conținutul în alt vas, diferit ca formă de primul. Notează volumul ocupat de apă în noul recipient.

III. Efectuează acest experiment asistat de profesor! 1. Așază candela în interiorul unui pahar și aprinde-o cu chibritul. 2. Acoperă imediat paharul cu sita de azbest pentru a păstra fumul rezultat din ardere în interiorul paharului. 3. Așază peste sită al doilea pahar, identic cu primul, cu gura în jos și scoate ușor sita dintre ele.

Constatări: 1. Ce poți afirma despre caracteristicile corpului solid prin introducerea lui în vase care au forme/volume diferite? 2. Compară volumul apei aflată în vasele de forme diferite cu volumul măsurat inițial. Observă și explică ce se întâmplă cu forma apei turnate în cele două vase. 3. Ce poți spune despre forma și volumul fumului, după ce scoți sita dintre vase?



Figura 37 – Materiale experiment

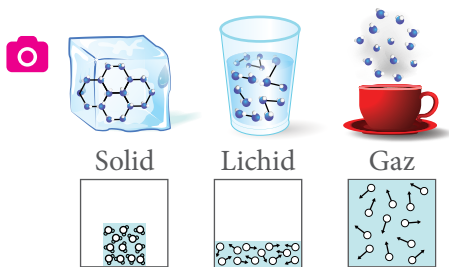


Figura 38 – Structură internă pentru solide, lichide, gazoase



Figura 39 – Cristale de sare



Figura 40 – Grafrit

Află!

Așezând corpul solid în vase care au forme diferite ai constatat că acesta își păstrează, de fiecare dată, forma și volumul, indiferent de vasul în care l-ai introdus. Solidele au formă și volum propriu și sunt incompresibile. Însă, apa introdusă în vase diferite a luat forma acestora, dar și-a păstrat, de fiecare dată, același volum. Lichidele curg, au volum propriu, dar nu au formă proprie, luând forma vasului în care sunt puse și sunt incompresibile.

După ce ai scos sita de azbest dintre cele două pahare, ai observat că fumul, care este un gaz, s-a răspândit în ambele pahare, ocupând întreg volumul avut la dispoziție și a luat forma celor două pahare. Gazele nu au formă proprie, luând forma vaselor în care sunt puse și nici volum propriu, ocupând tot volumul pus la dispoziție, sunt compresibile și expansibile.

Caracteristicile corpurilor în cele trei stări de agregare sunt determinate de stuctura lor interioară, de modul în care sunt dispuse moleculele, din care sunt alcătuite, unele față de altele (Figura 38) și de forțele care se manifestă între aceste molecule.

Forțele de interacțiune dintre molecule se numesc **forțe intermoleculare**. Aceste forțe sunt forțe de atracție, dar dacă moleculele se apropie prea mult unele față de altele, între ele se manifestă forțe de respingere. Forțele care se manifestă între moleculele aceluiași corp se numesc **forțe de coeziune**. Forțe de atracție se pot manifesta și între moleculele unor corpuri diferite și în acest caz se numesc **forțe de adeziune**.

În cazul corpurilor solide, distanțele dintre molecule sunt mici, iar forțele de coeziune dintre acestea sunt mari. Moleculele sunt așezate ordonat într-o anumită formă, numită rețea cristalină. Astfel de solide se numesc **corpuri solide cristaline** (cuarțul, metalele, sarea de bucătărie – Figura 39). În afara acestor solide, există și altele în care atomii nu prezintă o aranjare ordonată la distanță mare, numite **corpuri amorfe** (ceara, sticla, smoala, grafitul – Figura 40). Mișcarea de agitație termică a moleculelor în solide se manifestă prin mișcări de vibrație, care sunt cu atât mai intense cu cât temperatura este mai mare. Moleculele corpurilor aflate în stare lichidă se află la distanțe mai mari unele față de cealalte (comparativ cu solidele), astfel încât forțele de coeziune sunt mai mici. De aceea, lichidele **iau forma vasului** în care sunt puse, dar au **volumul bine determinat**. Agitația termică este reprezentată de mișcarea haotică a moleculelor unele printre altele, acestea ciocnindu-se între ele și cu pereții vasului. Mișcarea moleculelor poate fi de vibrație și de translație. În cazul corpurilor aflate în stare gazoasă, datorită distanțelor mari care există între moleculele constituate, forțele de coeziune sunt foarte slabe, astfel că gazele **iau forma și ocupă volumul vasului** în care se găsesc. Moleculele pot avea mișcări de translație sau de rotație.

Important!

Starea de agregare reprezintă o formă a materiei care este caracterizată prin anumite proprietăți, de exemplu: volum și formă. Substanțele aflate în **stare solidă** au volumul și forma bine determinate. Substanțele aflate în **stare lichidă** au volumul bine determinat și iau forma vasului în care sunt puse, curg și sunt incompresibile. Substanțele aflate în **stare gazoasă** nu au formă și volum bine determinate, răspândindu-se în tot volumul vasului în care sunt introduse.

Aplică!

2 Explică ce se întâmplă cu un balon umflat pe care îl introduci în frigider.

Portofoliu

3 Scrie un referat despre *Plasma: a patra stare de agregare a materiei*, folosind Internetul.

8. Extindere: Transformări de stare

Ce înveți?

- Transformările stărilor de agregare

Cuvinte cheie

- topire
- evaporare
- condensare
- solidificare
- fierbere
- sublimare
- desublimare

Din experiența ta!

- 1 Privește imaginile din *Figurile 41, 42* și explică ce se întâmplă cu gheața aflată la temperatura camerei sau cu apa din vasul aflat pe aragaz. Din ce cauză se produc transformările respective?
- 2 Dimineată, când a plecat la școală, Sofia a observat că pe plantele din grădina casei a căzut bruma (*Figura 43*). Explică modul în care se produce acest fenomen al naturii.



Figura 41 – Topirea gheții



Figura 42 – Vaporii de apă



Figura 43 – Brumă pe plante

Află!

Cuburile de gheață, aflate la temperatura camerei, se topesc deoarece absorb căldură din mediul înconjurător. Apa din vas fierbe, primind căldură de la flacăra aragazului. Pe plantele din grădină s-a format brumă, din cauza temperaturii scăzute din timpul nopții. La astfel de temperaturi scăzute, vaporii de apă, aflați în vecinătatea plantelor, se pot transforma direct în cristale de gheață vizibile, adesea, dimineata devreme, pe iarbă sau pe frunze. În fiecare dintre cele trei exemple are loc o **transformare de stare**, adică o trecere a unei substanțe dintr-o stare de agregare în altă stare. Schimbarea stării de agregare a unui corp este determinată de schimbul de căldură cu mediul exterior. Trecerea unei substanțe din stare solidă în stare lichidă se numește **topire**. **Vaporizarea** este fenomenul de trecere a unei substanțe din stare lichidă în stare gazoasă (vapori) prin încălzire.

Dacă introduci apă în congelator vei observa că, după un timp, aceasta a înghețat. Trecerea substanței din stare lichidă în stare solidă, cu cedare de căldură, se numește **solidificare** și reprezintă procesul invers topirii.

Punând deasupra apei care fierbe un capac care să nu acopere complet vasul, vei constata că pe acesta apar mici picături de apă. Vaporii calzi, venind în contact cu capacul rece, îi cedează acestuia căldură, răcindu-se și se transformă în lichid. Trecerea unei substanțe din stare gazoasă în stare lichidă, cu cedare de căldură, se numește **condensare** (proces invers vaporizării).

În cazul fenomenului ilustrat în *Figura 43*, ai observat că, în anumite condiții, vaporii de apă pot trece direct în stare solidă, cedând căldură. Fenomenul se numește **desublimare** și este procesul invers **sublimării**, care presupune trecerea unei substanțe din stare solidă direct în stare gazoasă, cu absorbție de căldură. Sublimarea poate fi observată la anumite substanțe precum: iodul, naftalina, camforul, gheața carbonică etc.

Exprimant!

Scopul: evidențierea solidificării/topirii și a anomaliei apei.

Materiale: butelie de sticlă, apă, congelator.

Mod de lucru:

1. Uple complet butelia din sticlă cu apă de la robinet și pune deasupra capacul fără însă a închide sticla.
2. Introdu butelia din sticlă cu apă în congelator și așteaptă până când apa îngheață complet.

Constatări: Ce se întâmplă cu capacul sticlei?



Figura 44 – Sticlă cu apă congelată

Află!

Apa din congelator se solidifică. Totodată, se observă că, prin înghețare, apa își mărește volumul, ridicând capacul de deasupra. Dacă dopul este închis ermetic, sticla se sparge (*Figura 44*). De obicei, cele mai multe substanțe își măresc volumul prin încălzire, iar prin răcire și-l micșorează. Există câteva substanțe, printre care și apa (pe domeniul de temperatură cuprins între 4 °C și 0 °C), care se comportă diferit: la scăderea temperaturii, volumul acestora se mărește. În afara apei, mai au un astfel de comportament fonta și bismutul. În exemplul prezentat în experiment, după ce gheața din sticlă se topește, volumul apei revine la valoarea inițială.

Experiment!

Scopul: evidențierea vaporizării. **Materiale:** pahar, apă, cariocă.

Mod de lucru:

1. Toarnă apă în pahar și cu ajutorul cariocii marchează nivelul acesteia (*Figura 45*).
2. Așază paharul la soare și lasă-l câteva ore.
3. Compară nivelul apei cu semnul făcut înainte cu carioca.

Constatări: Cum explici diferența dintre nivelul inițial și cel final al apei? Dacă în locul paharului folosești o farfurie, ce se va întâmpla cu apa, comparativ cu prima situație?



Figura 45 – Apă în pahar

Află!

Un lichid aflat într-un vas neacoperit, se evaporă parțial, chiar dacă temperatura mediului este mai mică decât cea de fierbere a lichidului. În acest caz, vaporizarea are loc lent și se numește **evaporare**. Apa din farfurie se va evapora mai repede decât cea din pahar, viteza de evaporare fiind mai mare, deoarece ea depinde proporțional de suprafața lichidului în contact cu aerul atmosferic. Dacă lichidul este încălzit până la o anumită temperatură, specifică fiecărei substanțe, vaporizarea are loc în toată masa lui și se numește **fierbere** (*Figura 46*). În natură, primind căldură de la soare, apa mărilor, oceanelor și a lacurilor se evaporă, iar vaporii formează nori. Aceștia sunt purtați de curenții de aer și în funcție de presiune, când ajung în regiuni mai reci, se condensează, transformându-se în picături de ploaie.



Figura 46 – Fierbere și evaporare

Experiment!

Scop: evidențierea fenomenului de sublimare. **Materiale:** cristale de naftalină.

Mod de lucru: Pune câteva pastile (de mărimi diferite) de naftalină în șifonier și peste mai multe zile urmărește ce se întâmplă cu ele. **Constatări:** Cum explici micșorarea/dispariția pastilelor de naftalină?

Află!

Naftalina este o substanță cu un miros puternic, folosită împotriva moliilor. Ea este pusă în dulapuri sub forma unor pastile solide și la temperatura camerei, trece direct în stare de vapor, prin sublimare.

Important!

Trecerea unei substanțe din stare solidă în stare lichidă, cu absorbție de căldură, se numește **sublimare**, iar procesul invers se numește **desublimare**. Procesul invers topirii se numește **solidificare**. **Vaporizarea** este fenomenul de trecere a unei substanțe din stare lichidă în stare gazoasă (vapori) prin încălzire, în timp ce **condensarea** reprezintă trecerea unei substanțe din stare gazoasă în stare lichidă, cu cedare de căldură. Trecerea unei substanțe din stare solidă direct în stare gazoasă se numește **sublimare**, iar procesul invers se numește **desublimare**.

Aplică!

- 3 Explică de ce, în timpul verii, folosirea unui ventilator ne răcorește.
- 4 De ce vara, la mare, atunci când ieșim din apă, avem senzația de frig?

9. Extindere interdisciplinară: studiul schimburilor de căldură implicate de topirea gheții (călduri latente)

Ce înveți?

- Determinarea căldurii latente

Cuvinte cheie

- căldura latentă specifică de topire /solidificare
- căldura latentă specifică de vaporizare/condensare
- căldura latentă specifică de sublimare/desublimare

Din experiența ta!

1 Instituția care documentează și monitorizează sistematic schimbările pe termen lung ale ghețarilor din Alpii elvețieni (GLAMOS) a transmis că în anul 2024 ghețarii elvețieni au pierdut aproximativ 2,5% din volumul lor total, o rată mai ridicată decât media deceniului anterior (*Figura 47*). Exprimă-ți părerea despre modul în care topirea ghețarilor și a calotelor glaciare influențează nivelul mării și ecosistemele marine sau habitatul animalelor polare (ursul polar, foca) și al organismelor acvatice (pești, plante acvatice).

2 **Efectul albedo** (*Figura 48*) descrie capacitatea suprafețelor Pământului de a reflecta lumina solară înapoi în spațiu. Zăpada, gheața și norii reflectă cea mai mare parte a radiației solare, reducând încălzirea planetei. Argumentează-ți părerea privind efectul pe care îl are topirea ghețarilor din acest punct de vedere!



Figura 47 – Ghețar în Alpii elvețieni



Figura 48 – Efectul albedo

Află!

Temperaturile ridicate din ultimii zeci de ani au dus la un ritm accelerat de topire a ghețarilor și a calotelor glaciare. Acest lucru contribuie, într-un mod important, la creșterea nivelului mării, deoarece apa rezultată din gheața topită ajunge în oceane. Creșterea nivelului mării duce la inundații în zonele de coastă, afectând comunitățile umane și habitatul animalelor marine, modificând, în general, condițiile de mediu. Anumite specii pot migra spre alte zone, iar altele pot dispărea din cauza pierderii habitatului sau a modificării temperaturii și a salinității apei. Ursul polar este dependent de gheața marină pentru a vâna foci, care constituie principala sa hrană. Topirea ghețarilor și reducerea suprafeței de gheață marină afectează semnificativ abilitatea ursului polar de a obține hrana. Focile nasc și îngrijesc puii pe gheață, iar topirea acestora le pune în pericol. Dacă gheața se topește prea devreme, puii nu pot supraviețui, iar animalele adulte nu pot vâna la fel de eficient. De asemenea, diluarea apei marine, determinată de topirea ghețarilor, poate modifica salinitatea și temperatura apei. Aceste schimbări afectează ecosistemele marine și pot influența distribuția și comportamentul organismelor acvatice, cum ar fi peștii și crustaceele. Topirea ghețarilor stimulează creșterea rapidă a algelor, fenomen care reduce oxigenul din apă și poate, de asemenea, afecta viața acvatică. **Albedo-ul** reprezintă raportul dintre lumina reflectată de un obiect și lumina incidentă pe suprafața lui. Topirea ghețarilor are un impact semnificativ asupra acestui fenomen. Cu cât albedo-ul este mai mare, cu atât mai multă radiație este reflectată înapoi în atmosferă și mai puțină este absorbită. În cazul ghețarilor și al zăpezii, albedo-ul este foarte mare, ceea ce înseamnă că ele reflectă o mare parte din radiația solară. Pe măsură ce ghețarii se topesc, suprafața lor se schimbă, expunând solul, roca sau apa, care au un albedo mai mic. Aceste suprafețe absorb mai multă căldură solară, ceea ce duce la o încălzire suplimentară a zonei și accelerează procesul de topire a ghețarilor într-un cerc vicios. Astfel, scăderea albedo-

ului determinată de topirea ghețarilor contribuie la încălzirea globală, amplificând schimbările climatice. În concluzie, topirea ghețarilor are un efect devastator asupra habitatelor animalelor polare, a organismelor acvatice și a ecosistemelor marine, iar această tendință va continua să se agraveze în contextul schimbărilor climatice, având consecințe importante pentru biodiversitate, nivelul mării și sănătatea ecosistemelor.

Experiment!

Scop: studiul topirii gheții.

Materiale: spirtieră, gheață mărunțită, vas termorezistent, termometru (Figura 49).

Mod de lucru:

1. Așază cuburile de gheață mărunțite, împreună cu vasul în care se găsesc, pe suportul spirtierei.
2. Măsoară temperatura gheții cu ajutorul termometrului și notează valoarea acesteia pe caiet.
3. Aprinde spirtiera și amestecă apa și gheața continuu.
4. Măsoară temperatura amestecului din 2 în 2 minute și notează-o.
5. Măsoară temperatura până la valoarea 30°C .
6. Trasează graficul variației temperaturii în funcție de timp.

Constatări: După cât timp ai constatat că apar picături de apă în recipient (gheața începe să se topească) și ce valoare are temperatura măsurată în acel moment? Ce se întâmplă cu această valoare a temperaturii până când întreaga cantitate de gheață se topește și în vas ai numai apă?



Figura 49 – Materiale experiment

Află!

Graficul variației temperaturii în funcție de timp va fi asemănător exemplului din Figura 50. Inițial, gheața are temperatura sub 0°C . Pe măsură ce aceasta se încălzește, temperatura ei crește (pentru graficul din figură, de la -40°C la 0°C). Când apar primele picături de apă (gheața începe să se topească), temperatura are valoarea 0°C .

Măsurând temperatura în vas din 2 în 2 minute, observi că termometrul indică 0°C până când întreaga cantitate de gheață se topește și se transformă în lichid (pentru graficul din figură este vorba despre intervalul de timp cuprins între 10-20 minute). Deși, în tot acest timp (de când începe topirea gheții și până la transformarea totală în apă) sistemul primește căldură, această căldură nu determină modificarea temperaturii. Temperatura începe să crească, din nou, atunci când întreaga cantitate de gheață este transformată în apă (pentru timpul cuprins între 20-25 min, temperatura apei ajungând la aproximativ 35°C).

Pentru intervalul de timp în care temperatura rămâne constantă de 0°C , putem spune că mișcarea de agitație termică (și nici viteza moleculelor) nu se modifică, iar căldura absorbită determină numai modificarea energiei potențiale a moleculelor.

Căldura schimbată de un corp în timpul unei transformări de stare, care nu determină modificarea temperaturii corpului și care determină numai modificarea energiei potențiale a moleculelor corpului se numește **căldură latentă**. Pentru exemplul ilustrat, fiind vorba despre topirea gheții, căldura respectivă se numește **căldură latentă de topire**. Asemănător, se definesc călduri latente pentru toate transformările stărilor de agregare: *căldură latentă de solidificare*,

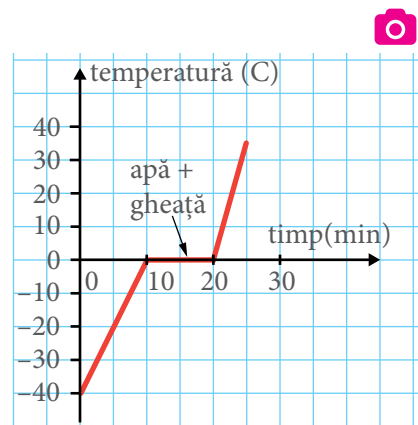


Figura 50 – Variația temperaturii în funcție de timp

căldură latentă de vaporizare/condensare, căldură latentă de sublimare/desublimare. Fiecare substanță începe să se topească la o anumită temperatură, specifică acelei substanțe, numită **temperatură de topire** T_t . Există tabele care conțin valorile temperaturilor de topire ale substanțelor. **Temperatura de solidificare** T_s a unei substanțe este egală cu temperatura de topire $T_s = T_t$. Acest lucru este valabil și pentru celelalte transformări de stare. Pentru unele substanțe, printre care și apa, temperatura de topire scade odată cu creșterea presiunii. Pentru corpurile amorfe, temperatura de topire/solidificare nu are o valoare bine determinată, acestea topindu-se într-un interval de temperatură.

Căldura necesară topirii **unității de masă** dintr-o substanță se numește **căldură latentă specifică de topire** și se notează cu litera grecească λ ; $\lambda_t = \frac{Q}{m}$; $[\lambda_t]_{SI} = \frac{J}{kg}$; $\lambda_t = \lambda_s - \text{căldură latentă specifică de solidificare}$.

Observație: Asemănător se definesc căldurile latente specifice de vaporizare/condensare, sublimare/desublimare.

Problemă rezolvată:

3 Andrei are un cub de gheață cu masa $m = 200$ g, a cărei temperatură este $t_1 = -10^\circ\text{C}$, pe care îl introduce într-un vas aflat pe spirtiera din laborator. Cubul de gheață se topește și apa rezultată se încălzește până când termometrul indică temperatura $t_2 = 10^\circ\text{C}$. Ce cantitate de căldură a absorbit gheața pentru a se transforma în apă la temperatura t_2 ?

Se cunosc: căldura latentă specifică de topire a gheții $\lambda_t = 334\,000$ J/kg, căldura specifică a gheții $c_g = 2\,090$ J/kgK și căldura specifică a apei $c_a = 4\,200$ J/kgK.

Rezolvare: Mai întâi, gheața absoarbe căldură și se încălzește până la temperatura sa de topire notăm această temperatură cu $t_t = 0^\circ\text{C}$, apoi această temperatură rămâne constantă și gheața se topește, transformându-se în lichid. Apa rezultată se încălzește, în continuare, de la temperatura de topire până la temperatura t_2 . Așadar, căldura totală absorbită este formată din trei termeni:

$$Q = Q_g + Q_t + Q_a; Q_g = mc_g (T_t - T_1); Q_t = m\lambda_t; Q_a = mc_a (T_2 - T_t);$$

$$Q = mc_g (T_t - T_1) + m\lambda_t + mc_a (T_2 - T_t) = m [c_g (T_t - T_1) + \lambda_t + c_a (T_2 - T_t)]$$

$$Q = 0,2 [2\,090 (273 - 263) + 334\,000 + 4\,200 (283 - 273)] = 0,2 (2\,090 \cdot 10 + 334\,000 + 4\,200 \cdot 10)$$

$$Q = 0,2 (20\,900 + 334\,000 + 42\,000) = 0,2 \cdot 396\,900 \rightarrow Q = 79\,380 \text{ J}$$

Răspuns: $Q = 79\,380 \text{ J}$

Important!

Căldura latentă este căldura schimbată de un corp în timpul transformării stării lui de agregare, realizată la temperatură constantă, numită temperatura aceluia tip de transformare și care presupune numai modificarea energiei potențiale a moleculelor corpului. Căldura necesară topirii unității de masă dintr-o substanță se numește **căldură latentă specifică de topire** și se notează astfel: λ ; $\lambda_t = \frac{Q}{m}$; $[\lambda_t]_{SI} = \frac{J}{kg}$. Pentru aceeași substanță se arată că $\lambda_t = \lambda_s - \text{căldură latentă specifică de solidificare}$.

Aplică!

4 Ce cantitate de căldură cedează o masă $m = 100$ g de apă aflată la temperatura $t_1 = 25^\circ\text{C}$ pentru a se transforma în gheață la $t_0 = 0^\circ\text{C}$? Se cunosc: căldura latentă specifică de solidificare a apei $\lambda_s = 334\,000$ J/kg și căldura specifică a apei $c_a = 4\,200$ J/kgK.

5 La ora de fizică, Daria are de calculat ce cantitate de gheață, aflată la temperatura $t_1 = -20^\circ\text{C}$, a fost introdusă într-un calorimetru cu capacitatea calorică $C = 100$ J/K, ce conținea o masă de apă $m_a = 400$ g la temperatura $t_2 = 30^\circ\text{C}$, dacă în final temperatura de echilibru este $t = 5^\circ\text{C}$. Ea cunoaște: căldura latentă specifică de topire a gheții $\lambda_t = 334\,000$ J/kg, căldura specifică a gheții $c_g = 2\,100$ J/kgK și căldura specifică a apei $c_a = 4\,200$ J/kgK. Ce valoare a găsit Daria pentru masa gheții?

6 Într-un calorimetru de capacitate calorică neglijabilă se află la temperatura $t_1 = 20^\circ\text{C}$, o masă de apă $m_a = 500$ g și un mic corp din fier cu masa $m = 200$ g. Ce masă de gheață la temperatura $t_2 = 0^\circ\text{C}$ trebuie introdusă în calorimetru, pentru ca temperatura de echilibru să devină $t = 10^\circ\text{C}$? Se cunosc: căldura specifică a fierului $c_f = 450$ J/kgK, căldura latentă specifică de topire a gheții $\lambda_t = 334\,000$ J/kg și căldura specifică a apei $c_a = 4\,200$ J/kgK.

10. Extindere în tehnologie: stabilirea temperaturii de echilibru în sisteme neomogene

Ce înveți?

- Ce sunt sistemele neomogene
- Aplicațiile sistemelor neomogene în tehnică

Cuvinte cheie

- sistem neomogen
- materiale compozite
- scut termic

Din experiența ta!

1 Imaginează-ți o zi toridă de vară, în care aerul de la suprafața Pământului este foarte cald, iar aerul, aflat la înălțime din ce în ce mai mare, devine tot mai rece. Discută cu colegul de bancă ce se întâmplă atunci când aerul cald de la sol întâlnește aerul rece de la o înălțime mai mare. Găsiți informații, utilizând Internetul, despre diferențele de temperatură între aerul de la sol și cel de la altitudini mari și despre modul în care acest lucru poate determina formarea norilor (Figura 51).

2 Știi ce se petrece în timpul revenirii unei navete spațiale (Figura 52) pe Pământ? Crezi că este necesar ca naveta să fie dotată cu un sistem de protecție? Din ce cauză?



Figura 51 – Formarea norilor



Figura 52 – Navetă spațială

Află!

Aerul cald, mai ușor, tinde să se ridice în atmosferă. Pe măsură ce urcă, se răcește, deoarece temperatura scade odată cu creșterea altitudinii. Când aerul cald și aerul rece aflat la înălțime mare se întâlnesc, se va produce un schimb de căldură între ele. Aerul cald va transfera căldură aerului rece într-un proces continuu, până când cele două mase de aer ajung la o temperatură comună, cunoscută sub numele de temperatură de echilibru. Temperaturile maselor de aer vor tinde să se egaleze. În realitate, acest proces nu este întotdeauna complet simetric, deoarece poate depinde de umiditate, de presiune și de alte condiții. Dacă aerul cald conține o cantitate semnificativă de vapori de apă, iar acesta se răcește în timpul întâlnirii cu aerul rece, temperatura de echilibru poate ajunge sub punctul de condensare, ceea ce duce la **formarea norilor** și, în unele cazuri, la precipitații.

Aerul cald care conține vapori de apă și aerul rece care conduc la formarea norilor reprezintă un sistem fizic neomogen. Între aceste două mase de aer există diferențe semnificative de temperatură, densitate și umiditate. Aerul cald se răcește pe măsură ce se ridică în atmosferă, iar vaporii de apă din acesta pot condensa pe particule microscopice de praf sau sare, formând mici picături de apă sau cristale de gheață. Aceste picături de apă sau cristale de gheață se adună și formează un nor. Procesul continuă până când masele de aer ajung într-o stare de echilibru termic, dar în mod normal, acest echilibru nu se atinge instantaneu și este adesea într-o continuă schimbare.

În timpul revenirii unui vehicul spațial pe Pământ, aerul se comprimă și se încălzește datorită vitezei mari de intrare a navetei spațiale în atmosferă, atingând temperaturi extreme (peste 1 500 °C).

Scuturile termice sunt structuri concepute pentru a proteja obiectele expuse la temperaturi extreme, cum ar fi navele spațiale care intră în atmosfera Pământului, vehiculele supuse unor temperaturi mari sau echipamentele industriale. Ele sunt folosite pentru a reduce transferul de căldură și pentru a proteja componentele sensibile la temperaturi mari, fiind alcătuite din materiale specifice, numite **materiale compozite**.

Materialele compozite sunt materiale create prin combinarea a două sau mai multe componente cu proprietăți fizice și chimice diferite, care rămân distincte în structura finală. Între componentele materialului compozit, numite **faze**, există o interacțiune continuă. În scuturile termice ale navelor spațiale materialele folosite sunt, de exemplu, fibra de carbon și rășina, care formează, împreună, un strat termic capabil să se „evapore” treptat (procesul de ablație). În timpul intrării în atmosferă, materialul de la suprafața scutului se deteriorează treptat, disipând căldura și protejând vehiculul. Când un material compozit este expus la o sursă de căldură, căldura se transferă între componentele materialului prin conducție termică. Fiecare componentă (fibrelor și matricea) va reacționa diferit la aceasta, datorită diferențelor între conductivitățile termice și capacitățile lor calorice. Părțile componente ale materialului ajung, în final, la o temperatură de echilibru, dar acest proces depinde de mai mulți factori, inclusiv structura materialului, modul în care este expus la căldură și caracteristicile fiecărei componente.

Materialele compozite sunt neomogene pentru că sunt alcătuite din două sau mai multe componente distincte (de exemplu, fibre de carbon și rășină) care nu sunt uniform distribuite în întregul material. Deși fiecare componentă are proprietăți diferite, ele se combină pentru a crea un material cu performanțe superioare celor ale fiecărei componente în parte. În cadrul unui material compozit, **temperatura de echilibru locală** se atinge atunci când nu mai există un transfer semnificativ de căldură între componentele materialului. Totuși, **echilibrul termic complet** poate fi perturbat de diferențele de conductivitate și de expunerea la medii cu temperaturi variabile. De exemplu, într-un vehicul aerospațial, anumite părți ale materialului compozit ar putea fi expuse la temperaturi mai ridicate decât altele, iar acest lucru poate duce la o distribuție termică neuniformă. Fiecare fază a materialului (fibre și rășină) va ajunge la o temperatură stabilă pe baza interacțiunii cu mediul înconjurător (de exemplu, aerul sau suprafețele cu care intră în contact).

Materialele compozite joacă un rol esențial în protecția împotriva temperaturilor extreme, iar scuturile termice realizate din aceste materiale sunt un exemplu perfect al modului în care tehnologia avansată utilizează structuri neomogene pentru a asigura performanțe superioare. Aceste aplicații sunt esențiale în domenii de vârf precum aerospațialitatea, industria auto de performanță și alte industrii care lucrează cu condiții extreme de temperatură.

Important!

Sistemul neomogen este un sistem în care componentele sale nu sunt distribuite uniform, iar proprietățile fizice sau chimice (precum temperatura, densitatea, compoziția, etc.) variază de la un punct la altul în interiorul sistemului. Aceste variații fac ca sistemul să fie compus din părți distincte, care nu sunt uniform amestecate sau distribuite. Stabilirea **temperaturii de echilibru** într-un sistem neomogen presupune atingerea unui stadiu în care temperaturile din diferitele părți ale sistemului se uniformizează prin transfer de căldură între regiunile cu temperaturi diferite. Într-un sistem neomogen, inițial, există diferențe de temperatură între părțile sale, iar aceste diferențe generează fluxuri de căldură între zonele mai calde și cele mai reci până când sistemul ajunge la un echilibru termic.

Aplică!

3 La sfârșitul lecției notează:

- o idee interesantă pe care ai aflat-o;
- o întrebare legată de tema lecției;
- un comentariu scurt pe această temă.

4 Scrie un referat în care să argumentezi importanța utilizării structurilor neomogene în aplicațiile din tehnologie.

11. Extindere: Combustibili

Ce înveți?

- Tipuri de combustibili
- Puterea calorică a combustibililor

Cuvinte cheie

- combustibil
- putere calorică

Din experiența ta!

- 1 Recunoaște combustibilii din *Figura 53* și explică ce tip de energie se obține cu ajutorul lor. Discută despre beneficiile și riscurile asociate utilizării acestor combustibili.
- 2 Propune soluții pentru a reduce dependența de acest tip de combustibili.



Figura 53 – Combustibili

Află!

Combustibilii sunt substanțe care, prin ardere, eliberează energie sub formă de căldură și lumină. Aceștia sunt utilizați pentru a produce direct energie termică și indirect energie mecanică sau electrică în diverse domenii (industria energetică, transporturi etc.). Combustibilii pot fi:

Combustibili fosili (*Figura 53*): formați din materii organice depuse și transformate de-a lungul miliardelor de ani (cărbune, petrol, gaze naturale).

Combustibili regenerabili: surse de energie care se pot regenera natural într-un timp scurt (biocombustibili, energia solară, energia eoliană, energia hidro).

Există și **combustibili nucleari:** utilizați în reactoarele nucleare pentru a produce energie prin fisiunea nucleelor (uraniu, plutoniu).

Arderea combustibililor fosili produce emisii de gaze cu efect de seră, în special dioxid de carbon (CO_2), contribuind la încălzirea globală. De asemenea, poluează aerul, ceea ce reprezintă o problemă majoră care poate afecta sănătatea umană și ecosistemele.

Utilizarea combustibililor regenerabili prezintă o serie de avantaje: nu epuizează resursele naturale într-un ritm rapid și nu contribuie semnificativ la poluarea mediului, fiind considerate surse ecologice, cu un impact redus asupra schimbărilor climatice. Pe de altă parte, ele depind de condițiile meteorologice (vânt, soare, apă) și necesită tehnologii costisitoare și infrastructură adecvată pentru a fi implementate eficient.

Experiment!

Scopul: evidențierea factorilor de care depinde căldura cedată de un combustibil.

Materiale: două spirtiere, două vase termorezistente, două termometre, alcool, ulei vegetal, apă.

Mod de lucru:

1. Toarnă în cele două vase termorezistente, cantități egale de apă, aflată la aceeași temperatură (de exemplu, apă de la robinet). Notează temperatura inițială a apei.
2. Toarnă într-una dintre spirtiere o cantitate de alcool și în cea de-a doua o cantitate mai mică (de exemplu, doar jumătate din cantitatea de alcool din prima spirtieră).

3. Încălzește apa din cele două vase până când se consumă întreaga cantitate de alcool din fiecare spirtieră.

4. Măsoară și notează temperatura apei din fiecare vas.

II. Repetă experimentul, dar folosește pentru o spirtieră alcool și pentru cealaltă, o cantitate egală de ulei.

Constatări: Compară variația temperaturii din cele două vase, în cele două experimente efectuate și formulează o concluzie legată de factorii care influențează această variație de temperatură.

Află!

Variația temperaturii apei încălzite cu ajutorul spirtierei, în care cantitatea de alcool este mai mică, este, de asemenea, mai mică decât variația temperaturii apei încălzită de spirtiera în care se află mai mult alcool. **Prin urmare, căldura provenită din arderea combustibilului este proporțională cu cantitatea de combustibil folosit.** În al doilea experiment, deși ai folosit aceeași cantitate de combustibil, ai constatat că variația temperaturii apei a fost diferită în cele două vase. **Căldura cedată prin arderea combustibilului depinde de natura acestuia.**

Mărimea fizică ce caracterizează un combustibil este **puterea calorică**, notată cu litera „q”. **Puterea calorică reprezintă căldura degajată prin arderea completă a unității de masă a unui combustibil.** $q = \frac{Q}{m}$; $[q]_{SI} = \frac{J}{kg}$

Tabelul 2– Puteri calorice ale diferitelor tipuri de combustibil



Combustibil	Putere calorică q [MJ/kg]	Combustibil	Putere calorică q [MJ/kg]	Combustibil	Putere calorică q [MJ/kg]
Metan	55,50	Benzină	47,30	Lemn	15,00
Propan	50,35	Motorină	44,80	Lignit	15,00
Butan	49,50	Kerosen	46,20	Antracit	27,00
Alcool etilic	27	Alcool metilic	29	Gaz natural	35,5

Aplică!



3 Încercuiește litera corespunzătoare răspunsului corect.

Este combustibil gazos:

a) țițeiul;

b) benzina;

c) motorina;

d) hidrogenul.

Combustibil regenerabil poate fi:

a) energia solară;

b) petrolul;

c) uraniul;

d) cărbunele.

4 Ce căldură se degajă prin arderea unui volum $V = 20$ L de motorină, dacă se cunosc densitatea acesteia $\rho = 0,845$ Kg/litru și puterea ei calorică $q = 44,8$ MJ/kg.

5 La ora de fizică, Mihai încălzește o cantitate de apă cu masa $m = 3$ Kg de la temperatura $t_1 = 20^\circ\text{C}$ la temperatura $t_2 = 70^\circ\text{C}$, aflată într-un vas cu capacitatea calorică $C = 200$ J/kg. Pentru aceasta, folosește gaz metan, a cărui putere calorică este $q = 35,5$ MJ/kg. Căldura specifică a apei este $c_a = 4\,200$ J/kgK.

Determină: a) masa minimă de gaz metan utilizat. b) dacă în timpul încălzirii există pierderi de 20% din căldura degajată, care este masa de gaz metan utilizată?

6 Ce cantitate de benzină ($q_1 = 47,3$ MJ/kg) trebuie arsă pentru a degaja aceeași cantitate de căldură ca și prin arderea a 20 kg de lemn ($q_2 = 15$ MJ/kg).

7 Cu ajutorul unui fierbător care are randamentul $\eta = 80\%$, Ana încălzește o cantitate de apă de la temperatura $t_1 = 20^\circ\text{C}$ la temperatura $t_2 = 70^\circ\text{C}$. Ea folosește un combustibil cu masa $m_c = 1,2$ kg și puterea calorică $q = 29$ MJ/kg. Care este masa apei încălzite de Ana? ($c_a = 4\,200$ J/kgK)

OBSERV!

Lista mea de verificare	DA	NU
Am rezolvat corect exercițiile?		
Am citit cu atenție informațiile din lecții?		
Am cerut ajutor atunci când am avut nevoie?		

Recapitulare

I. Încercuiește litera corespunzătoare răspunsului corect.

1 Mișcarea de agitație termică:

- a) este o mișcare ordonată; c) este spontană și continuă;
b) este specifică gazelor; d) nu depinde de temperatură.

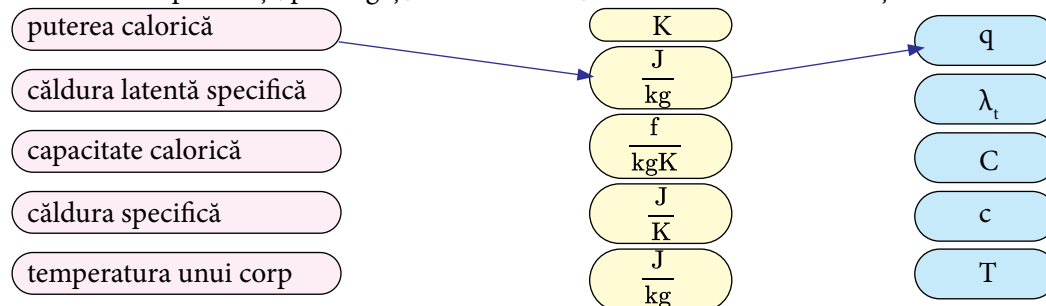
2 Relația corectă pentru definiția capacității calorice este:

- a) $C = \frac{Q}{\Delta T}$ b) $C = \frac{Q}{m \Delta T}$ c) $C = \frac{Q}{m}$ d) $C = Q \cdot \Delta T$

3 Unitatea de măsură pentru căldura latentă specifică în S.I. este:

- a) J b) $\frac{J}{kg}$ c) J · kg d) K

II. Pune în corespondență, prin săgeți, mărimea fizică, unitatea de măsură în S.I. și simbolul corespunzător, după model.



III. Completează spațiile libere, astfel încât să obții enunțuri corecte.

a) Căldura este o mărime fizică de..., spre deosebire de ..., care este o mărime fizică de stare.

b) Conducția termică este specifică ..., în timp ce transferul de căldură prin ... este specifică lichidelor și gazelor. c) Sublimarea reprezintă procesul de transformare a unei substanțe din stare... în stare....

d) Corpurile ... reflectă căldura, în timp ce corpurile negre ... căldura.

IV. Analizează graficul din Figura 54 și răspunde la întrebări:

1 Câte corpuri cedează căldură și câte corpuri primesc această căldură?

2 Care este variația temperaturii corpului „2”?

3 La ce moment este atins echilibrul termic dintre corpuri și ce valoare are temperatura de echilibru?

4 Presupunând că sistemul de corpuri este izolat adiabatic și că până la stabilirea echilibrului termic au schimbat o căldură $Q = 440J$, determină capacitatea calorică a corpului care primește căldură.

V. O cantitate de apă cu masa $m = 10 \text{ kg}$ este răcită de la temperatura $t_1 = 370 \text{ K}$ la temperatura $t_2 = 30 \text{ }^\circ\text{C}$. Presupunând că întreaga cantitate de căldură rezultată din acest proces este folosită pentru a încălzi o cantitate de aer de la temperatura $t_3 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ la temperatura $t_4 = 30 \text{ }^\circ\text{C}$, află volumul aerului încălzit. Se cunosc: $c_{\text{apa}} = 4200 \text{ J/kgK}$, $c_{\text{aer}} = 720 \text{ J/kgK}$ și $\rho_{\text{aer}} = 1,29 \text{ kg/m}^3$.

VI. Un corp cu masa $m_1 = 1,5 \text{ kg}$ și căldura specifică $c_1 = 395 \text{ J/kg K}$, aflat la temperatura $t_1 = 600 \text{ }^\circ\text{C}$ este așezat pe un bloc de gheață aflat la $t_0 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$. Numai 75% din căldura cedată de corp este folosită pentru a topi gheața. Determină masa de gheață care se topește (căldura latentă specifică de topire a gheții $\lambda_i = 334000 \text{ J/kg}$).

VII. Un motor are randamentul 40 %. Ce cantitate de propan ar trebui folosită pentru a efectua același lucru mecanic pe care îl efectuează prin arderea unei mase $m = 15 \text{ kg}$ de benzină. Se cunosc: puterile calorice $q_{\text{benzină}} = 47,3 \text{ MJ/kg}$ și $q_{\text{propan}} = 50,35 \text{ MJ/kg}$.

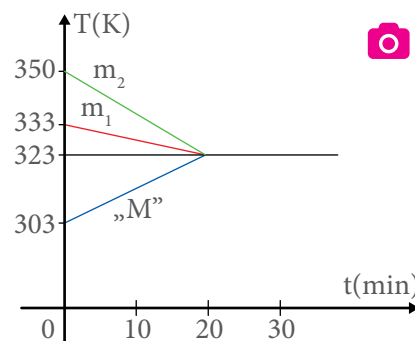


Figura 54 – Variația temperaturii în funcție de timp

Evaluare

* Timp de lucru: 50 de minute

Din oficiu: 10 puncte

I. Realizează corespondența dintre mărimea fizică, unitatea de măsură și simbolul corespunzător. (18 p)

- | | | |
|------------------------------|--------------------|--------------|
| a) căldură specifică | 1) $\frac{J}{K}$ | A) c |
| b) căldură latentă specifică | 2) $\frac{J}{kgK}$ | B) C |
| c) capacitate calorică | 3) $\frac{J}{kg}$ | C) λ |

II. Completează spațiile libere astfel încât să obții enunțuri corecte. (12 p)

- a) Trecerea unei substanțe din stare în stare se numește *sublimare* și se realizează cu acceptare de la temperatură
- b) Substanțele aflate în stare lichidă, au și nu au, în timp ce, corpurile au formă proprie și volum propriu.

III. Notează cu adevărat (A) sau fals (F) enunțurile. (10 p)

- 1 Propagarea căldurii prin convecție este specifică solidelor.
- 2 Capacitatea calorică este o mărime specifică fiecărui corp.
- 3 Într-un motor termic, căldura generată în urma arderii combustibilului este transformată parțial în lucru mecanic.
- 4 Corpurile aflate în echilibru termic au uneori temperaturi diferite.

IV. Rezolvă următoarele probleme: (50 p)

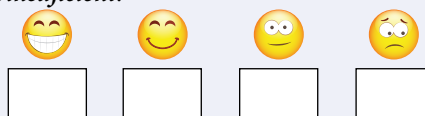
1 Bogdan a efectuat, la ora de fizică, următorul experiment: într-un calorimetru cu masa $m = 200$ g și căldura specifică 920 J/kg K se află apă la temperatura $t_a = 40^\circ\text{C}$. În apă, el introduce o bucată de cupru cu masa $m_{cu} = 100$ g la temperatura $t_{cu} = 100^\circ\text{C}$ și o masă de gheață $m_{gh} = 25$ g la temperatura $t_{gh} = -20^\circ\text{C}$. Ce masă de apă a avut, inițial, Bogdan în calorimetru, dacă temperatura finală a amestecului a devenit $t = 25^\circ\text{C}$? Din tabel Bogdan a citit valorile pentru: căldura latentă specifică de topire a gheții $\lambda_t = 334\,000$ J/kg, căldura specifică a apei $c_a = 4\,200$ J/kgK, căldura specifică a cuprului $c_{cu} = 380$ J/kgK, căldura specifică a gheții $c_{gh} = 2\,090$ J/kgK.

2 Într-un vas de masă $m_1 = 1$ kg și căldura specifică $c_1 = 460$ J/kgK se află o masă de apă $m_2 = 4$ kg cu temperatura $t_1 = 20^\circ\text{C}$. Ce masă de combustibil cu puterea calorică $q = 35,5$ MJ/kg este necesară pentru a vaporiza 25 % din apă? Se cunosc: căldura specifică a apei $c_2 = 4\,200$ J/kgK, temperatura de fierbere $t = 100^\circ\text{C}$ și căldura latentă specifică de vaporizare $\lambda_v = 2\,260$ KJ/kg.

Autoevaluare elev	Evaluare profesor
punctaj:	punctaj:

• Observă la care dintre exerciții ai avut punctaj mai mic. Notează, pe caiet, ce dificultăți ai întâmpinat și care crezi că sunt lecțiile asupra cărora ar trebui să revii. Recitește-le!

Bifează căsuța care sugerează cel mai bine cum consideri că te-ai descurcat la această evaluare: **foarte bine**, **bine**, **suficient de bine** sau **insuficient**:





I. Completează spațiile libere, astfel încât să obții enunțuri corecte:

- Două corpuri cu temperaturi diferite puse în contact termic ajung la
- Un șemineu încălzește o cameră prin
- Căldura latentă specifică λ , este căldura necesară unui kilogram dintr-o substanță pentru a-și modifica
- Unitatea de măsură pentru puterea calorică a combustibilului este



II. Notează cu adevărat (A) sau fals (F) enunțurile:

- Mișcarea browniană poate fi observantă doar în cazul apei.
- Căldura este o mărime fizică de proces.
- Când se solidifică, apa cedează căldură.
- Propagarea căldurii prin convecție este specifică solidelor.

III. La ora de fizică, Laura, Ioana și Maria au determinat capacitatea calorică a unui calorimetru (C_c), procedând astfel: au introdus în calorimetru o cantitate de apă cu $m_1 = 0,5$ kg și căldura specifică $c_1 = 4\,200$ J/kgK, căreia i-au măsurat, pe rând, temperatura t_1 și au notat-o în tabel. Apoi, au introdus un mic corp din fier, cu masa $m_2 = 100$ g și căldura specifică $c_2 = 449$ J/kgK, aflat la temperatura $t_2 = 70$ °C. Fiecare a măsurat apoi, temperatura de echilibru t_e și a notat-o în tabel. Completează *Tabelul 3* în care sunt notate datele rezultate din măsurătorile făcute de cele trei colege și calculează capacitatea calorică a calorimetrului folosit de ele.

Tabelul 3 – Rezultate măsurători

	t_1 (°C)	t_2 (°C)	t_e (°C)	C_c (J/K)	C_{cmediu} (J/K)	ΔC_{cmediu} (J/K)	ΔC_{cmediu} (J/K)
Laura	20	70	32				
Ioana	22	70	33				
Maria	18	70	35				

$$C_c = C_{\text{cmediu}} \pm \Delta C_{\text{cmediu}}$$

IV. Ce căldură este necesară pentru a transforma în vapori 30% dintr-o masă de apă $m = 4$ kg cu temperatura $t_1 = 20$ °C, aflată într-un vas de capacitate $C = 700$ J/K? Se cunosc: căldura specifică a apei $c = 4\,185$ J/kgK, temperatura de fierbere $t = 100$ °C și căldura specifică de vaporizare $\lambda_v = 2\,260$ KJ/kg.

V. Ce cantitate de apă cu temperatura de 50 °C trebuie să folosească George, pentru ca turnând-o peste o bucată de gheață cu masa 0,8 kg și temperatura -12 °C să obțină apă la temperatura 10 °C?

Se cunosc: $c_g = 2\,090$ J/kgK; $c_a = 4\,185$ J/kgK; $\lambda_i = 33,4 \cdot 10^4$ J/kg.

VI. Pentru a aduce o bucată de gheață, aflată la temperatura -2 °C, la temperatura 5 °C, se utilizează 80% din căldura degajată prin arderea unui volum $V = 6$ m³ de gaz metan. Gazul metan are densitatea $\rho = 0,7$ kg/m³ și puterea calorică $q = 35$ MJ/kg. Se cunosc: $c_g = 2\,090$ J/kgK; $c_a = 4\,185$ J/kgK; $\lambda_i = 33,4 \cdot 10^4$ J/kg. Ce masa are bucata de gheață?

Autoevaluare

Referitor la această unitate de învățare, scrie:

- trei concepte învățate;
- două idei despre care dorești să înveți mai mult în continuare;
- o capacitate, o pricepere sau o abilitate pe care consideri că ai dobândit-o.

OBSERV!



Accesează manualul digital pentru a completa *Fișa de observare a comportamentului*.

Fenomene electrice și magnetice

UNITATEA

2



1. Electrostatica. Electrizarea, sarcina electrică. Interacțiunea dintre corpurile electrizate

Ce înveți?

- Cum se manifestă electricitatea statică

Cuvinte cheie

- electrizare statică
- sarcină electrică
- descărcare electrostatică
- câmp electric

Amintește-ți!

- 1 De ce se formează fulgerele în interiorul unui nor (Figura 1)?
- 2 Explică de ce simți câteodată un mic șoc electric când atingi mânerul metalic de la ușă sau de la portiera mașinii (Figura 2)?



Figura 1 – Fulger în interiorul unui nor



Figura 2 – Mânerul portierei auto

- 3 Completează enunțurile, observând Figura 3 a) și b).
 - a) Corpurile neutre electric sunt alcătuite din, iar cele încărcate electric pozitiv conțin
 - b) Atomul conține un număr de electroni și de protoni, astfel încât se comportă electric.
 - c) Protonul are sarcină electrică care este în modul cu sarcina electrică a electronului.
 - d) Încărcarea electrică negativă înseamnă conținut de electroni, iar încărcarea electrică pozitivă reprezintă de electroni în atomii corpului, fenomenul numindu-se
- 4 Cum interacționează sarcinile electrice aflate în repaus în funcție de semnul lor (Figura 4)?

Află!

Fulgerul, trăznetul, sau micile șocuri electrice simțite la atingerea clanței metalice a ușii, sunt descărcări electrostatice dintre zone încărcate cu sarcini electrice de tip diferit, care interacționează prin forțe electrostatice de atracție, ce se realizează pe trasee conductoare electric din aerul atmosferic. Fenomenele luminoase și sonore ce însoțesc descărcarea electrică se produc prin scurgerea electricității cu viteza luminii și dilatarea bruscă a aerului.

Electrostatica studiază fenomenele electrice produse de sarcinile electrice aflate în repaus.

Corpul care acumulează în exces purtători de sarcină electrică negativi sau pozitivi, spunem că se *încarcă electric* și devine corp *electrizat negativ* sau *pozitiv*. Dacă sarcinile electrice rămân în repaus la nivelul corpului, fenomenul se numește **electrizare statică**.

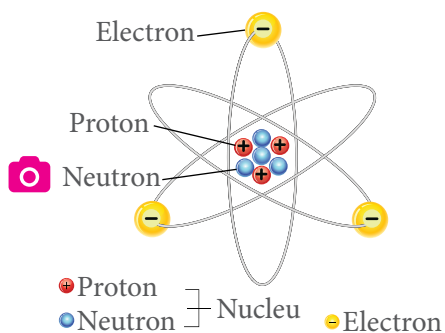


Figura 3 – a) Atom

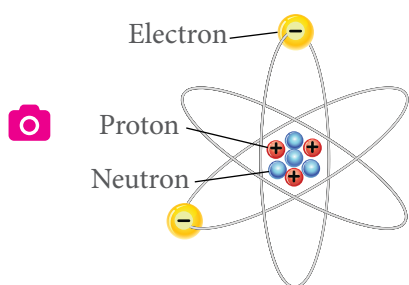


Figura 3 – b) Ion pozitiv

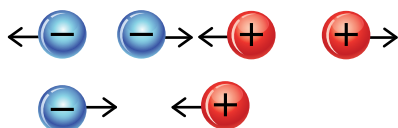


Figura 4 – Interacțiunea sarcinilor electrice

Proprietatea corpului de a se afla într-o *stare de electrizare* este exprimată prin mărimea fizică scalară numită **sarcină electrică** și are ca simbol Q sau q . Unitatea de măsură a sarcinii electrice în S.I. poartă numele fizicianului francez Charles Augustin de Coulomb: $(Q)_{S.I} = C$ (**coulomb**).

Ce mai mică sarcină electrică se numește **sarcină electrică elementară** și are valoarea: $q_0 = 1,6 \cdot 10^{-19} C$. Protonul este purtătorul *sarcinii electrice elementare pozitive*, cu simbolul q_p sau p^+ ($q_p \equiv p^+ = 1,6 \cdot 10^{-19} C$), iar electronul este purtătorul de *sarcină elementară negativă* $q_e \equiv e^- = -1,6 \cdot 10^{-19} C$.

Spațiul din jurul sarcinilor electrice statice în care se manifestă interacțiunea la distanță dintre acestea este denumit **câmp electric**.

Distribuția neuniformă a sarcinilor electrice negative și pozitive aflate în repaus la nivelul unui corp se numește **electricitate statică**.

Experiment!

Scop: studiul electrizării și descărcării electrostatice cu ajutorul electrometrului (Figura 5).

Materiale: baghetă din plastic, cârpă de lână, bară de metal cu suport de plastic, tijă de sticlă, două electrometre identice.

Mod de lucru:

1. Electrizează bagheta de plastic prin frecare cu cârpa.
2. Atinge bagheta de tija electrometrului și numără diviziunile indicate (Figura 6).
3. Conectează, prin bara metalică, tija electrometrului încărcat electric cu cea a celui alt electometru inițial neelectrizat și citește indicațiile acelor celor două dispozitive (Figura 7).
4. Conectează aceleași electrometre, ca la punctul anterior, dar prin tija de sticlă (Figura 8).

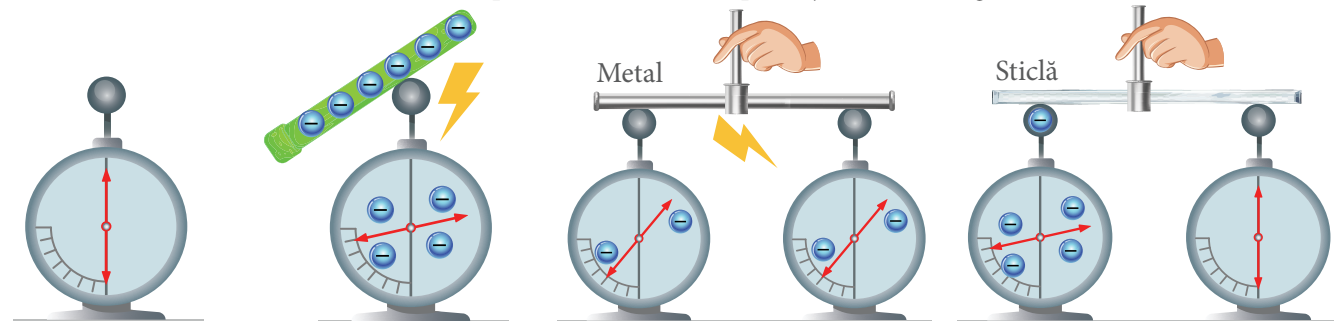


Figura 5 – Electrometru Figura 6 – Electrizare prin contact

Figura 7 – Descărcare electrostatică

Figura 8 – Tijă de sticlă

Constatări:

Cum s-a produs electrizarea electrometrului cu bagheta de plastic? Cum s-a realizat transferul sarcinilor electrice între dispozitivele cuplate prin bara metalică? Cum s-a distribuit sarcina electrică după descărcarea electrostatică prin metal? De ce? Ce rol are tija de sticlă față de interacțiunile electrostatice?

Află!

Sarcina electrică a unui corp este suma sarcinilor electrice ale purtătorilor de sarcină pe care îi are corpul în exces și are semnul acestora.

Electrizarea prin frecare a două corpuri inițial neutre electric se face prin transferul purtătorilor de sarcină electrică negativă de pe un corp pe celălalt, astfel încât corpul care a primit N electroni s-a electrizat negativ cu sarcina electrică $Q^- = Ne^-$, iar corpul care a cedat electronii s-a electrizat pozitiv și are sarcina electrică $Q^+ = Np^+$, unde N – numărul de electroni sau protoni în exces din corpul electrizat.

Sarcina electrică totală a unui sistem de corpuri se calculează ca suma algebrică a sarcinilor componente.

Electrizarea prin contact presupune trecerea unei părți din sarcinile electrice de pe corpul electrizat pe cel inițial neutru, astfel încât corpul pe care s-a produs această **descărcare electrostatică** se încarcă cu același tip de sarcină electrică ca și corpul donator (Figura 6). Singurii purtători de sarcină electrică care se transferă între atomii corpurilor în timpul descărcării electrostatice sunt electronii, protonii rămânând fixați în nucleele atomice. Bara metalică prin care s-au cuplat cele două electrometre constituie *conductorul electric* prin care are loc transferul electronilor până când acestea devin încărcate cu aceeași sarcină electrică. Corpurile identice au aceeași capacitate de încărcare cu electricitate statică.

Nu se produce descărcare electrică între corpurile cu capacitate egală de acumulare a sarcinilor electrice, dacă acestea s-au electrizat cu aceeași sarcină electrică.



Se pot încărca electrostatic atât corpurile conductoare cât și cele izolatoare electric, dar în conductori sarcina electrică se distribuie și se acumulează pe suprafața lor exterioară, în timp ce în izolatori sarcina poate rămâne localizată, de obicei tot pe suprafața corpului.

Important

Electrizarea statică este fenomenul de încărcare cu sarcini electrice ce se vor afla în repaus la nivelul corpului.

Sarcina electrică este mărimea fizică scalară ce măsoară starea de electrizare a corpului $\langle Q \rangle_{s.l.} = C$.

Câmpul electric este Spațiul din jurul sarcinilor electrice în care se manifestă interacțiunea la distanță dintre acestea

Descărcarea electrostatică este fenomenul de transfer al sarcinilor electrice între două zone cu electricitate statică diferită.

Aplică!



5 Transcrie, apoi încercuiește variantele potrivite, astfel încât afirmațiile de mai jos să fie corecte.

a) Sarcinile electrice de același tip aflate în repaus, se *atrăg/resping*, iar cele de semne diferite realizează interacțiuni de *atracție/respingere/* prin câmpul *gravitațional/ electric*.

b) Prin frecare, corpurile izolatoare electric se încarcă *la suprafață/în tot volumul* cu *aceeași cantitate/ cantități diferite* de sarcină electrică de *același tip/tipuri diferite, depinzând/fără să depindă* de dimensiuni sau substanțele din care sunt făcute.

c) Electrizarea prin contact a unui corp neutru electric se *produce/nu se produce* printr-o descărcare electrostatică, realizată ca un transfer de *electroni/protoni* de la corpul încărcat electric negativ și are ca rezultat apariția electricității statice de tip *pozitiv/negativ* exprimată printr-o cantitate *identică/ diferită* de sarcină electrică existentă la final pe ambele corpuri.

6 Cât este sarcina electrică a nucleului unui atom care conține Z electroni? Dar sarcina electrică totală a atomului (Z – numărul atomic)?

7 Două pendule electrice identice sunt încărcate electric prin contact, unul după altul, de la aceeași baghetă (Figura 9). Încercuiește răspunsul corect. Când se apropie, au *sarcini electrice/interacțiune electrostatică* de tip:

- a) egale/atracție;
- b) diferite /atracție;
- c) egale/respingere;
- d) diferite/respingere.

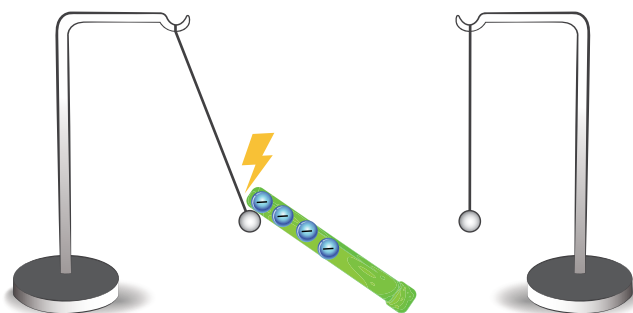


Figura 9 – Pendule electrice

8 O sferă încărcată electric cu sarcina $Q = 8 \mu C$ se aduce în contact cu altă sferă identică, a cărei substanță conține doar atomi. Considerând sistemul izolat electric față de exterior și că în urma electrizării prin contact, un atom poate pierde doar un electron, calculează câți ioni pozitivi va conține sfera după electrizare.

Portofoliu

9 Scrie un eseu cu tema *Surse și efecte ale electricității statice în viața de zi cu zi*.

2. Legea lui Coulomb (identificarea experimentală a mărimilor care influențează forța electrică)

Ce înveți?

- Legea interacțiunilor electrostatice a lui Coulomb

Cuvinte cheie

- forța electrostatică
- constanta electrostatică

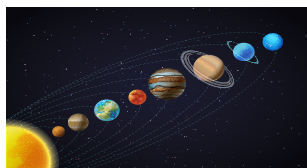


Figura 10 – Atracția gravitațională

Amintește-ți!

- 1 Ce tip de interacțiune se exercită între Soare și planetele din jur, sau între măr și Pământ (Figura 10)?
- 2 Cum interacționează sarcinile electrice ale atomului sau magneții (Figurile 11 și 12)?

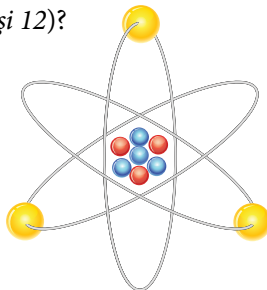


Figura 11 – Electroni și protoni în atom



Figura 12 – Magneți

- 3 Ce asemănări și deosebiri sunt între cele trei tipuri de interacțiuni identificate în Figurile 10, 11 și 12?

Experiment!

Scop: studiul interacțiunilor electrostatice cu ajutorul pendulelor electrice.

Materiale: două baloane elastice din același material și cu mase egale, ață de cusut subțire, inele de plastic, tijă suport de plastic ușoară, cu lungimea de 1 m, cârpă din material sintetic, creion.

Mod de lucru:

1. Umflă baloanele la volume diferite și suspendă-le de suport prin ațele de cusut legate de inele de plastic, la o distanță inițială de cel puțin 50 cm, trasată cu creionul pe tijă (Figura 13).
2. Electrizează baloanele prin frecare cu cârpa, în același mod.
3. Deplasează pe tijă inelul de suspensie al balonului mic spre cel al balonului mai voluminos până aproape de atingere și notează cu creionul, pe suport, poziția inelelor și pozițiile proiecțiilor pe tijă ale capetelor de ață la care sunt legate baloanele. Urmărește creșterea înclinării față de verticală a direcției firelor în timpul apropierii baloanelor, apoi descreșterea acestor deviații la readucerea balonului mic în poziția inițială (Figura 13).
4. Adu baloanele la distanța inițială și reia electrizarea acestora, dar prin frecare mai îndelungată și mai energică.
5. Refaci etapa de la punctul 3, mișcând inelul de suspensie al balonului mare către celălalt, urmată de aceleași notații făcute cu creionul pe tija suport.

Observații:

- experimentul se poate realiza mai ușor cu ajutorul unui coleg;
- se păstrează o distanță suficientă față de propriul corp sau alte corpuri din jur care pot influența interacțiunea electrică dintre cele două baloane.

Constatări: Cum influențează distanța dintre baloanele electrizate interacțiunea lor electrostatică? Ce importanță are volumul balonului pentru sarcina electrică acumulată pe suprafața sa? Ce influență asupra sarcinii electrice de încărcare a balonului o are frecarea acestuia cu cârpa pentru un timp mai lung și într-o formă mai energică? Compară deviațiile de la verticală ale firelor celor două baloane în timpul realizării etapelor 3, 4 și 5 ale experimentului.

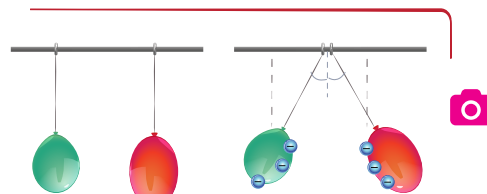


Figura 13 – Baloane

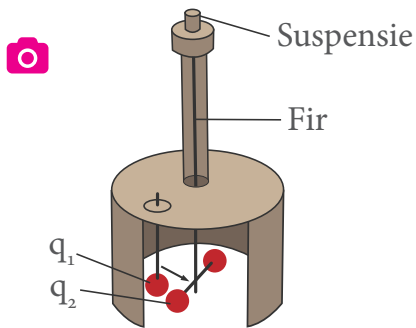


Figura 14 – Balanța de torsiune

sfere metalice mici încărcate cu același tip de sarcini electrice q_1 și q_2 . **Balanța de torsiune** (Figura 14), inventată de fizicianul și inginerul militar francez, are ca principiu de funcționare egalitatea dintre forța de respingere electrică dintre sferele cu sarcinile electrice de același semn și forța elastică apărută prin torsiunea (răsucirea) firului de susținere a tijei echilibrate pe care se află una dintre sfere.

Ca și în cazul experimentului cu baloanele electrizate, propus anterior, prin modificarea valorilor sarcinilor electrice ale sferelor se schimbă unghiul de torsiune al balanței. Mărimea acestui unghi a fost pusă în legătură cu valoarea forței de respingere electrostatică.

Coulomb a arătat că **forța electrică de interacțiune este direct proporțională cu produsul sarcinilor electrice și invers proporțională cu pătratul distanței dintre ele, dacă dimensiunile corpurilor sunt mult mai mici în comparație cu depărtarea dintre ele.**

$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$, k – **constanta electrostatică** (constanta lui Coulomb) depinde de mediul în care se află sarcinile (exemplu: aer, apă,) și reprezintă forța de interacțiune dintre două sarcini electrice punctiforme de 1 C fiecare, aflate în repaus la distanța de 1 m una față de cealaltă, în vid.

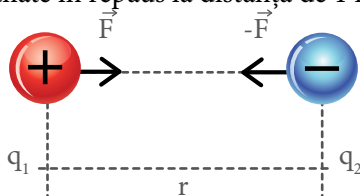


Figura 15 – Interacțiunea dintre sarcinile electrice punctiforme

Află!

Corpurile izolatoare electric, făcute din același material, dar cu volume diferite, acumulează sarcini de valori diferite pe suprafețele lor, prin același procedeu de electrizare. Suprafața cu aria mai mare acumulează mai multă electricitate statică.

Forțele de interacțiune ale câmpului electric produs de corpurile electrizate aflate în repaus se numesc **forțe electrostatice**.

Spre sfârșitul secolului al XVIII-lea, Charles Coulomb a realizat un dispozitiv experimental pentru măsurarea forței electrostatice dintre două

Constanta electrostatică în vid sau aer are valoarea $k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$.

Câmpurile fizice: gravitațional, magnetic și electric se aseamănă prin forma interacțiunilor de la distanță, realizate prin forțe ale căror formule de definiție pot fi exprimate asemănător.

Experimental se arată că și în cazul interacțiunilor electrostatice se aplică principiul acțiunii și reacțiunii din mecanică $|\vec{F}| = |-\vec{F}|$ (Figura 15).

Important!

Forța electrostatică este mărimea fizică vectorială ce caracterizează interacțiunea dintre sarcinile electrice aflate în repaus.

Legea lui Coulomb:

Forța de interacțiune dintre două sarcini electrice punctiforme aflate în repaus, se manifestă pe direcția dreptei ce le unește și este direct proporțională cu produsul sarcinilor și invers proporțională cu pătratul distanței dintre ele.

Constanta electrostatică (k) arată influența mediului asupra interacțiunii electrice și se exprimă prin forța electrostatică dintre două sarcini electrice punctiforme de 1 C fiecare, aflate în repaus la distanța de 1 m una de cealaltă, în vid.

Aplică!

4 Ce valoare are forța electrică de atracție care ține electronul în mișcare circulară cu raza de aproximativ 10^{-10} m în jurul nucleului din atomul de hidrogen?

5 Forța de atracție în apă a sarcinilor electrice punctiforme $q_1 = 0,003 \text{ mC}$ și $q_2 = -3 \mu\text{C}$ aflate în aer la distanța $d = 1,8 \text{ m}$, este 1,23 % din forța de interacțiune în aer. Calculează constanta electrostatică a apei.

3. Circuite electrice. Componentele unui circuit. Generatoare electrice

Ce înveți?

- Circuitul electric – reprezentare schematică și descriere

Cuvinte cheie

- circuit electric
- legătură galvanică
- schemă electrică
- elemente dipolare
- curent electric continuu
- polaritate electrică

Amintește-ți!

1 De ce poți spune că lanternele din Figura 16 conțin circuite electrice? Prin ce diferă cele două montaje?

2 Ce se întâmplă dacă se elimină unul din tipurile de elemente componente ale lanternei care luminează? Întrerupătorul este strict necesar?

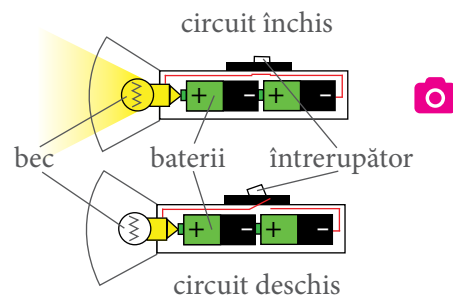


Figura 16 – Circuitul electric al lanternei

Experiment!

Scop: realizarea unui circuit electric simplu.

Materiale necesare: Elementele componente ale unei lanterne: baterie electrică, bec, fire metalice acoperite cu manșon de plastic, dezizolate la capete, întrerupător, banda de plastic adezivă.

Mod de lucru:

1. Leagă bornele tuturor elementelor componente prin capete firelor metalice pe care le fixezi cu ajutorul benzii adezive, conform Figurii 17.
2. Comută întrerupătorul între cele două poziții ale sale.
3. Desfăci bornele bateriei, apoi refăci legăturile bateriei orientată invers în circuit.

Constatări:

Ce reguli de construcție a circuitului ai respectat pentru ca becul să lumineze? Cum luminează becul după inversarea bornelor bateriei în circuit? Dar dacă se inversează bornele de legătură ale becului sau întrerupătorului?

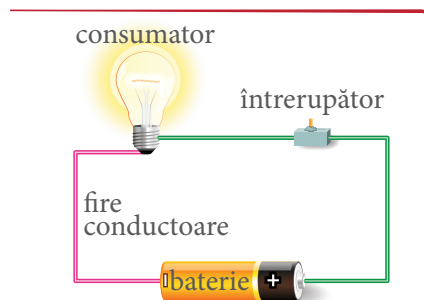


Figura 17 – Circuit electric simplu

Află!

Pentru ca becul din experiment să lumineze, a fost necesară realizarea unei căi pe care *curentul electric* format din sarcinile electrice puse în mișcare de către baterie (*generatorul electric*) să ajungă prin firele metalice (*conductoarele electrice*), la bec (*consumatorul electric*).

Această cale a curentului electric numită *circuit electric* s-a realizat prin conectarea *elementelor de circuit*, aranjate *în serie* de-a lungul traseului curentului electric, cu ajutorul conductoarelor electrice, conexiuni ce se numesc **legăturile galvanice** sau **conductive** (denumite în cinstea medicului și fizicianului italian Luigi Galvani). *Întrerupătorul electric* (sau *întrerupătorul de circuit*) are rolul principal de control, lăsând/oprind curentul electric să ajungă de la generator la consumator, prin *închiderea/deschiderea* circuitului.

Reprezentarea schematică a unui circuit electric se face cu ajutorul *simbolurilor grafice* cu *denumiri convenționale* alese pentru elementele de circuit (Tabelul 1), ținând seama de ordinea reprezentării componentelor și regulile specifice tipului de *schemă electrică*.

Tabelul 1 – Simboluri ale principalelor elemente de circuit electric

Simbol	Element de circuit	Simbol	Element de circuit
	Conductor electric		Întrerupător în poziția normal deschis
	Intersecție de conductoare fără/ cu contact electric		Întrerupător în poziția normal închis
	Generator electric de curent continuu		Rezistor electric
	Baterie electrică		Ampermetru
	Bec electric		Voltmetru

Desenarea schemei unui circuit electric, ca și citirea ei, se face pornind de la simbolul generatorului (borna pozitivă) după care se reprezintă în ordine celelalte elemente de circuit, urmărind sensul curentului electric ce va trece prin acestea până la finalizarea schemei la nivelul bornei negative a generatorului electric. Conductoarele de legătură se reprezintă numai prin linii drepte ce își pot schimba direcția, de obicei, în unghi de 90 °C.

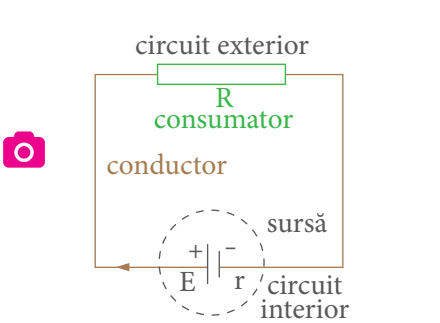


Figura 18 – Circuit exterior și circuit interior

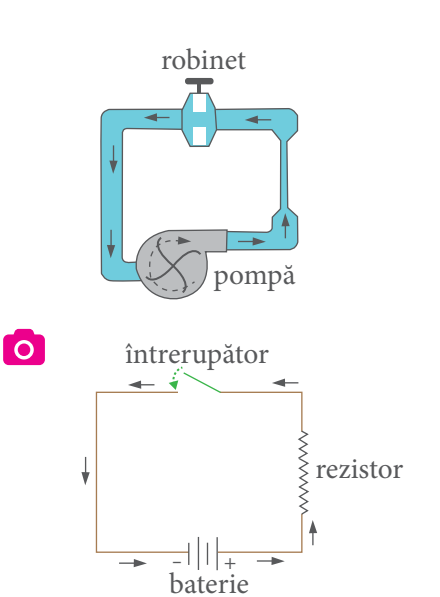


Figura 19 – Circuit de apă și circuit electric

Circuitul electric simplu cuprinde un generator conectat galvanic cu un consumator. După porțiunea străbătută de curentul electric pornind de la generator, circuitul electric (Figura 18) se împarte în:

1. **circuitul exterior** – partea de circuit dintre bornele generatorului ce cuprinde conductoarele de legătură și consumatorul;
2. **circuitul interior** al generatorului electric;

Circuitele interior și exterior constituie, împreună, ceea ce se numește, în mod obișnuit, **circuitul electric total**.

Observă și descoperă!

- 3 Compară circuitul de apă cu cel electric (Figura 19) și identifică elementele componente cu roluri asemănătoare în funcționare.
- 4 Privește Figurile 20 și 21 și găsește asemănarea dintre cauza forței curentului de apă al unei cascade și capacitatea unei baterii electrice de a mișca electronii din circuit sub forma curentului electric.



Figura 20 – Cascadă



Figura 21 – Baterii electrice

Află!

Pompa de apă primește energie electrică și o transformă în energie mecanică, efectuând un lucru mecanic asupra lichidului pe care îl deplasează într-un singur sens, sub forma curentului de apă.

Asemănător pompei, **generatorul electric** (sursa de energie electrică) transformă un tip de energie (chimică, mecanică, termică, solară) în energie electrică și efectuează lucru mecanic asupra sarcinilor electrice pe care le deplasează ordonat prin circuit sub forma *curentului electric*. Deoarece electronii sunt deplasați într-un singur sens și cu viteză constantă prin circuit, mișcarea acestora se numește **curent electric continuu** sau **constant** (prescurtat **C.C.** – în română; **DC** – în engleză și reprezentat prin semnul convențional „—”)

Elementul galvanic (**pila electrică** sau **elementul voltaic** – după numele fizicianului italian Alessandro Volta) – transformă energia chimică în energie electrică.

Bateria electrică este denumirea unei grupări de elemente galvanice. În limbajul obișnuit, denumirea se folosește chiar și pentru un element galvanic (Figura 22). Energia electrică se produce printr-o reacție chimică ireversibilă, astfel încât, după „descărcare”, bateria nu mai poate fi reîncărcată.

Acumulatorul electric este un tip special de baterie în care energia electrică se produce printr-o reacție electrochimică reversibilă, astfel încât, după „epuizare”, se poate reîncărca cu ajutorul curentului electric (Figura 23).

Elementele care se conectează în circuitul electric prin cele două părți (poli) metalice de contact – *borne* - se numesc **elemente dipolare** sau **dipoli** (Figura 24).

După rolul în funcționarea circuitului electric, elementele dipolare de împart în:

- **dipoli activi** – produc și furnizează energie electrică circuitului (exemplu: elementele galvanice);
- **dipoli pasivi** – consumatori ai energiei electrice (exemplu: becuri, conductori electrici).

Generatorul electric creează în interiorul său o zonă cu exces de electroni, ce acționează cu forțe electrice de respingere asupra electronilor din circuitul exterior, prin *borna electrică negativă* (–). Cealaltă zonă rămasă cu lipsă de sarcini electrice negative, atrage electric electronii din circuitul exterior, prin *borna electrică pozitivă* (+) a sursei. Se spune că generatorul electric realizează o **polaritate electrică** care determină sensul curentului electric prin circuit.

Ca și în cazul unei cascade, unde diferența de nivel determină o forță mai mare a curentului de apă, și generatorul are capacitatea de a produce curent electric cu atât mai intens cu cât diferența de încărcare electrică dintre cele două zone, din interiorul său, este mai mare.

Pompa de apă deplasează lichidul prin instalația de apă, dar fără să îl producă. În același fel generatorul electric produce mișcarea electronilor din circuitul electric între bornele sale, de la (–) către (+) pe circuitul exterior și de la (+) spre (–) în circuitul sau interior prin instalația electrică. Acesta este **sensul real** (sau **sensul fizic**) al curentului electric de electroni numit **curent electric electronic** (Figura 25).

La începutul descoperirilor fenomenelor electrice, „curgerea” electricității a fost asemănată cu cea a unui fluid. Termenul „pozitiv”, era atribuit zonei unde se găsea fluidul, iar cel de „negativ” desemna locul care avea lipsă de fluid. Ilustrul om de știință american Benjamin Franklin a stabilit că sarcinile electrice se deplasează de la corpurile încărcate pozitiv, către cele încărcate negativ electric.

Deoarece s-a constatat că mărimile fizice din electricitate și aplicarea legilor specifice la circuitele de curent electric nu este influențată de alegerea unuia din cele două sensuri, oamenii de știință au hotărât să se folosească **sensul convențional** al curentului electric considerat invers celui de deplasare a electronilor. De aceea se consideră că în circuitele de C.C., pe circuitul exterior al sursei, față de bornele sale: „**curentul iese din (+) și intră în (–)**”.



Figura 22 – Elemente galvanice



Figura 23 – Acumulator electric

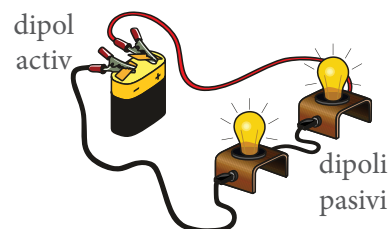


Figura 24 – Elemente dipolare de circuit

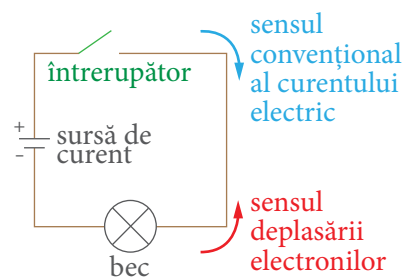


Figura 25 – Sensul real și sensul convențional al curentului electric

Important!

Circuitul electric este ansamblul format din două tipuri principale de elemente de circuit, legate galvanic: generatoare și consumatori, prin care poate circula curentul electric.

Legăturile galvanice (conductive) sunt conexiunile dintre elementele de circuit realizate prin conductori electrici.

Schema electrică este reprezentarea grafică a elementelor de circuit și a legăturilor dintre acestea, ce oferă o imagine a funcționării instalației electrice.

Elemente dipolare – elemente de circuit care se conectează prin două borne.

Curentul electric continuu (constant) – este deplasarea ordonată a purtătorilor de sarcină electrică într-un singur sens și cu viteză constantă printr-un mediu conductor electric.

Polaritatea electrică a generatorului – reprezintă existența zonelor cu încărcare electrică diferită din interior și indică sensul curentului electric prin circuit.

Sensul convențional al curentului electric este de la borna pozitivă spre borna negativă a generatorului electric pe circuitul său exterior.

Aplică!



5 Completează spațiile libere, astfel încât să obții enunțuri corecte.

a) Circuitul electric conține cuplate între ele la nivelul celor două ale fiecăruia, cu ajutorul legăturilor numindu-se astfel elemente

b) Reprezentarea grafică a circuitului electric se face prin care conține ale componentelor și prezintă o imagine pentru instalației electrice când este parcursă de

c) Curentul electric continuu reprezintă mișcarea și a purtătorilor de sarcină electrică și are un sens convențional față de mișcarea electronilor prin circuit, indicat de a generatorului electric.

6 Inserează simbolurile potrivite în reprezentarea din *Figura 26*, astfel încât să realizezi schema electrică pentru o instalație de curent continuu în care becul electric luminează.

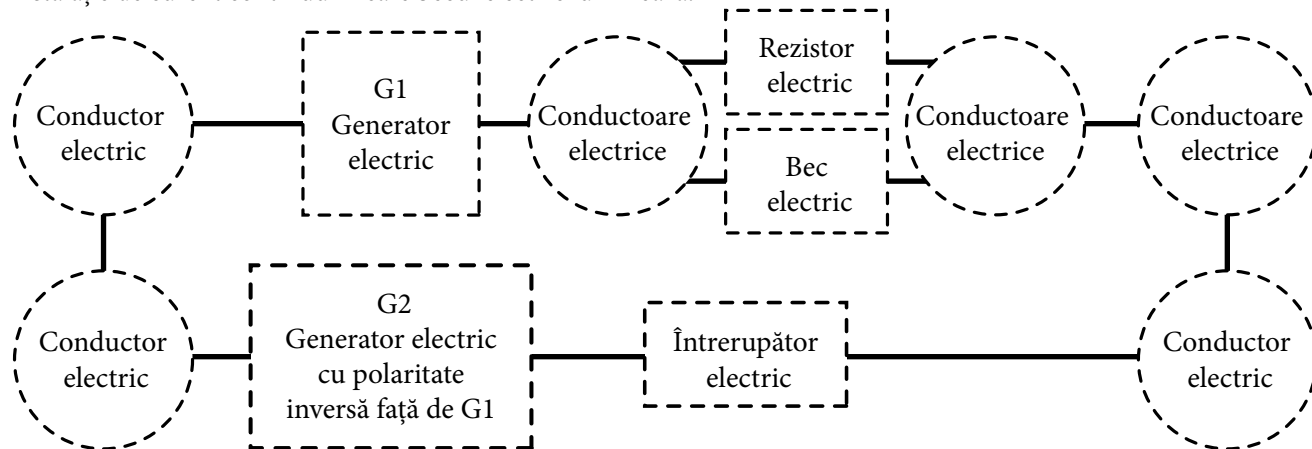


Figura 26 – Schema electrică pentru o instalație de curent continuu

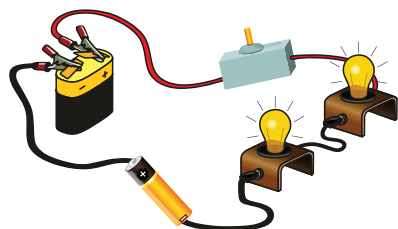


Figura 27 – Circuit electric

7 Reprezintă schema circuitului electric din *Figura 27* și marchează cu o săgeată sensul curentului electric.

Portofoliu

8 Identifică componentele electrice ale unei biciclete sau ale unei trotinete cu acumulator (*Figura 28*). Descoperă noile simboluri grafice necesare și realizează schema circuitului electric al acesteia.



Figura 28 – Bicicletă electrică

4. Intensitatea curentului electric. Tensiunea electrică

Ce înveți?

- Ce reprezintă intensitatea curentului electric și tensiunea electrică

Cuvinte cheie

- intensitate a curentului electric
- tensiune electrică
- amper
- ampermetru
- volt
- voltmetru

André-Marie AMPÈRE (1775 – 1836)



Fizician și matematician francez este considerat unul dintre fondatorii electromagnetismului. Introduce noțiunile de curent electric și tensiune electrică. Descoperă legea interacțiunii curenților electrici. Inventează galvanometrul și realizează, împreună cu F. Arago în anul 1820, primul aparat telegrafic. Numele său a fost dat printr-o convenție internațională în 1881 unității de măsură pentru intensitatea curentului electric.

Intensitatea curentului electric

Observă și descoperă!

- 1 Ce rol are un contor de apă (apometru) în instalația de apă potabilă de acasă (Figura 29)? Cum se montează în instalație?
- 2 Privește Figura 30 și gândește-te dacă s-ar putea folosi un dispozitiv cu rol asemănător apometrului și într-un circuit electric? Ce ar măsura acest dispozitiv?



Figura 29 – Apometru

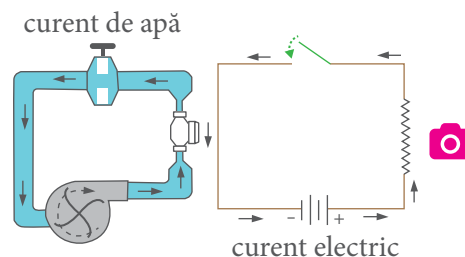


Figura 30 – Instalație de apă cu contor și Instalație electrică

Află!

Într-o instalație casnică de apă, este necesară măsurarea cantității de lichid utilizată în gospodărie, pentru plata acestui serviciu utilizat într-un interval de timp dat Δt . De aceea se măsoară volumul de apă (V) care trece prin apometru pentru consum. Cunoscând densitatea apei, se poate calcula masa de lichid ce a trecut prin contorul de apă $m = \rho V$.

Dacă se consideră o suprafață transversală a țevii de intrare a fluidului în apometru, se poate defini debitul de masă: $D_m = \frac{m}{\Delta t}$ – masa de apă care trece prin această suprafață într-o unitate de timp.

Prin comparație, într-un circuit electric se poate defini un debit de sarcină electrică transportată de curentul electric printr-o secțiune transversală a unui conductor, numită **intensitate a curentului electric**: $I = \frac{Q}{\Delta t}$.

Intensitatea curentului electric este o *mărime fizică fundamentală*. Unitatea de măsură a intensității curentului electric se numește **amper** (în cinstea fizicianului A. M. Ampère) $(I)_{S.I.} = A$.

Sarcina electrică este transportată prin circuit de către cei N purtători de sarcină electrică cu sarcina electrică elementară q_0 care constituie curentul electric de intensitate $I = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{N \cdot q_0}{\Delta t}$.

Observație: în limbajul tehnic obișnuit se preferă o formă prescurtată – *curentul electric* – pentru exprimarea valorii unei intensități a curentului electric (exemplu: „curentul electric este de 1 A”).

Apometru poate fi considerat un element dipolar, ca și elementele circuitului electric, pentru că se conectează cu cele două extremități ale sale (intrarea și ieșirea) la țeava de apă a instalației, de-a lungul acesteia.

Având funcție și modalitate de cuplare în instalația electrică asemănătoare contorului din instalația de apă, instrumentul de măsură al



Figura 31 – Ampermetru

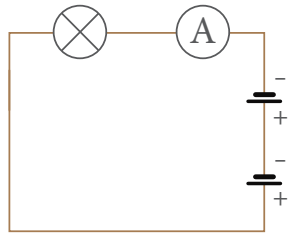


Figura 32 – Montarea ampermetrului în circuit

intensității curentului electric se numește **ampermetru** (Figura 31). Pentru funcționarea corectă, ampermetrul se montează numai în serie cu elementele de circuit electric (Figura 32).

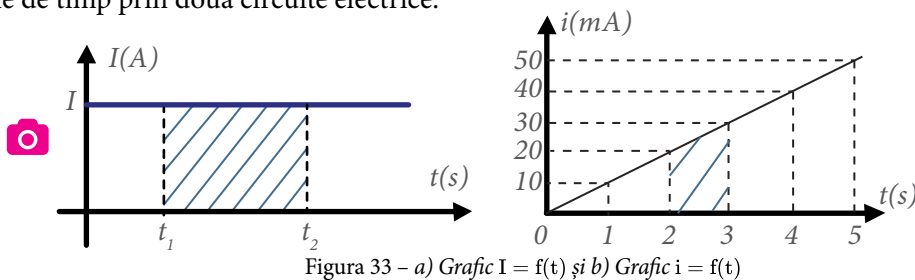
Cu ajutorul noțiunii de intensitate a curentului electric se poate defini unitatea de măsură în S.I. pentru mărimea fizică derivată – sarcina electrică.

$$Q = I \cdot \Delta t \rightarrow \langle Q \rangle_{\text{S.I.}} = \langle I \rangle_{\text{S.I.}} \cdot \langle \Delta t \rangle_{\text{S.I.}} = A \cdot s = C$$

Un **coulomb** este sarcina electrică transportată de un curent cu intensitatea de un amper în timp de o secundă $1C = 1A \cdot 1s$.

Observă și descoperă!

3 Urmărește și compară graficele din Figurile 33 a) și b) în care este redată dependența intensității curentului electric în funcție de timp prin două circuite electrice.



Află!

Interpretarea geometrică a sarcinii electrice

Graficul din Figura 33 a) arată că intensitatea curentului nu variază și reprezintă o caracteristică a curentului electric continuu. Se poate observa că aria suprafeței hașurate are chiar expresia sarcinii electrice transportate de curentul electric prin circuit în intervalul de timp dat $Q = I \cdot \Delta t$, unde $\Delta t = t_2 - t_1$.

Această interpretare geometrică permite calcularea sarcinii electrice și când intensitatea curentului electric variază ca în Figura 33 b). Se va calcula suprafața trapezului hașurat $S_{\text{trapez}} = \frac{B + b}{2} h$, cu următoarea corespondență: $B \rightarrow i_2$; $b \rightarrow i_1$; $h \rightarrow t_2 - t_1$. Observație: se notează cu „i” intensitățile curentului electric variabil.

Problemă rezolvată

4 Ce sarcină electrică este transportată în intervalul cuprins între $t_1 = 2s$ și $t_2 = 3s$ de către curentul electric al cărui grafic în funcție de timp este reprezentat în Figura 33 b)?

Rezolvare: $Q = \frac{i_2 + i_1}{2} (t_2 - t_1)$; $Q = \frac{30 \text{ mA} + 20 \text{ mA}}{2} (3s - 2s)$; $Q = 25 \text{ mC}$.

Răspuns: $Q = 25 \text{ mC}$

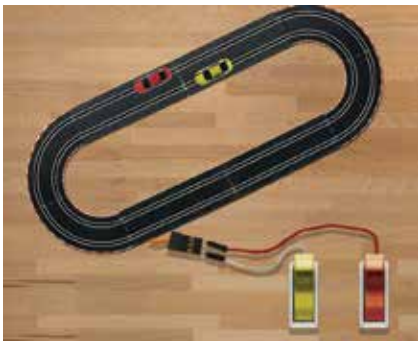


Figura 34 – Mașinuțe pe pista electrică

Tensiunea electrică

Observă și descoperă!

5 Ce asemănare ai remarcat între rolul generatorului în circuitul electric și funcția pompei în instalația de apă (Figura 30)?

6 Cine determină mișcarea mașinuțelor de curse pe o porțiune de drum a pistei electrice? Ce asemănare găsești cu deplasarea electronilor prin circuitul de către generatorul electric (Figura 34)?

Află!

Deplasarea lichidului în instalația de apă, mișcarea mașinulelor electrice pe pistă și transportul electronilor prin circuitul electric, se produc în același mod, prin lucrul mecanic al forțelor create de elementul dipolar activ. În generatorul electric, forțele apar datorită zonelor sale interioare cu încărcări electrice diferite (de tip negativ și pozitiv).

Sarcina electrică Q se poate transporta între punctul A și punctul B de pe circuitul electric dacă forțele câmpului electric produs de generator efectuează lucrul mecanic L_{AB} . Generatorul electric transferă punctelor A și B polaritatea sa electrică. Generatorul de curent continuu menține constantă tensiunea electrică la bornele sale și de aceea se mai numește **sursă de tensiune electrică**.

Tensiunea electrică se măsoară cu instrumentul de măsură numit **voltmetru** care, pentru a funcționa corect, se montează numai în paralel cu porțiunea de circuit cuprinsă între cele două puncte (*Figurile 35 și 36*).



Figura 35 – Voltmetru de curen continuu

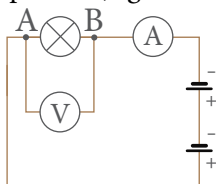


Figura 36 – Montarea voltmetrului în circuit

Se spune că între cele două puncte există o **tensiune electrică**, exprimată ca mărime fizică prin lucrul mecanic efectuat pentru deplasarea unității de sarcină electrică pe traseul A – B și simbolizată cu litera U.

Formula matematică de definiție: $U = \frac{L_{AB}}{Q}$ Unitatea de măsură: $\langle U \rangle_{S.I.} = \frac{J}{C} = V$ (volt). Un **volt** este valoarea tensiunii electrice dintre două puncte ale circuitului electric între care forțele electrice efectuează un lucru mecanic de un joule pentru a deplasa o sarcină electrică de un coulomb.

Important!

Intensitatea curentului electric este mărimea fizică scalară care măsoară sarcina electrică ce străbate secțiunea transversală a unui conductor în unitatea de timp.

$I = \frac{Q}{t}$; $\langle I \rangle_{\text{S.I.}} = \text{A (amper)}$; Ampermetru: 

Tensiunea electrică dintre două puncte ale unui circuit electric este mărimea fizică scalară exprimată prin raportul dintre lucrul mecanic efectuat pentru deplasarea sarcinii electrice între punctele date și sarcina electrică.

$$U = \frac{L_{AB}}{Q}; \langle U \rangle_{S.I.} = \frac{J}{C} = V \text{ (volt)}; \text{Voltmetru: } \text{---} \text{ (V) } \text{---}$$

Aplică!

7 În graficul din *Figura 37* este reprezentată dependența de timp a intensității curentului electric prin conductorul unui circuit. Află sarcina electrică care străbate circuitul în intervalul (6 – 14) s.

8 Ce semnificație fizică are aria hașurată din *Figura 38*?

9 Ce curent electric continuu parcurge un circuit dacă prin secțiunea transversală a unui conductor trec în fiecare secundă $5 \cdot 10^{19}$ electroni?

Alessandro VOLTA

(1745 – 1827)



Fizician și chimist italian, este considerat pionierul electricității, inventatorul care a oferit omenirii prima sursă de curent electric continuu – pila voltaică – în urma unei dispute științifice cu colegul său, Luigi Galvani. Publică la vârsta de 24 de ani prima sa lucrare – un tratat despre forțele de atracție ale „focului electric”. Este primul chimist care a obținut o probă de metal pur (1776). În onoarea sa, unitatea de măsură pentru potențialul electric și tensiunea electrică poartă numele de *volt*, iar Societatea Italiană de Fizică a înființat în 1881 Premiul Volta, acordat pentru realizări remarcabile în domeniul electricității și energiei.

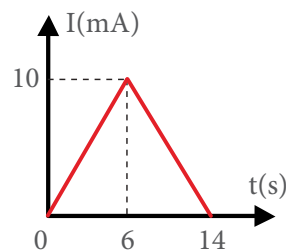
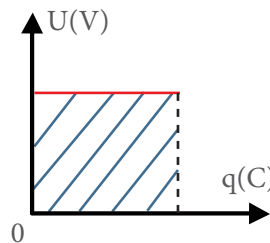


Figura 37 – *Grafic I = f(t)*

Figura 38 – *Grafic* $U = f(q)$

5. Instrumente de măsură – ampermetrul, voltmetrul, ohmmetrul, wattmetrul, multimetrul

Ce înveți?

- Rolul aparatelor de măsură electrice în circuit
- Măsurarea cu ampermetrul și voltmetrul

Cuvinte cheie

- Ampermetru
- Voltmetru
- Multimetru
- Ohmmetru
- Wattmetru

Observă și descoperă!

1 Observă aparatele de măsură din *Figurile 39-43*, copiază și completează *Tabelul 2* cu informațiile cerute, pe baza noțiunilor despre instrumentele de măsură ale unor mărimi fizice electrice însușite în lecțiile anterioare.

2 De ce crezi că bornele aparatelor din *Figurile 39, 40 și 43* sunt colorate în roșu și negru?



Figura 39 – Ampermetru



Figura 40 – Voltmetru



Figura 41 – Ohmmetru



Figura 42 – Wattmetru



Figura 43 – Multimetru

Tabelul 2 – Identificări și corespondențe între aparate de măsură și mărimi fizice

Aparat de măsură	Simbol aparat de măsură	Mărime fizică măsurată	Simbol mărime fizică	Denumire unitate de măsură din S.I.
Wattmetru	$\text{---} \bigcirc \text{W} \text{---}$	Putere electrică	P	
	$\text{---} \bigcirc \Omega \text{---}$	Rezistență electrică		
Voltmetru				
				amper

Află!

Instrumentele de măsură electrice au, în general, denumiri date prin cuvinte compuse din numele unităților de măsură din S.I. ale mărimilor fizice determinate și sufixul ce semnifică „a măsura” (Exemplu: voltmetru = volt + metru; miliampermetru = miliamper + metru).

Trecerea curentului electric prin aceste aparate produce un efect specific proporțional cu valoarea mărimii fizice electrice măsurate care este indicată pe ecranul instrumentului de către un ac indicator pe scala fizică sau prin afișaj electronic.

Valoarea maximă a mărimii fizice pe care o poate măsura, arată **calibrul** aparatului.

Instrumentele denumite prin regula de compunere prezentată, pot avea un singur calibr, conținând o singură scară a valorilor mărimii fizice măsurate, sau pot cuprinde mai multe scări de valori, deci se pot utiliza ca instrumente de măsură cu mai multe calibre. Scala fizică a instrumentului de măsură conține marcaje ale diviziunilor unei valori numerice maxime înscrise la extremitatea acesteia, ce nu corespunde întotdeauna cu calibrul aparatului. De aceea, pentru citirea corectă pe scară, trebuie făcută corespondența între numărul din dreptul diviziunii indicate și valoarea numerică a mărimii fizice măsurate.

Aparatul care se poate adapta astfel încât să se folosească la măsurarea mai multor tipuri de mărimi fizice electrice se numește **multimetru** (*Figura 43*).

Ampermetrul, voltmetrul, ohmmetrul și wattmetrul se montează în circuitul electric prin cele două borne de conectare, în serie sau în paralel cu celelalte elemente de circuit dipolare, în funcție de modul de funcționare al fiecăruia.

Pentru utilizarea în curent electric continuu, bornele sunt polarizate, astfel că există o „bornă negativă” (de obicei este borna de culoare neagră), care este bornă comună tuturor calibrelor aceluiași aparat și tuturor tipurilor de mărimi fizice electrice măsurate. Această bornă trebuie cuplată la partea de circuit care corespunde bornei negative a sursei de tensiune electrică.

Experiment!

Scop: măsurarea intensității curentului electric cu ampermetrul.

Materiale: bec electric, ampermetru de CC cu calibrul de 1 A și cu scala de 10 diviziuni numerotate, întrerupător, două baterii ce constituie, împreună, o sursă de tensiune potrivită funcționării corecte a becului și fire conductoare electric.

Mod de lucru:

1. Realizează circuitul din *Figura 44*, ținând cont de regulile de montare a ampermetrului în circuitul de curent continuu.
2. Închide circuitul și citește valoarea indicată de aparat.
3. Comută întrerupătorul pe poziția deschis, deconectează ampermetrul și remontează-l între bec și întrerupător.
4. Închide circuitul și citește valoarea intensității curentului.

Constatări: Care este valoarea intensității curentului electric, dacă acul indicator se află în dreptul diviziunii corespunzătoare cifrei 5? Se modifică această valoare prin schimbarea poziției ampermetrului în circuit?



Figura 44 – Măsurare cu ampermetrul

Află!

Ampermetrul este un aparat de măsurare a intensității curentului electric prin elementul de circuit față de care se montează în serie *Figura 45*.

În experiment ai putut vedea că indiferent de locul de montare a ampermetrului în circuitul electric simplu de curent continuu, intensitatea curentului are aceeași valoare în orice punct al circuitului.

Ecranul unui ampermetru digital arată valoarea numerică a mărimi fizice măsurate.

Citirea valorii intensității curentului electric pe scala ampermetrului din experiment, numit *ampermetru analogic*, se face cu regula: $I = \frac{I_{\max}}{N_{\max}} \cdot N$, unde $I_{\max}$ – calibrul aparatului;

$N_{\max}$ – numărul maxim de diviziuni; N – numărul diviziunilor citite.

Dacă intensitatea curentului prin circuit depășește calibrul ampermetrului cu care se dorește măsurarea, acesta se poate deteriora!

Pentru a nu influența valoarea măsurată a curentului electric, ampermetrul trebuie să fie un foarte slab consumator electric, de aceea conectarea directă la bornele generatorului electric este echivalentă cu realizarea unui scurtcircuit care poate distruge atât aparatul cât și sursa!

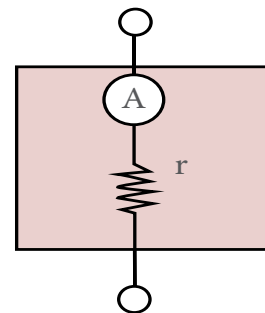


Figura 45 – Ampermetru în serie cu rezistor electric

Experiment!

Scop: măsurarea tensiunii electrice cu voltmetrul.

Materiale: baterie electrică, rezistor electric, voltmetru de c.c. cu calibrul de 5 V, întrerupător, fire conductoare.

Mod de lucru:

1. Realizează circuitul din *Figura 46* prin montarea voltmetrului la bornele rezistorului.
2. Închide circuitul din comutatorul K și urmărește acul indicator al aparatului;
3. Comută întrerupătorul pe poziția deschis, deconectează voltmetrul și remontează-l la bornele întrerupătorului.
4. Închide circuitul și citește valoarea tensiunii electrice.

Constatări: Ce tensiune electrică măsoară voltmetru dacă acul indicator este deviat exact până în dreptul diviziunii de la capătul scalei? Ce crezi că se întâmplă dacă schimbi polaritatea bornelor voltmetrului în circuit? Ce tensiune electrică este la bornele întrerupătorului închis? Ce crezi că va măsura aparatul dacă deschizi comutatorul?

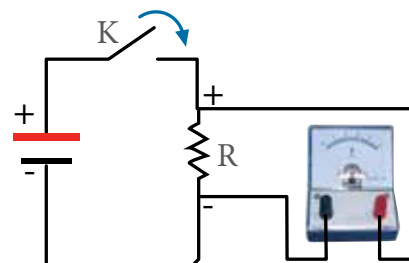


Figura 46 – Măsurarea tensiunii electrice cu voltmetrul

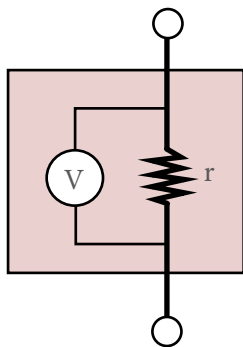


Figura 47 – Schemă montaj
voltmetru

Află!

Voltmetrul este instrumentul ce măsoară tensiunea electrică de la bornele unui element de circuit, față de care acesta se montează numai în paralel (Figura 47).

Conectarea acestuia în serie cu elementul de circuit poate deteriora aparatul!

Experimentul ți-a arătat că la bornele diferitelor elemente de circuit vei măsura diferite valori ale tensiunii electrice.

Ca și în cazul ampermetrului digital, ecranul unui voltmetru electronic arată valoarea numerică a mărimi fizice măsurate. Citirea valorii tensiunii electrice pe scala voltmetrului din experiment, numit *voltmetru analogic*, se face cu regula: $U_{\text{borne}} = \frac{U_{\text{max}}}{N_{\text{max}}} \cdot N$, unde U_{max} – calibrul aparatului; N_{max} – nr. maxim de diviziuni; N – nr. diviziunilor citite.

Dacă valoarea tensiunii electrice de la bornele elementului de circuit depășește calibrul voltmetrului cu care se dorește măsurarea, acesta se poate deteriora! Pentru a nu influența valoarea tensiunii electrice măsurate, voltmetrul trebuie să permită foarte puțin trecerea curentului electric prin el.

Măsurarea directă a mărimii fizice specifice rezistorului electric – rezistența electrică – se face cu instrumentul ce conține în denumirea sa numele unității de măsură pentru aceasta – **ohmmetru**, care se montează direct la bornele rezistorului (Figura 48).

Instrumentul de măsură directă a mărimii fizice numită putere electrică este **wattmetrul** a cărui denumire provine din numele unității de măsură pentru această mărime.

Multimetru electronic este unul dintre aparatele cele mai des utilizate în domeniul măsurărilor electrice, având funcția de măsurare multiplă a mărimilor fizice electrice, cum ar fi: rezistența electrică, tensiunea electrică, intensitatea curentului electric etc. În Figura 49 a) multimetru funcționează ca ampermetru, iar în Figura 49 b) are rol de voltmetru.

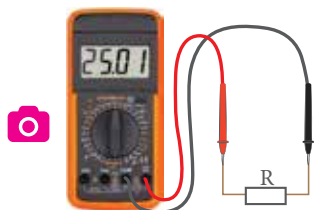


Figura 48 – Ohmmetru în circuit



Figura 49 – a) Multimetru folosit ca ampermetru

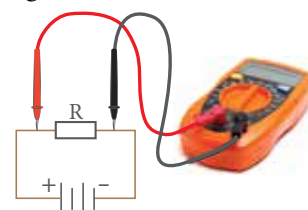


Figura 49 – b) Multimetru folosit ca voltmetru

Important!

Ampermetru este un aparat de măsurare a intensității curentului electric și se montează întotdeauna în serie cu consumatorul electric.

Voltmetru este aparat de măsură a tensiunii electrice dintre două puncte ale unui circuit și se cuplează cu bornele la acele puncte și întotdeauna în paralel cu elementul de circuit electric.

Ohmmetru este dispozitivul cu ajutorul căruia măsurăm direct rezistența electrică a unui conductor electric prin conectarea la bornele sale.

Wattmetru este dispozitivul ce ajută la măsurarea directă a mărimii fizice numită putere electrică.

Multimetru este un instrument de măsură multiplu ce se utilizează adaptat pentru tipul de mărime fizică electrică măsurată.

Aplică!

3 Ionuț a folosit un voltmetru analogic pentru a măsura tensiunea electrică la bornele unui rezistor aflat într-un circuit de curent continuu și a constatat acul indicator s-a oprit chiar la capătul scalei a cărei lungime era împărțită în 100 diviziuni egale, aparatului indicând 5 V. Apoi a înlocuit rezistorul, iar acul a indicat a 88-a diviziune. Ce calibru are aparatul? Îl poți ajuta pe Ionuț să afle valoarea tensiunii electrice la bornele celui de-al doilea rezistor?

4 **Lucrați în pereche.** Un ampermetru multiplu analogic, cu scala divizată de la 0 la 100, are următoarele calibre: 1 mA, 10 mA, 100 mA, 1 A. Completați valorile curentului electric măsurat folosind tabelul din manualul digital.

6. Tensiunea electromotoare

Ce înveți?

- Semnificația tensiunii electromotoare
- Să distingi între tensiunea electromotoare, tensiunea la borne și tensiunea internă

Cuvinte cheie

- tensiune electromotoare
- tensiune electrică la borne
- tensiune electrică internă

Din experiența ta!

- 1 Cum luminează becul din montajul prezentat în *Figura 50*, dacă este alimentat de la diferite baterii electrice? Lumina becului depinde de „cât de puternică” este bateria? De ce crezi că se întâmplă așa? S-ar putea „arde” becul sau să nu lumineze normal?

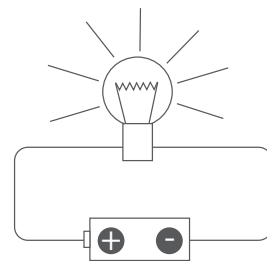


Figura 50 – Bec electric în circuit

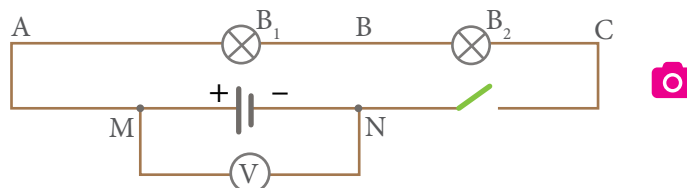


Figura 51 – Schemă electrică

Experiment! 📷

Scop: determinarea tensiunii electromotoare a unei surse de tensiune electrică.

Materiale: baterie electrică, conductori electrici, două becuri electrice diferite, voltmetru, întrerupător.

Mod de lucru:

1. Realizează circuitul conform schemei electrice din *Figura 51*, astfel încât bateria electrică să asigure funcționarea becurilor din circuit, astfel încât B_2 să lumineze mai slab decât B_1 iar becul să nu se deterioreze dacă este alimentat singur de la baterie.
2. Măsoară tensiunea între punctele M și N când întrerupătorul este pe poziția deschis, apoi în poziția închis.
3. Conectează acum voltmetrul între bornele A și B, închide întrerupătorul și înregistrează valoarea măsurată U_1 .
4. Repetă operația cu voltmetrul conectat între bornele B și C și notează valoarea obținută U_2 .
5. Înlătură becul B_1 din circuit și măsoară, din nou, tensiunile U_{MN} și U_{bec2} .

Constatări: Cum sunt una față de cealaltă cele două valori ale tensiunii electrice măsurată între punctele M și N, atunci când întrerupătorul este inițial deschis și apoi închis? Ce relație se poate observa între suma valorilor tensiunilor măsurate la bornele AB și BC ale becurilor și tensiunea, U_{MN} măsurată când întrerupătorul este închis? Ce poți să spui după compararea tensiunilor U_{MN} și U_{bec2} măsurate cu întrerupătorul deschis iar apoi închis?

Află!

Un consumator electric *funcționează normal* dacă produce efectul pe care l-a specificat fabricantul, atunci când prin el trece curent electric. O condiție de bază pentru funcționarea normală este ca generatorul electric să-i asigure la borne tensiunea electrică necesară, numită **tensiune nominală**.

Dacă tensiunea pe care o asigură bateria electrică unui bec este mai mică decât tensiunea nominală a becului, acesta poate lumina slab sau deloc, iar dacă o depășește, becul se poate „arde”.

În experimentul efectuat, tensiunea pe care ai măsurat-o când întrerupătorul era deschis (în etapele 2. și 5.), este numită **tensiune electromotoare** a sursei (denumire prescurtată **t.e.m.**), are simbolul **E** și arată capacitatea generatorului de a pune în mișcare electronii, la fel cum, să ne amintim, curentul de apă al unei cascade este mai puternic cu cât înălțimea de cădere este mai mare.

Observație! Expresia „se arde” (becul) este folosită în limbajul obișnuit pentru a exprima faptul că un consumator electric se deteriorează și își încetează funcționarea în circuitul electric. În mod asemănător, expresia „cât de puternică” (este sursa) se folosește pentru a arăta capacitatea sursei de tensiune de a produce curent electric.

T.e.m. se exprimă prin lucrul mecanic total făcut de forțele câmpului electric al sursei pentru a mișca sarcina electrică prin întreg circuitul electric $E = \frac{L_{tot}}{Q}$.

Când închizi circuitul, tensiunea măsurată între punctele M și N, este mai mică decât U_{MN} măsurată anterior, se numește **tensiunea la bornele sursei** U_b , reprezintă tensiunea dintre bornele circuitului exterior și este egală cu lucrul mecanic necesar deplasării unității de sarcină electrică $U_b = \frac{L_{ext}}{Q}$.

Ai constatat, experimental, că $U_b = U_1 + U_2$, unde $U_1 = \frac{L_1}{Q}$ este **tensiunea la bornele becului** B_1 , iar $U_2 = \frac{L_2}{Q}$ este **tensiunea la bornele becului** B_2 .

Deplasarea sarcinii electrice prin circuitul interior al sursei se realizează prin efectuarea lucrului mecanic corespunzător **tensiunii interne a sursei** $u = \frac{L_{int}}{Q}$. Deoarece lucrul mecanic total pe întregul circuit electric este $L_{tot} = L_{ext} + L_{int}$, se poate scrie $\frac{L_{tot}}{Q} = \frac{L_{ext}}{Q} + \frac{L_{int}}{Q} \Leftrightarrow E = U + u$.

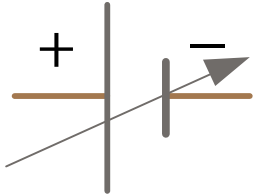


Figura 52 – Simbolul sursei de tensiune electrică variabilă

Tensiunea electromotoare este o caracteristică a generatorului electric pe care acesta o menține constantă indiferent de componentele circuitului exterior de curent continuu și se măsoară prin conectarea voltmetrului la bornele sursei separate de circuit, sau când circuitul este deschis. Dacă generatorul electric are posibilitatea de reglaj astfel încât să poată furniza diferite t.e.m. constante, se numește **sursă de tensiune electrică variabilă** și are simbolul din Figura 52.

Tensiunea la bornele sursei și tensiunile la bornele elementelor de circuit, depind de proprietățile electrice ale componentelor circuitului exterior și se măsoară cu voltmetrul conectat la fiecare consumator al circuitului electric închis.

Tensiunea internă a sursei, depinde numai de componentele circuitului interior, se calculează din relația $u = E - U$ și nu se poate măsura direct cu voltmetrul.

Tensiunea electromotoare se măsoară cu voltmetrul conectat la bornele sursei în circuit deschis.

Important!

Tensiunea electromotoare este mărimea fizică specifică generatorului electric, definită prin raportul dintre lucrul mecanic efectuat de forțele câmpului electric al sursei pentru a deplasa sarcina electrică prin întreg circuitul și valoarea acelei sarcini $E = \frac{L_{tot}}{Q}$; $\langle E \rangle_{S.I.} = V$.

Aplică!

Problemă rezolvată

2 Tensiunea la bornele unui baterii electrice este $U_b = 8,1 \text{ V}$, ce reprezintă 90% din t.e.m. a acestui generator de c.c. Știind că sarcina totală transportată de curentul electric prin circuit este $Q = 26 \text{ C}$, află:

- a) tensiunea internă a sursei; b) lucrul mecanic pentru deplasarea sarcinii electrice prin întreg circuitul.

Rezolvare:

a) Scrii relația matematică corespunzătoare informației din textul problemei:

$$U_b = 90\% \cdot E; \quad U_b = \frac{90}{100} \cdot E; \quad E = \frac{100}{90} \cdot U_b; \quad E = \frac{100 \cdot 8,1 \text{ V}}{90}; \quad E = 9 \text{ V};$$

$$u = E - U; \quad u = 9 \text{ V} - 8,1 \text{ V}; \quad u = 0,9 \text{ V}.$$

b) Ecuația de definiție a t.e.m. ce conține expresia lucrului mecanic total: $E = \frac{L_{tot}}{Q}$

$$L_{tot} = E \cdot Q; \quad L_{tot} = 9 \text{ V} \cdot 26 \text{ C}; \quad L_{tot} = 234 \text{ J}.$$

Răspuns: a) $u = 0,9 \text{ V}$; b) $L_{tot} = 234 \text{ J}$

3 Calculează lucrul mecanic efectuat pentru deplasarea unei sarcini electrice de 25 mC , dacă tensiunea aplicată la capetele conductorului este de 5 V .

4 Un generator electric cu $E = 12,1 \text{ V}$ alimentează un circuit de c.c. Cât este tensiunea la bornele sursei, dacă tensiunea internă reprezintă o zecime din aceasta?

7. Rezistența electrică

Ce înveți?

- Semnificația rezistenței electrice a rezistorului electric

Cuvinte cheie

- rezistor electric
- rezistență electrică
- rezistivitate electrică
- rezistor scurtcircuitat

Georg Simon OHM (1789 – 1854)



Fizician și matematician german. În lucrarea sa, „Die galvanische Kette, mathematisch bearbeitet” (Circuitul galvanic investigat matematic) publicată în 1827, introduce *legea conducției electrice* numită și *legea lui Ohm*. Pentru contribuția la dezvoltarea electricității, în Conferința Internațională de Electricitate de la Chicago din 1893, numele său a fost dat unității de măsură a rezistenței electrice (ohm).

Află!

Când la capetele unui conductor electric se aplică o tensiune electrică, prin el trece un curent electric a cărui intensitate depinde de materialul conductorului și de dimensiunile acestuia, deoarece aceste proprietăți influențează cât de ușor se pot deplasa electronii prin conductor într-o unitate de timp. Se spune că are proprietatea fizică de a opune o rezistență la trecerea curentului electric și astfel este denumit **rezistor electric**, iar mărimea fizică corespunzătoare acestei proprietăți se numește **rezistență electrică** și se simbolizează prin **R** sau **r**.

Observație: În limbajul tehnic, rezistorul electric este uneori numit chiar cu numele proprietății sale electrice – rezistență electrică.

Când curentul electric trece prin filamentul conductor al becului, rezistența electrică a materialului din care este făcut acesta produce o încălzire până la incandescență, iar becul emite lumină.

Rezistorii din experiment, identici ca formă și dimensiuni dar făcuți din substanțe diferite, având aceeași tensiune la borne U_{AB} , determină măsurarea unor curenți diferiți în circuit I_1 , I_2 , I_3 etc.

Observă și descoperă!

1 Ce produc dispozitivele electrice din Figura 53 când sunt parcurse de curent electric?

2 De ce crezi că luminează filamentul becului?



Figura 53 – Consumatori electrice

Experiment!

Scop: evidențierea rezistenței electrice a unui conductor.

Materiale: conductori electrice identici ca formă și dimensiuni, dar din substanțe diferite, sursă de tensiune variabilă, ampermetru, voltmetru, întrerupător.

Mod de lucru:

1. Realizează montajul circuitului din Figura 54, cuplând, pe rând, între punctele A și B diferiți conductori electrice cu aceeași tensiune la bornele sursei.
2. Măsoară cu ampermetrul intensitățile curenților ce străbat fiecare conductor și notează valorile obținute.
3. Reia operația din etapa 1 a experimentului și modifică tensiunea aplicată fiecărui conductor, astfel încât intensitatea curentului prin ei să fie aceeași.

Constatări:

Ce se întâmplă cu valoarea intensității curentului electric la schimbarea conductorilor alimentați la aceeași tensiune? Trebuie modificată tensiunea la bornele conductorilor diferiți, pentru ca intensitatea curentului să aibă aceeași valoare pentru fiecare? Calculează valorile raportului dintre tensiune și intensitate pentru fiecare conductor montat în circuit. Ce se poate spune despre valorile acestui raport? Poți defini o mărime fizică specifică conductorului cu ajutorul acestui raport?

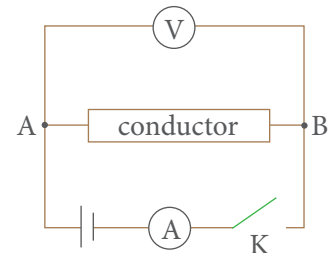


Figura 54 – Circuit electric

Se observă că **raportul dintre tensiunea la borne și intensitatea curentului electric** prin conductori arată un comportament specific în circuit pentru fiecare rezistor parcurs de curentul electric, exprimat prin **rezistența lor electrică**: $R_1 = \frac{U_{AB}}{I_1} \neq R_2 = \frac{U_{AB}}{I_2} \neq R_3 = \frac{U_{AB}}{I_3}$ etc. Unitatea de măsură în S.I. pentru rezistența electrică este derivată din unitățile de măsură în S.I. ale tensiunii și intensității electrice, se numește **ohm** și are simbolul literei grecești omega de tipar: $\langle R \rangle_{S.I.} = \frac{\langle U \rangle_{S.I.}}{\langle I \rangle_{S.I.}} = \frac{V}{A} = \Omega$

Rezistența electrică a unui conductor metalic liniar depinde de dimensiunile rezistorului prin lungime (l) și aria secțiunii transversale a firului conductor electric (S), iar de tipul de material prin mărimea fizică numită **rezistivitate electrică** (ρ): $R = \rho \frac{l}{S}$

Rezistivitatea electrică este mărimea fizică care arată comportamentul tipul de material (considerat omogen) al rezistorului sub acțiunea curentului electric continuu și este dependentă de temperatura conductorului electric.

Din expresia matematică a rezistenței electrice, rezultă $\rho = \frac{RS}{l}$. Unitatea de măsură în S.I. $\langle \rho \rangle_{S.I.} = \Omega m$.

Un rezistor cu rezistența electrică variabilă în funcție de lungime se numește **reostat** și are reprezentarea grafică din Figura 55. Dacă se conectează între ele bornele unui rezistor din circuitul electric, se spune că **rezistorul este scurtcircuitat**, iar prin el nu mai circulă curent electric (Figura 56).

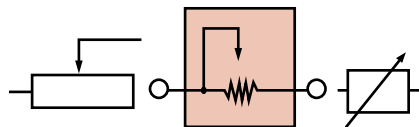


Figura 55 – Simboluri – reostat

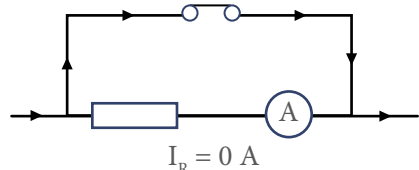


Figura 56 – Rezistor scurtcircuitat

Circuitul interior al unui generator electric, sau al unui aparat de măsură electric se caracterizează printr-o **rezistență electrică internă** (r), a cărei ecuație de definiție este $r = \frac{u}{I}$, unde I este intensitatea curentului electric constant ce trece prin sursă.

Sursa ideală de tensiune electrică are rezistența internă zero ($r = 0 \Omega$), nu pierde energie în interior și furnizează o tensiune constantă la borne, indiferent de curentul din circuit.

Generatorul electric real este caracterizat de $r \neq 0 \Omega$ și $u \neq 0V$.

În mod asemănător, aparatele de măsură electrice sunt considerate ideale dacă nu influențează valoarea mărimii fizice măsurate.

Ampermetrul ideal are $r_A = 0 \Omega$ și tensiunea la bornele sale este nulă $U_A = 0V$.

Voltmetrul ideal are o valoare a rezistenței interne care tinde spre infinit și tensiunea electrică la bornele sale este egală cu tensiunea la bornele rezistorului conectat în paralel cu voltmetrul.

Rezistența electrică se poate determina cu ohmetrul.

Important!

Rezistența electrică (R) este mărimea fizică scalară egală cu raportul dintre tensiunea la bornele rezistorului și intensitatea curentului electric continuu care îl parcurge $R = \frac{U}{I}$. Rezistența electrică depinde de **caracteristicile constructive** (l , S) și **tipul de material** (ρ) al conductorului electric: $R = \rho \frac{l}{S}$ $\langle R \rangle_{S.I.} = \Omega$ $\langle \rho \rangle_{S.I.} = \Omega m$

1 Ω (ohm) este rezistența electrică a unui rezistor cu tensiunea la borne de 1 V prin care trece un curent electric continuu de 1 A.

Aplică!

3 Calculează tensiunea de la capetele unui conductor cu rezistența electrică de 2 k Ω , dacă ampermetrul înseriat cu el indică 1 000 mA.

4 Află intensitatea curentului electric continuu ce trece prin firul cilindric din cupru al unui motor electric, cu lungimea $l = 100$ m și aria secțiunii transversale $S = 3,4 \cdot 10^{-8} m^2$, dacă la capetele lui se aplică o tensiune electrică $U = 2$ V. Rezistivitatea cuprului la temperatura de 20 $^{\circ}C$ este $\rho_{Cu} = 1,7 \cdot 10^{-8} \Omega m$.

5 Două rezistoare liniare cilindrice din același material au raportul razelor secțiunilor transversale $\frac{r_1}{r_2} = 5$, egal cu cel al lungimilor lor. Află raportul rezistențelor electrice $\frac{R_1}{R_2}$.

Portofoliu

6 Realizează un eseu cu tema: **Supraconductibilitatea.**

8. Legea lui Ohm pentru o porțiune de circuit

Ce înveți?

- Ce reprezintă și cum se aplică legea lui Ohm unei porțiuni de circuit electric

Cuvinte cheie

- porțiune de circuit
- rezistor ohmic
- caracteristica curent-tensiune
- rezistor scurtcircuitat

Observă și descoperă!

- 1 De ce becurile electrice identice din *Figura 57 a)*, poziționate în circuitul electric unul în continuarea celuilalt, luminează la fel?
- 2 De ce becul din *Figura 57 b)* alimentat la aceeași tensiune electrică ca cele din *Figura 57 a)* produce mai multă lumină?

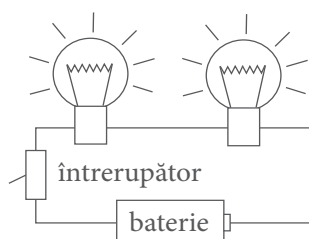


Figura 57 – a) Circuit cu două becuri

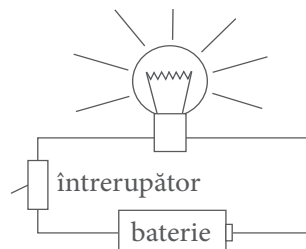


Figura 57 – b) Circuit cu un bec

Experiment!

Scop: stabilirea relației de legătură dintre tensiunea aplicată la capetele unui rezistor și intensitatea curentului electric prin el.

Materiale: generator electric de tensiune variabilă, ampermetru, voltmetru, fir conductor metalic subțire izolat electric, cu lungimea de 1 m, înfășurat pe un suport cilindric.

Mod de lucru:

1. Realizează circuitul din *Figura 58*, iar între bornele A și B introdu conductorul spiralat.
2. Măsoară cu ampermetrul intensitatea curentului pentru diferite valori ale tensiunii (între 2 V și 6 V) pe care o arată voltmetrul la capetele firului conductor.
3. Înregistrează într-un tabel asemănător cu *Tabelul 3* valorile tensiunii și intensității electrice măsurate.

Tabelul 3 – Înregistrare și prelucrare date experimentale

Nr.	U (V)	I (A)	$\frac{U}{I} \left(\frac{V}{A} \right)$
-----	-------	-------	--

Constatări:

Ce se întâmplă cu intensitatea curentului electric dacă se mărește tensiunea la capetele pe conductorului? Ce observi despre valoarea raportului $\frac{U}{I}$ la modificarea tensiunii electromotoare a sursei?

Află!

Pentru diferite t.e.m. ale generatorului electric din experiment, acesta asigură de fiecare dată o tensiune electrică diferită, dar constantă, la bornele rezistorului alimentat cu curent continuu.

Oricărei tensiuni măsurate de voltmetru îi corespunde o astfel de valoare a intensității curentului arătate de ampermetru, astfel încât raportul $\frac{U}{I}$ rămâne constant.

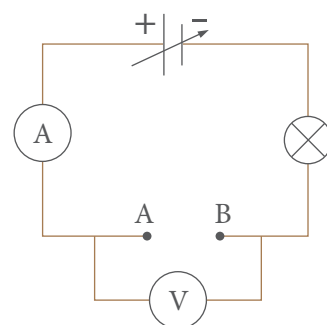


Figura 58 – Circuit electric

Prin definiție, raportul este rezistența electrică a conductorului $\frac{U}{I} = R$, astfel că pentru un conductor electric metalic menținut la o temperatură constantă, aceasta reprezintă o constantă $R = ct. \Leftrightarrow \frac{1}{R} = ct.$, deci $I = \frac{1}{R} \cdot U \Rightarrow I \sim U$, intensitatea curentului este direct proporțională cu tensiunea aplicată la capetele conductorului, având ca factor de proporționalitate constanta $\frac{1}{R}$.

Dacă se reia experimentul cu alte conductoare electrice inserate în circuit, valoarea raportului $\frac{U}{I}$ va fi alta, dar constantă pentru fiecare rezistor în parte, astfel că relația $I = \frac{1}{R} \cdot U$ poate avea următoarea interpretare: Intensitatea curentului electric care parcurge un conductor este direct proporțională cu tensiunea aplicată la capetele acestuia și invers proporțională cu rezistența electrică a acestuia.

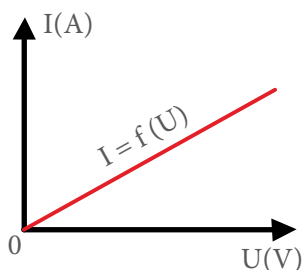


Figura 59 – Caracteristica curent-tensiune

Această legătură dintre cele trei mărimi fizice electrice (I , U și R) corespunzătoare **porțiunii cuprinse între două puncte date ale circuitului electric** a fost descoperită experimental de către Georg Simon Ohm și denumită **legea lui Ohm** (numită și **legea conducției electrice**) pentru o porțiune de circuit.

Prin folosirea datelor experimentale obținute, relația de corespondență dintre I și U se poate reprezenta sub forma unui grafic $I = f(U)$ numit **caracteristica curent-tensiune** a rezistorului respectiv.

În cazul unui conductor cu rezistență electrică constantă, se respectă legea lui Ohm, astfel elementul de circuit se numește **conductor ohmic** iar graficul are forma unei drepte care trece prin origine (Figura 59).

Important!

Legea lui Ohm pentru o porțiune de circuit:

Intensitatea curentului electric care parcurge o porțiune de circuit este direct proporțională cu tensiunea la capetele conductorului electric de pe acea porțiune și invers proporțională cu rezistența electrică a acestuia.

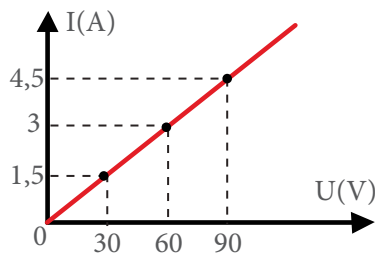


Figura 60 – Caracteristică curent-tensiune

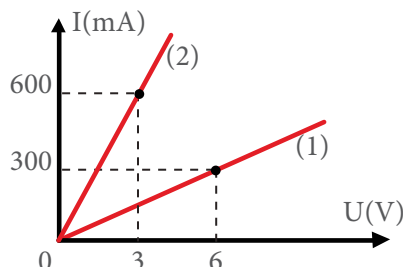


Figura 61 – Caracteristici curent-tensiune

Aplică!

3 Ce curent electric continuu trece printr-un rezistor ohmic cu rezistența electrică de $1,5 \text{ k}\Omega$, la bornele căruia este o tensiune electrică de 9 V ? Ce tensiune trebuie aibă la borne același rezistor pentru ca intensitatea curentului electric prin el să fie de 12 mA ?

4 Pentru a construi un reșou electric, alimentat la tensiunea de 220 V , este necesar un fir metalic cu rezistivitate electrică mare confecționat din nichelină, cu rezistența electrică a unității de lungime de $9,4 \frac{\Omega}{\text{m}}$. Dacă în timpul funcționării reșoului, intensitatea curentului electric prin rezistor este de 9 A , află ce lungime trebuie să aibă firul.

5 Calculează rezistența electrică a rezistorului ohmic a cărui caracteristică curent-tensiune este reprezentată în Figura 60.

6 Ce relație este între rezistențele electrice R_1 și R_2 ale căror caracteristici curent-tensiune sunt reprezentate în Figura 61?

9. Legea lui Ohm pentru un circuit întreg

Ce înveți?

- Aplicarea legii lui Ohm pentru întreg circuitul electric

Cuvinte cheie

- rezistența totală a circuitului
- cădere de tensiune
- funcționare în: sarcină, scurtcircuit, gol

Din experiența ta!

- 1 Ce asemănări găsești între componenta și funcționarea unui restaurant cu autoservire (Figura 62) și cele ale unui circuit electric?



Figura 62 – Restaurant cu autoservire

Experiment!

Scop: stabilirea relației de legătură între t.e.m. a unei surse, intensitatea curentului electric, rezistența externă și rezistența internă într-un circuit electric simplu de c.c.

Materiale: baterie electrică, rezistor cu rezistența electrică cunoscută, ampermetru, voltmetru, întrerupător, fire conductoare de legătură.

Mod de lucru:

1. Realizează circuitul din Figura 63.
2. Măsoară t.e.m. a bateriei (E), având întrerupătorul K – deschis.
3. Închide circuitul. Măsoară tensiunea la bornele sursei și intensitatea curentului prin circuit.
4. Înregistrează valorile tensiunilor și intensității măsurate.

Constatări:

Poți determina tensiunea internă și apoi rezistența internă a sursei? Găsești o relație de legătură între E , I , R și r ?

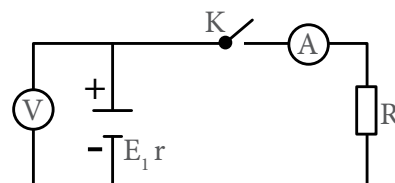


Figura 63 – Circuit electric

Află!

Funcționarea unui circuit electric simplu poate fi comparată cu cea a unui restaurant în care rolurile ar fi:
 Q – mâncarea preparată la bucătărie; E – capacitatea de a trimite mâncarea în tot circuitul restaurantului;
 r – pofta bucătarilor de a gusta mâncare; R – pofta de mâncare a clienților; U – capacitatea de consum a clienților;
 u – capacitatea bucătarilor de a gusta mâncarea pe care o prepară; I – cantitatea de mâncare care circulă de la bucătărie la clienți în unitatea de timp.

Cu ajutorul acestor comparații, este mai ușor de înțeles relația deja cunoscută între tensiunea electromotoare, tensiunea la bornele sursei și tensiunea internă a acesteia pentru un circuit de curent electric simplu, asemănător celui din experimentul propus: $E = U + u$. Se observă că din tensiunea electrică corespunzătoare întregului circuit (E), o parte se repartizează circuitului exterior față de sursă și se numește **cădere de tensiune pe rezistor** (U), iar altă parte revine circuitului interior al sursei și poartă numele de **cădere de tensiune pe sursă** (u). Această relație se împarte membru cu membru la intensitatea curentului electric I , pentru a obține expresiile rezistențelor electrice externă și internă, conform ecuațiilor de definiție cunoscute ($R = \frac{U}{I}$ și $r = \frac{u}{I}$).

Astfel se obține: $\frac{E}{I} = \frac{U}{I} + \frac{u}{I} \Leftrightarrow \frac{E}{I} = R + r \Rightarrow I = \frac{E}{R + r} \Leftrightarrow I = \frac{E}{R_t}$, unde $R_t = R + r$ reprezintă **rezistența totală a circuitului**.

Relația matematică $I = \frac{E}{R_t}$ o poți interpreta astfel: intensitatea curentului printr-un circuit electric simplu este direct proporțională cu t.e.m a generatorului electric și invers proporțională cu rezistența totală a circuitului și reprezintă expresia **legii lui Ohm pentru întreg circuitul**.

Prin aplicarea legii lui Ohm și în funcție de valoarea rezistenței electrice a rezistorului ohmic (R), conectat la bornele unui generator cu rezistența internă (r), circuitul electric de c.c. poate avea următoarele moduri de funcționare:

1. Funcționare în sarcină

Un circuit electric funcționează în sarcină dacă rezistența externă nu este zero și nu tinde la infinit $0 < R < \infty$, iar intensitatea curentului electric prin rezistor este cuprinsă între zero și valoarea de scurtcircuit $0 < I < I_{sc}$.

2. Funcționare în scurtcircuit

Dacă bornele unei surse se leagă printr-un conductor de rezistență neglijabilă ($R = 0 \Omega$) se spune că sursa este scurtcircuitată. Intensitatea curentului devine maximă prin circuitul a cărui tensiune de alimentare este E , iar rezistența electrică este r : $I_{sc} = \frac{E}{r}$.

3. Funcționarea „în gol”

Un circuit electric deschis se comportă ca și cum rezistența electrică a circuitului exterior a devenit infinită. Dacă, în acest caz, la generatorul electric se montează un voltmetru, tensiunea la bornele sursei este egală cu tensiunea electromotoare a generatorului, atunci se spune sursa funcționează în gol și conform legii lui Ohm, intensitatea curentului prin circuit devine zero: $R = 0 \Omega \implies I_{gol} = 0 \text{ A}$.

Important!

Legea lui Ohm pentru un circuit întreg:

Intensitatea curentului electric printr-un circuit electric simplu este direct proporțională cu t.e.m. a generatorului și invers proporțională cu rezistența totală a circuitului $I = \frac{E}{R + r}$.

Aplică!

2 Ce mărimi fizice electrice indică ampermetrul și voltmetrul montate în circuitul electric din *Figura 64* pentru următoarele poziții ale întrerupătoarelor K și K_1 :

- | | |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| a) K – deschis și K_1 – deschis; | c) K – închis și K_1 – deschis; |
| b) K – deschis și K_1 – închis; | d) K – închis și K_1 – închis. |

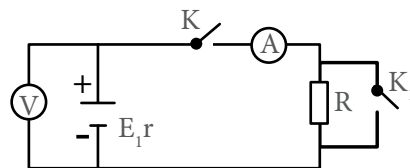


Figura 64 – Circuit electric

3 O sursă de c.c. cu t.e.m. $E = 3 \text{ V}$ și alimentează un bec cu tensiunea nominală de $2,8 \text{ V}$ rezistența electrică $R = 9 \Omega$. Considerând că se neglijează rezistența electrică totală a conductorilor de legătură din circuit, calculează rezistența internă a sursei.

4 Un rezistor cu rezistența $R = 40 \Omega$ este legat la o sursă cu $E = 5 \text{ V}$. Tensiunea pe rezistor este $U = 4 \text{ V}$. Determină: a) intensitatea de scurtcircuit; b) raportul I_{sc}/I .

5 Ce rezistență electrică are un conductor ohmic, care este parcurs de același curent electric, atât dacă este alimentat de la un generator cu $E_1 = 15 \text{ V}$ și $r_1 = 0,15 \Omega$, cât și de la o sursă de tensiune electrică cu $E_2 = 16 \text{ V}$ și $r_2 = 0,26 \Omega$?

6 Curentul de scurtcircuit al unui acumulator este $I = 30 \text{ A}$. Dacă se conectează la bornele acumulatorului un rezistor cu rezistența $R = 2 \Omega$, intensitatea curentului prin circuit va fi de 5 A . Care este valoarea rezistenței interne a acumulatorului?

7 O baterie electrică cu $E = 20 \text{ V}$ și rezistența internă $r = 1 \Omega$ alimentează un circuit exterior a cărui rezistență este $R = 4 \Omega$. Să se afle:

- | | |
|---|---|
| a) intensitatea curentului electric din circuitul intern; | b) tensiunea la bornele sursei; |
| c) tensiunea internă a sursei; | d) intensitatea curentului de scurtcircuit. |

10. Gruparea rezistoarelor

Ce înveți?

- Cum influențează conectarea rezistoarelor funcționarea circuitului electric

Cuvinte cheie

- grupare de rezistoare: serie, paralel și mixtă
- consumator electric supratensionat sau subtensionat
- rezistență electrică echivalentă
- divizor de tensiune electrică
- divizor de curent electric

Din experiența ta!

- 1 Mai funcționează becurile din circuitul electric al unei lustre, dacă unul dintre ele s-a ars? (Figura 65)
- 2 Cum explici faptul că becurile din instalația electrică pentru pomul de Crăciun se aprind pe grupe? Dacă un bec se arde, instalația mai funcționează? (Figura 66)
- 3 Te-ai întrebat cum sunt conectate prizele electrice din locuința ta, astfel încât să poată fi alimentați, în același timp, mai mulți consumatori electrice cu aceeași tensiune nominală? (Figura 67)



Figura 65 – Lustră



Figura 66 – Instalație pom de Crăciun



Figura 67 – Prize electrice

Experiment!

Scop: determinarea rezistenței echivalente a unei grupări de rezistoare conectate în serie într-un circuit de curent electric continuu.

Materiale: baterie electrică cu $E = U_{n1} + U_{n2}$, două becuri electrice B_1 și B_2 , un ampermetru, trei voltmetre, un întrerupător, conductori de legătură.

Mod de lucru:

1. Realizează circuitul electric din Figura 68.
2. Comută întrerupătorul K pe poziția închis. Înregistrează într-un tabel de date (Tabelul 4) valorile mărimilor fizice măsurate cu ampermetrul și voltmetrele din circuit.
3. Măsoară intensitatea curentului din circuit cu ampermetru montat atât de o parte și de cealaltă a grupării serie, cât și între cele două becuri.
3. Scurtcircuitează becul B_2 , prin legarea unui fir conductor la bornele lui și notează valorile mărimilor fizice electrice măsurate în circuit.
4. Înlătură conductorul de scurtcircuitare, apoi deconectează bornele circuitului de la cele ale becului B_2 . Consemnează într-un tabel asemănător cu Tabelul 4 valorile mărimilor fizice electrice măsurate.

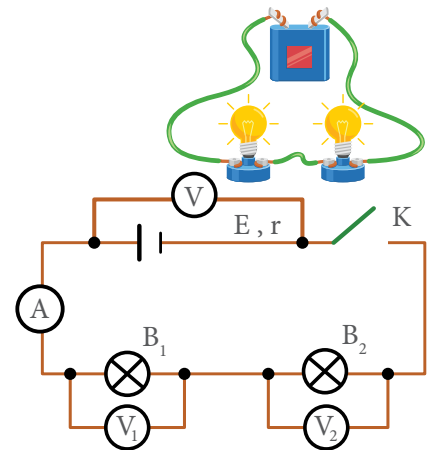


Figura 68 – Circuit electric

Constatări:

Cum luminează cele două becuri la închiderea circuitului? Ce relație de legătură se poate stabili între valorile tensiunilor electrice măsurate de cele trei voltmetre în fiecare din etapele experimentului? Cum luminează becurile în etapele 3 și 4 ale experimentului față de situația din etapa 1? Ce poți spune despre intensitatea curentului electric prin elementele de circuit grupate în serie?

Tabelul 4 – Înregistrare și prelucrare date experimentale

Nr.	I (A)	U_1 (V)	U_2 (V)	U (V)	$R_1 = \frac{U_1}{I} (\Omega)$	$R_2 = \frac{U_2}{I} (\Omega)$	$R_s = \frac{U_b}{I} (\Omega)$
-----	-------	-----------	-----------	-------	--------------------------------	--------------------------------	--------------------------------

Află!

Majoritatea rezistoarelor electrice componente ale diferitelor tipuri de circuite (exemplu: instalații electrice de iluminat public, circuite electrice ale aparatelor electronice sau electrocasnice etc.) sunt conectate sub forma a trei tipuri de grupări:

- **grupare serie** – rezistorii se conectează unul în continuarea celuilalt pe traseul circuitului;
- **grupare paralel** – rezistorii au bornele cuplate astfel încât se găsesc pe trasee ale circuitului paralele între ele;
- **grupare mixtă** – același circuit electric conține atât grupări serie cât și paralel de rezistori.

Experimentul anterior îți poate confirma că, dacă unul din becuri se arde, acesta joacă rol de întrerupător deschis pentru porțiunea de circuit ce conține gruparea serie. Dacă unui consumator electric i se aplică o tensiune electrică mai mare decât cea nominală se spune că este **supratensionat**, iar dacă tensiunea de la borne este sub cea nominală consumatorul este **subtensionat**. În ambele cazuri, acesta nu funcționează normal!

Comparând valorile înregistrate de cele trei voltmetre constatăm că tensiunea la bornele sursei, măsurată de voltmetrul V , este egală cu suma tensiunilor măsurate de voltmetrele V_1 și V_2 , adică $U_b = U_1 + U_2$.

Prin aplicarea legii lui Ohm pentru fiecare porțiune de circuit, se poate scrie:

$$U_b = R \cdot I; \quad U_1 = R_1 \cdot I \text{ și } U_2 = R_2 \cdot I$$

$$\text{Se obține: } R_s \cdot I = R_1 \cdot I + R_2 \cdot I \Leftrightarrow R_s \cdot I = (R_1 + R_2) \cdot I \Rightarrow R_s = R_1 + R_2$$

R_s se numește **rezistența electrică echivalentă** a grupării serie și reprezintă rezistența care poate înlocui în circuit gruparea rezistoarelor legate în serie, astfel încât funcționarea circuitului electric să nu se modifice.

Experimentul a arătat că **intensitatea curentului electric are aceeași valoare prin fiecare rezistor al grupării serie**.

Prin generalizare pentru n rezistoare cu rezistențele electrice $R_1, R_2, \dots, R_n$, grupate în serie, se obține o rezistență echivalentă $R_s = R_1 + R_2 + \dots + R_n$.

Deoarece, tot prin generalizare, tensiunea la bornele grupării $U = U_1 + U_2 + \dots + U_n$ pentru o serie de n rezistoare este egală cu suma căderilor de tensiune pe fiecare rezistor al grupării se spune că gruparea serie reprezintă un **divizor de tensiune electrică**.

Experiment!

Scop: determinarea rezistenței echivalente a unei grupări de rezistoare conectate în paralel într-un circuit de curent electric continuu.

Materiale: baterie electrică cu două becuri identice, trei ampermetre, un voltmetru, un întrerupător, fire conductoare de legătură.

Mod de lucru:

1. Realizează un circuit electric în care cele două becuri să fie montate în paralel (Figura 69).
2. Închide circuitul prin comutarea întrerupătorului K . Înregistrează într-un tabel de date (Tabelul 5) valorile mărimilor fizice măsurate cu ampermetrele și voltmetrul din circuit.
3. Scoate din circuit becul B_2 și notează valorile mărimilor fizice electrice măsurate în circuit.
4. Cuplează, pentru foarte scurt timp, punctele C și D ale circuitului printr-un fir metalic.

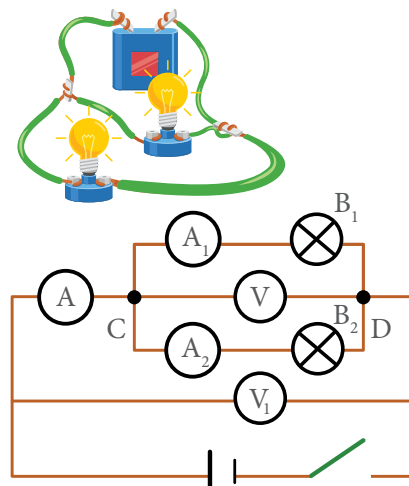


Figura 69 – Circuit electric

Tabelul 5 – Înregistrare și prelucrare date experimentale

Nr.	I (A)	I_1 (A)	I_2 (A)	U_1 (V)	U_2 (V)	U_b (V)	$R_1 = \frac{U_1}{I}$ (Ω)	$R_2 = \frac{U_2}{I_1}$ (Ω)	$R_p = \frac{U_b}{I_2}$ (Ω)
-----	---------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------

Constatări: Cum luminează cele două becuri la închiderea circuitului? Ce relație se observă între valoarea măsurată a tensiunii electrice de la bornele fiecărui bec și cea de la bornele sursei? Ce relație de legătură se poate stabili între intensitățile curenților electrice măsurate de cele trei ampermetre? Cum luminează becul B_1 rămas în circuit, după înlăturarea becului B_2 ?

Află!

Iluminatul public stradal și instalațiile electrice de lumină din casele noastre au becurile conectate în paralel. De asemenea prizele la care se alimentează aparatele electrocasnice sunt legate în paralel. Din experimentul efectuat ai putut constata că în cazul grupării paralele a becurilor identice, pentru care se asigură la borne tensiunea nominală, aceste elemente de circuit funcționează normal, adică produc lumină corect și identic. Ai observat, experimental, că întreruperea funcționării unuia dintre becurile grupării paralele, nu afectează funcționarea celorlalte becuri, ceea ce, în sistemul de iluminat casnic sau public, reprezintă o condiție importantă pentru asigurarea continuității iluminării.

Scurtcircuitarea unui bec din gruparea paralel printr-un fir metalic între C și D, scurtcircuitază întreaga grupare, generatorul electric funcționând în scurtcircuit.

Din analiza datelor obținute experimental se constată că: $U_b = U_1 = U_2$ și $I = I_1 + I_2$.

Prin aplicare legii lui Ohm pentru fiecare porțiune de circuit, se poate scrie:

$$I = \frac{U_b}{R_p}; I_1 = \frac{U_b}{R_1}; I_2 = \frac{U_b}{R_2} \Rightarrow \frac{U_b}{R} = \frac{U_b}{R_1} + \frac{U_b}{R_2} \Rightarrow \frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}.$$

R_p se numește **rezistența electrică echivalentă** a grupării paralele și reprezintă rezistența unui rezistor care poate înlocui în circuit gruparea rezistoarelor legate în paralel, astfel încât funcționarea circuitului electric să nu se modifice.

Pentru aceeași tensiune de alimentare, trece același curent electric atât prin gruparea paralel de rezistoare, cât și printr-un rezistor cu rezistența electrică echivalentă paralel.

Experimentul a arătat că **tensiunea electrică are aceeași valoare la bornele fiecărui rezistor al grupării paralele**.

Prin generalizare, pentru n rezistoare cu rezistențele electrice $R_1, R_2, \dots, R_n$, grupate în paralel, se obține o rezistență echivalentă $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$.

Deoarece, tot prin generalizare, intensitatea curentului la bornele grupării paralele de n rezistoare este egală cu suma intensităților curentilor ce trec pe fiecare rezistor al grupării se spune că gruparea paralel reprezintă un **divizor de curent electric** $I = I_1 + I_2 + \dots + I_n$.

Important!

Un rezistor este echivalent cu o grupare de rezistoare dacă, montat între aceleași două puncte ale circuitului ca și gruparea, va fi străbătut de același curent electric atunci când tensiunea aplicată la borne este aceeași.

Rezistența electrică echivalentă serie (R_s) a unei grupări de rezistori înseriați este egală cu suma rezistențelor electrice ale rezistorilor $R_s = R_1 + R_2 + \dots + R_n$. **Inversul rezistenței echivalente paralel** ($\frac{1}{R_p}$) a unei grupări paralele de rezistoare este egal cu suma inverselor rezistențelor electrice ale rezistoarelor $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$.

Aplică!

4 Să se afle rezistența echivalentă a grupării mixte de rezistoare din Figura 70, iar apoi pentru gruparea din Figura 71, în care $R_1 = R_2 = 6 \Omega$ și $R_3 = 3 \Omega$.

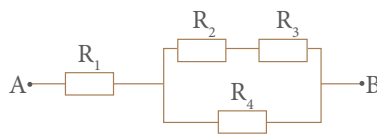


Figura 70 – Grupare mixtă de rezistoare

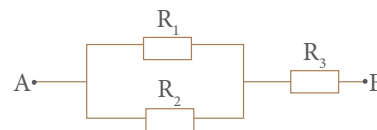


Figura 71 – Grupare mixtă de rezistoare

5 Calculează rezistența echivalentă a grupărilor din Figurile 72, 73 și 74, dacă:

$R = 16 \Omega$; $R_1 = 1 \Omega$; $R_2 = 2 \Omega$; $R_3 = 3 \Omega$; $R_4 = 4 \Omega$; $R_5 = 5 \Omega$; $R_6 = 6 \Omega$.

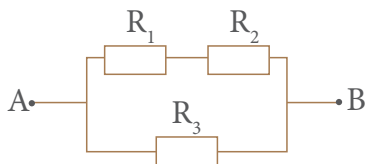


Figura 72 – Grupare mixtă de rezistoare

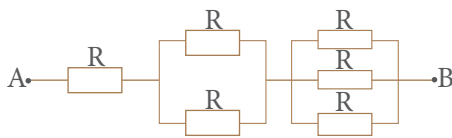


Figura 73 – Grupare mixtă de rezistoare

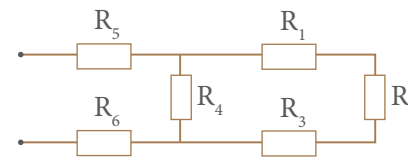


Figura 74 – Grupare mixtă de rezistoare

11. Extindere: Teoremele lui Kirchhoff

Ce înveți?

- Legile funcționării circuitului electric ramificat

Cuvinte cheie

- circuit electric ramificat (rețea electrică)
- nod de rețea
- ramură de rețea
- ochi de rețea
- rezolvarea circuitului electric ramificat



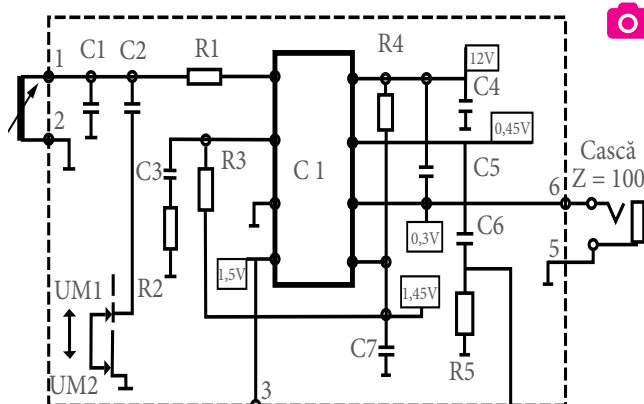
Figura 75 – Roboți



Figura 76 – Aparat radio și schema circuitului său electric

Observă și descoperă!

1 În componența roboților (Figura 75) sau aparatelor radio (Figura 76) ar putea fi doar circuite electrice simple? În descrierea funcționării acestor circuite ar fi suficientă aplicarea legii lui Ohm pentru circuitul simplu de curent electric continuu?



Gustav Robert KIRCHHOFF (1824 – 1887)



Fizician, matematician și chimist german, a descoperit legile care îi poartă numele în domeniul circuitelor electrice. Împreună cu Robert Bunsen a descoperit elementele chimice cesiu (1860) și rubidiu (1861) și a inventat spectroscopul, cu ajutorul căruia cei doi savanți au reușit să descopere compoziția chimică a Soarelui (1865). A analizat fenomenele de radiație termică și a formulat legi fizice importante în acest domeniu.

Află!

Majoritatea instalațiilor și aparatelor electrice, casnice sau industriale, conțin circuite în care curentul electric se distribuie pe mai multe trasee, la fel cum fluidul dintr-o instalație de apă își împarte curgerea din conducta principală spre conductele secundare către diferiți consumatori. Față de circuitul electric simplu, în care un singur curent străbatea toate elementele de circuit, un circuit cu ramificații (numit *circuit complex*, *circuit ramificat* sau *rețea electrică*), va fi parcurs de curenți cu intensități diferite pe traseele de ramificație.

Elementele componente ale unei rețele electrice, ce pot fi identificate în Figura 77, sunt:

a) nod de rețea – locul în care se intersectează cel puțin trei conductori (B, F, H, P).

b) ramură (latură) de rețea – porțiunea de circuit cuprinsă între două noduri succesive (BCDE, FGH, HIJAB, FR₁P, HR₃P, PR₂B).

c) ochi de rețea – porțiunea de circuit formată din ramuri succesive care constituie un contur închis ce nu conține vreo ramificație (BCDFPB, FGHPE, HIJABPH).

Denumirile elementelor rețelei electrice se realizează din literele corespunzătoare punctelor marcate pe circuit. Pentru ramurile sau ochiurile de rețea, scrierea denumirii începe cu litera corespunzătoare unui nod oarecare și se continuă cu celelalte litere (se pot insera și simbolurile

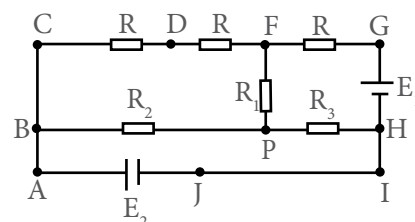


Figura 77 – Schemă rețea electrică

grafice ale elementelor de circuit conținute), în ordinea parcurgerii imaginare a porțiunii circuit de către un curent electric continuu.

Se poate observa că denumirea ochiului de rețea începe și se termină cu simbolul de identificare a aceluiași nod de rețea.

Porțiunea de circuit ramificat care cuprinde generatorul electric, până la primele noduri de ramificație se numește **circuit principal al sursei**.

Relațiile matematice dintre mărimile fizice electrice care caracterizează funcționarea unei rețele de curent electric continuu sunt denumite după numele fizicianului care le-a descoperit, **legile lui Kirchhoff**.

Observă și descoperă!

2 Identifică elementele componente ale circuitului ramificat reprezentat schematic în *Figura 78* și circuitele electrice principale ale celor două surse de tensiune componente.

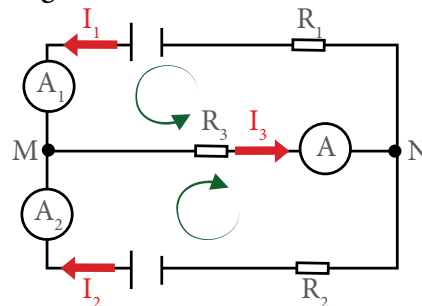


Figura 78 – Circuit electric ramificat

Experiment!

Scop: determinarea relației dintre intensitățile curenților electrici dintr-un circuit electric de c.c. ramificat.

Materiale: 2 baterii electrice, 3 rezistori diferiți, 3 ampermetre, fire conductoare de legătură.

Mod de lucru:

1. Realizează montajul circuitului conform schemei din *Figura 78*.
2. Citește valorile intensității curentului electric indicate de cele 3 ampermetre și înregistrează-le într-un tabel de date asemănător cu *Tabelul 6*.
3. Conectează fiecare ampermetru în poziții diferite ale fiecărei laturi a rețelei și compară valorile curenților măsurați.

Constatări:

Ce poți spune despre curentul electric care trece prin fiecare din elementele de circuit ale unei ramuri de rețea? Ce relație matematică ai găsit între intensitățile curenților electrici de pe cele trei ramuri de rețea?

Tabelul 6 – Înregistrare și prelucrare date experimentale

Nr.	I_1 (A)	I_2 (A)	I_3 (A)	$(I_1 + I_2)$ (A)
-----	-----------	-----------	-----------	-------------------

Află!

Din experiment ai putut observa că intensitatea curentului electric este constantă de-a lungul unei ramuri de rețea, dar diferă de la o ramură la alta.

Urmărind sensurile și valorile curenților de pe schema circuitului:

- pentru fiecare nod de rețea, unii curenți *intră*, iar alții *ies* din nod (nod M: I_1 și I_2 – intră, iar I_3 iese; nod N: I_3 – intră, iar I_1 și I_2 ies);

- suma curenților care se întâlnesc în nod, este egală cu suma curenților care părăsesc nodul – **Legea I a lui Kirchhoff** (numită și **legea nodului de rețea**).

Se observă că pentru cele două noduri ale circuitului ramificat din experiment, prin aplicarea acestei legi, se obține practic o singură ecuație între curenții electrici (nod M: $I_1 + I_2 = I_3$; nod N: $I_3 = I_1 + I_2$).

Prin generalizare: *pentru n noduri de rețea se obțin n – 1 ecuații independente*.

În locul bifurcației unei conducte al instalației de apă, considerat nod al rețelei, este evident că debitul de lichid din conducta principală se regăsește ca suma debitelor din conductele de ramificare a acesteia. Prin comparație, sarcina electrică transportată de către curenții care intră în nodul rețelei electrice, este egală cu cea a curenților care ies din nod și se poate spune că *la nivelul unui nod de rețea sarcina electrică se conservă*.

Pe fiecare ochi de rețea, relația dintre tensiunile electrice, intensitățile curenților și rezistențele electrice, este consecința conservării energiei electrice la nivelul ochiului și constituie **legea II a lui Kirchhoff** (numită și **legea ochiului de rețea**) – suma algebrică a tensiunilor electromotoare este egală cu suma algebrică a căderilor de tensiune pe toate elementele de circuit ale ochiului de rețea.

Legea ochiului unei rețele cu n noduri și l laturi oferă $l - (n - 1)$ ecuații independente.

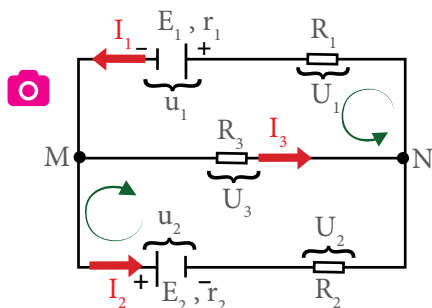
Legea nodului și legea ochiului, aplicate rețelei electrice, oferă un număr total de ecuații independente egal cu numărul laturilor circuitului, cu ajutorul cărora se **rezolvă circuitele electrice ramificate** de curent continuu. Această formulare este expresia folosită, de regulă, pentru următoarea problemă:

Se cunosc:

- t.e.m. ale generatoarelor electrice
- rezistențele electrice interne și externe

Se determină:

- sensurile curenților electrici prin circuit
- intensitățile curenților electrici



Etapile rezolvării unei rețele electrice prin aplicarea legilor lui Kirchhoff se pot urmări în circuitul electric ramificat de curent continuu reprezentat prin schema din Figura 79:

- E_1 și E_2 – tensiunile electromotoare ale generatoarelor electrice;
- U_1 , U_2 și U_3 – căderile de tensiune pe rezistorii cu rezistențele R_1 , R_2 și R_3 ;
- u_1 și u_2 – căderile de tensiune pe generatoarele cu rezistențele interne r_1 și r_2 ;
- I_1 , I_2 și I_3 și – intensitățile curenților electrici de pe cele trei laturi ale circuitului.

Figura 79 – Rețea electrică – legile lui Kirchhoff

1. Desenezi schema electrică a rețelei.
2. Identifici elementele rețelei: noduri (M, N), ramuri (MR_1N ; MR_2N ; MR_3N) și ochiuri (MR_1NR_3M ; MR_3NR_2M).
3. Alegi cum consideri sensurile curenților electrici prin ramurile rețelei și le marchezi cu săgeată aplicată pe fiecare latură, de preferat în apropierea nodurilor de rețea. Pentru alegerea arbitrară a sensurilor curenților, se respectă regula: la nivelul nodului de rețea, curenții electrici nu pot avea toți același sens (doar intrare sau doar ieșire);
4. Aplici legea I a lui Kirchhoff pentru $n - 1$ noduri (pentru nodul M: $I_1 + I_2 = I_3$);
5. Stabilești cele $l - (n - 1)$ ochiuri de rețea cărora se vor aplica legea a II-a a lui Kirchhoff și alegi pentru fiecare ochi sensul unui curent electric continuu imaginar care l-ar parcurge, dacă acesta ar fi considerat circuit electric simplu, separat de rețeaua electrică. Reprezinți sensul arbitrar ales printr-o săgeată curbilinie în interiorul fiecărui ochi.

Observație. Sensurile arbitrare pentru ochiurile cu latură comună se aleg astfel încât să parcurgă identic aceea ramură de rețea.

6. Se scriu ecuațiile legii II a lui Kirchhoff pentru fiecare ochi de rețea, respectând următoarele convenții:

- căderile de tensiune pe rezistențele externe și pe cele interne se scriu explicit, folosind relațiile matematice ale legii lui Ohm pentru fiecare porțiune de circuit:

$$U_1 = I_1 R_1; \quad U_2 = I_2 R_2; \quad U_3 = I_3 R_3; \quad u_1 = I_1 r_1; \quad u_2 = I_2 r_2;$$

- tensiunile electromotoare se folosesc în ecuație ca valori pozitive (E_1) și (E_2), dacă sensul imaginar de parcurs străbate sursa de la borna negativă către cea pozitivă, iar dacă parcurgerea sursei este inversă, se folosesc ca valori negative ($-E_1$) și ($-E_2$);

- semnele căderilor de tensiune exprimate prin produsele IR sau Ir sau se consideră pozitive atunci când sensul de parcurs ales pentru porțiunea de circuit considerată coincide cu sensul curentului electric din acea porțiune; în caz contrar, aceste produse se vor folosi în ecuație cu semn negativ ($-IR$) și ($-Ir$);

– Pentru ochiul MR_1NR_3M : $-E_1 = I_1 R_1 + I_1 r_1 + I_3 R_3$

– Pentru ochiul MR_3NR_2M : $E_2 = I_3 R_3 - I_2 R_2 - I_2 r_2$

7. Rezolvi sistemul de l ecuații cu l necunoscute, pentru aflarea intensității curentului electric prin fiecare latură a rețelei.

Observație. Soluțiile sistemului de ecuații pentru intensitățile curenților electrici pot fi pozitive sau negative. Dacă soluția găsită este pozitivă, atunci sensul curențului coincide cu sensul arbitrar ales, iar dacă aceasta este negativă, sensul real este opus celui arbitrar ales.

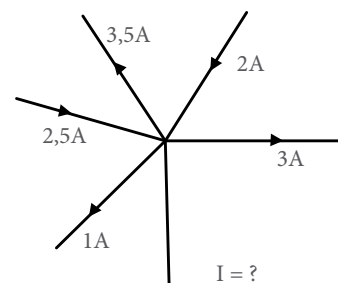


Figura 80 – Nod de rețea

Probleme rezolvate

3 Identifică sensul și află valoarea curențului electric care nu apare în reprezentarea schematică a nodului unei rețele electrice de curent continuu din Figura 80.

Rezolvare: Calculezi I din ecuația legii I a lui Kirchhoff, considerând posibile două sensuri ale curențului necunoscut (I – intră în nod, sau I – iese din nod): $I = 3A + 3,5A + 1A - (2A + 2,5A)$; **Răspuns:** $I = 3A$.

4 Calculează I_1 , I_2 și I_3 din rețeaua electrică reprezentată în Figura 79, dacă se cunosc:

$$E_1 = 1V; E_2 = 3V; r_1 = 0,1\Omega; r_2 = 0,2\Omega; R_1 = 1\Omega; R_2 = 2\Omega; R_3 = 3\Omega$$

Rezolvare: Deoarece elementele rețelei electrice au fost descrise anterior și sensurile curenților erau deja marcate pe schemă, se vor scrie relațiile sistemului de 3 ecuații obținute prin aplicarea legilor lui Kirchhoff.

Sugestie: pentru rezolvarea mai ușoară a sistemului de ecuații matematice se pot înlocui simbolurile mărimilor fizice cunoscute cu valorile lor (exprimate în unități de măsură din S.I.).

$$\begin{cases} I_1 + I_2 = I_3 \\ -E_1 = I_1 R_1 + I_1 r_1 + I_3 R_3 \\ E_2 = I_3 R_3 - I_2 R_2 - I_2 r_2 \end{cases} \quad \begin{cases} I_1 = I_2 + I_3 \\ -1 = I_1 \cdot 1 + I_1 \cdot 0,1 + I_3 \cdot 3 \\ 3 = I_3 \cdot 3 - I_2 \cdot 2 - I_2 \cdot 0,2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_1 \cong -1,15A \\ I_2 \cong -1,94A \\ I_3 \cong 0,09A \end{cases}$$

Răspuns: $I_1 \cong 1,18A$; $I_2 \cong -1,94A$; $I_3 \cong -0,76A$.

$I_3 > 0$, deci sensul curențului prin ramura respectivă coincide cu sensul arbitrar ales, pe când valorile negative ale curenților I_1 și I_2 arată că sensurile acestor curenți sunt inverse sensurilor alese arbitrar pe ochiurile de rețea din care fac parte.

Important!

Legea I a lui Kirchhoff: Suma intensităților curenților electrici care intră într-un nod de rețea este egală cu suma intensităților curenților electrici care ies din acel nod.

Legea a II-a a lui Kirchhoff: Suma algebrică a tensiunilor electromotoare dintr-un ochi de rețea este egală cu suma algebrică a căderilor de tensiune pe elementele componente ale ochiului de rețea.

Aplică!

5 Determină intensitatea I a curențului și sensul acestuia pentru nodul rețelei de curent continuu din Figura 81.

6 Indică sensurile și află valorile curenților electrici necunoscuți din Figura 82.

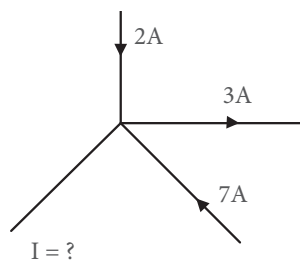


Figura 81 – Nod de rețea

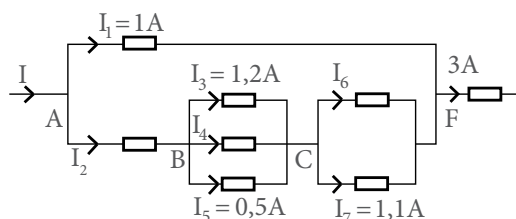


Figura 82 – Porțiuni de rețea electrică

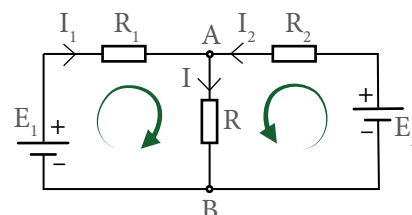


Figura 83 – Rețea electrică

7 În rețeaua electrică din Figura 83 se găsesc două surse ideale $E_1 = 1,5V$, $E_2 = 1V$ și trei rezistoare $R_1 = 50\Omega$, $R_2 = 80\Omega$ și $R_3 = 100\Omega$. Află:

- intensitatea I a curențului prin ramura AB a circuitului;
- condiția pentru care nu circulează curent electric prin sursa E_2 .

Portofoliu

8 Realizează un referat despre istoricul iluminatului public din România.

12. Gruparea generatoarelor identice (studiu experimental)

Ce înveți?

- Modalitățile de grupare a generatoarelor electrice
- Scopul grupării generatoarelor electrice

Cuvinte cheie

- generator electric echivalent
- grupare serie de generatoare
- grupare paralel de generatoare

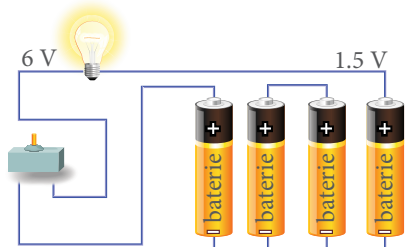


Figura 84 – Circuit cu grupare de baterii și bec



Figura 85 – Lanternă



Figura 86 – Aparat radio

Experiment!

Scop: – realizarea unui montaj serie de generatoare electrice;

– determinarea mărimilor fizice caracteristice (E și r) ale unui generator echivalent al grupării serie de surse.

Materiale: generatoare identice cu E și r cunoscute, o rezistență R , întrerupător K , fire conductoare, ampermetru, voltmetru.

Mod de lucru:

1. Realizează circuitul din Figura 87.
2. Măsoară cu voltmetrul tensiunea între punctele A și B cu întrerupătorul K deschis, iar apoi cu K închis.
3. Măsoară valoarea intensității curentului electric pentru K închis.

Constatări: Ce observi despre modul de cuplare a bornele celor trei surse pentru a realiza gruparea? Ce reprezintă valorile tensiunii electrice măsurate în circuitul deschis și apoi închis? Se poate determina o rezistență echivalentă a celor trei rezistențe interne ale surselor? Care ar trebui să fie t.e.m. a generatorului care ar putea înlocui cele trei surse astfel încât intensitatea curentului indicată de ampermetru să aibă aceeași valoare?

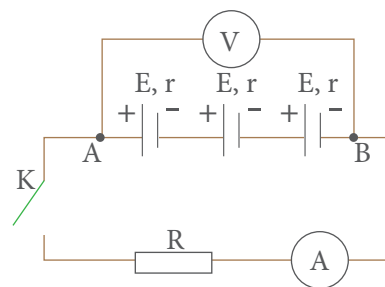


Figura 87 – Circuit serie de generatoare

Află!

Pentru a funcționa normal, diferiți consumatori electrice trebuie alimentați la tensiuni nominale date.

Ca și în cazul rezistorilor, care se cuplează în grupări serie, paralel sau mixte pentru că nu pot avea din fabricație toate valorile rezistențelor necesare circuitelor electronice, și generatoarele electrice pot fi grupate asemănător pentru a asigura consumatorilor o gamă largă de tensiuni de alimentare.

În schema circuitului din Figura 87 se poate observa că cele trei generatoare electrice sunt conectate între ele prin bornele de semne opuse, unul în continuarea celuilalt, formă numită **grupare serie de generatoare**.

Sursa de tensiune electrică ce produce apariția în circuit a curentului electric cu aceeași intensitate ca și gruparea de generatoare, se numește **generator echivalent** al grupării.

Voltmetrul conectat între A și B va măsura:

- t.e.m. a grupării de generatoare, dacă întrerupătorul este deschis. Valoarea acesteia se constată că este egală cu suma t.e.m. a celor trei generatoare identice: $E_{AB} = 3E$

- tensiunea la bornele sursei U_{AB} , dacă întrerupătorul este închis.

Rezistența internă a circuitului se poate calcula prin aplicarea legii II a lui Kirchhoff:

$$3E = U_{AB} + Ir_{AB} \Rightarrow r_{AB} = \frac{3E - U_{AB}}{I}. \text{ Se constată că: } r_{AB} = 3r.$$

Intensitatea curentului când întrerupătorul este închis este: $I = \frac{3E}{R + 3r}.$

Prin generalizare, putem afirma că prin gruparea în serie a n generatoare electrice identice, cu tensiunea electromotoare E și rezistența internă r fiecare, se obține un **generator echivalent al grupării serie** cu următoarele caracteristici: t.e.m. echivalentă $E_s = n \cdot E$ și rezistența internă: $r_s = n \cdot r$.

Pentru cazul general intensitatea curentului din circuitul principal se poate scrie: $I = \frac{n \cdot E}{R + n \cdot r}.$

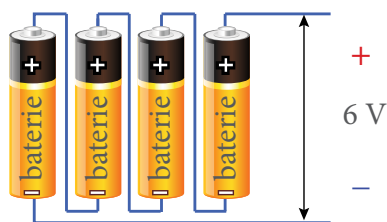


Figura 88 – Grupare serie de baterii

Prin gruparea în serie a generatoarelor se obțin t.e.m. mai mari (Figura 88), dar, în același timp, se mărește și rezistența internă a circuitului, de aceea folosirea în practică a acestui tip de grupare este avantajoasă numai dacă rezistența internă rămâne suficient de mică.

Exemple: jucăriile electrice, unele aparate electrice cu baterii (de exemplu: lanternă, radio portabil etc.)

Experiment!

Scop: – realizarea unui montaj paralel de generatoare electrice;

– determinarea mărimilor fizice caracteristice (E și r) ale unui generator echivalent al grupării paralel de surse (Figura 89).

Materiale: 3 generatoare identice cu E și r cunoscute, un rezistor de rezistență R , întrerupător K , fire conductoare, ampermetru, voltmetru.

Mod de lucru:

1. Realizează un circuit conform schemei electrice din Figura 89.
2. Măsoară tensiunea între punctele A și B dată de voltmetru când întrerupătorul K este deschis și apoi pentru K – închis.
3. Măsoară cu ampermetrul valoarea intensității curentului electric pentru K – închis.

Constatări: Ce observi despre modul de cuplare a bornelor celor trei surse pentru a realiza gruparea? Care ar trebui să fie t.e.m. a generatorului care ar putea înlocui cele trei surse astfel încât intensitatea curentului indicată de ampermetru să aibă aceeași valoare? Se poate determina o rezistență echivalentă a celor trei rezistențe interne ale surselor?

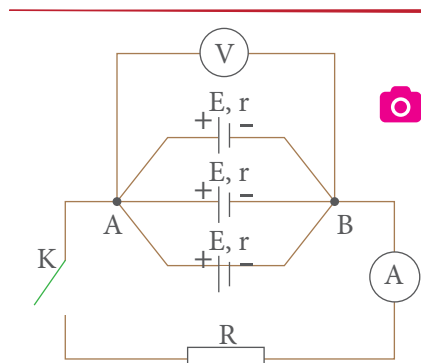


Figura 89 – Circuit paralel de generatoare

Află!

În schema circuitului din Figura 89 se observă că pentru cele trei generatoare electrice, bornele pozitive sunt cuplate împreună, la fel ca și cele negative. O astfel de conectare este numită **grupare paralel de generatoare**.

Voltmetrul conectat între punctele A și B va măsura:

- t.e.m. între punctele A și B, dacă întrerupătorul este deschis. Valoarea obținută este identică cu t.e.m. a unui generator: $E_{AB} = E$;

- tensiunea la borne U_{AB} , dacă întrerupătorul este închis.

Rezistența internă a circuitului se poate calcula din relația: $E = U_{AB} + Ir_{AB}$, rezultă $r_{AB} = \frac{r}{3}.$

Intensitatea curentului electric se va determina din relația: $I = \frac{E}{R + \frac{r}{3}}.$

Prin generalizare, grupare paralel a n generatoare identice, cu t.e.m E și rezistența electrică internă r fiecare, este echivalentă cu un generator având t.e.m $E_p = E$ și rezistența internă $r_p = \frac{r}{n}$.

Intensitatea curentului electric prin ramura cu ampermetrul se poate scrie: $I = \frac{E}{R + \frac{r}{n}}$.

Chiar dacă tensiunea la bornele grupării paralel de generatoare electrice identice se menține egală cu a unui singur generator, aceasta are avantajul de a determina un curent electric de o intensitate mai mare decât cel produs de unul din ele, deoarece scade rezistența internă (Figura 90).

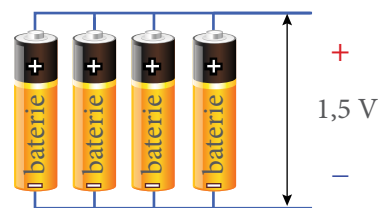


Figura 90 – Grupare paralel de baterii

Important!

Un **generator electric** este echivalent cu o grupare de generatoare dacă, alimentând același circuit, determină un curent de aceeași intensitate ca cel produs de grupare.

Gruparea serie a n generatoare electrice identice, cu tensiunea electromotoare E și rezistența internă r fiecare, este echivalentă cu un generator având tensiunea electromotoare $E_s = n \cdot E$ și rezistența internă $r_s = n \cdot r$.

Gruparea paralel a n generatoare identice, cu tensiunea electromotoare E și rezistența internă r fiecare, este echivalentă cu un generator având tensiunea electromotoare $E_p = E$ și rezistența internă $r_p = \frac{r}{n}$.

Aplică!



3. Apreciază afirmațiile cu adevărat (A) sau fals (F).

I. Gruparea serie a generatoarelor electrice:

- se folosește pentru a obține un curent electric de o intensitate mai mare decât cel determinat de către un singur generator;
- este utilă pentru că tensiunea la bornele sursei crește față de cea la bornele unui generator.

II. Gruparea paralel a generatoarelor electrice:

- se folosește pentru a obține o tensiune electromotoare mai mare decât cea a unui generator electric;
- este utilă pentru că tensiunea internă a grupării scade față de cea a unei singure surse.

4. Expresia intensității curentului electric printr-un rezistor R legat la bornele unei grupări paralel de n generatoare identice, fiecare cu tensiunea electromotoare E și rezistența internă r , este:

a) $I = \frac{n \cdot E}{R + n \cdot r}$; b) $I = \frac{E}{R + n \cdot r}$; c) $I = \frac{n \cdot E}{R + \frac{r}{n}}$; d) $I = \frac{E}{R + \frac{r}{n}}$.

5. Un circuit electric conține trei elemente galvanice identice grupate în paralel, având fiecare t.e.m. de 10 V și rezistența internă r și un rezistor cu rezistența de 8,5 Ω . Dacă un element produce prin rezistor curentul de 1 A, calculează intensitatea curentului electric prin circuit.

6. Cum trebuie grupate și câte elemente galvanice sunt necesare pentru a realiza o baterie auto care să asigure o tensiune electrică de 12 V la bornele motorului electric al ștergătorului de parbriz cu rezistența $R = 2,5 \Omega$, prin care trece un curent electric cu intensitatea de 4,5 A, dacă fiecare element are t.e.m. 3 V și rezistența internă 0,13 Ω ?

OBSERV!

Lista mea de verificare	DA	NU
Am rezolvat corect exercițiile?		
Am citit cu atenție informațiile din lecție?		
Am cerut ajutor atunci când am avut nevoie?		

13. Energia și puterea electrică. Legea lui Joule

Ce înveți?

- Efectul termic al curentului electric. Legea lui Joule
- Energia electrică și puterea electrică

Cuvinte cheie

- energie electrică: debitată/disipată
- putere electrică: dezvoltată/disipată

James Prescott JOULE (1818-1889)



Fizician englez autodidact, ingenios experimentator, recunoscut ca fondator principal al termodinamicii, are contribuții remarcabile în diverse domenii ale fizicii. Lucrarea sa de referință, „Despre producerea căldurii prin electricitate voltaică”, este bazată pe experimente care implicau lucrul mecanic, electricitatea și căldura. În onoarea sa, unitatea de măsură a energiei îi poartă numele.

Din experiența ta!

- 1 Ce ai constatat că produc dispozitivele din Figura 91 a), b), c), atunci când funcționează?
- 2 De ce crezi că se spune despre un radiator electric că are mai multe viteze?



Figura 91 - a) Uscător de păr



Figura 91 - b) Radiator electric



Figura 91 - c) Becuri electrice

Experiment

Scop: evidențierea efectului termic al curentului electric.

Materiale: un generator electric, un rezistor (fir metalic spiralat), fire de legătură, întrerupător.

Mod de lucru:

1. Realizează circuitul electric din Figura 92.
2. Închide întrerupătorul și urmărește starea de încălzire a consumatorului.
3. Schimbă polaritatea bornelor generatorului electric în circuit.

Constatări: Se modifică temperatura rezistorului după închiderea circuitului? Este influențată variația temperaturii de schimbarea sensului curentului electric?

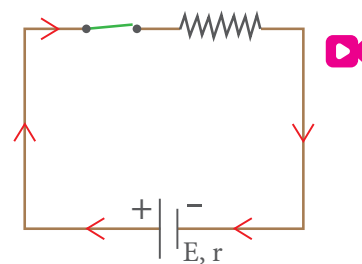


Figura 92 - Circuit electric cu rezistor

Află!

În circuitul electric simplu din Figura 92, generatorul electric efectuează un lucru mecanic total L_{tot} pentru a deplasa sarcina electrică Q în tot circuitul, care din ecuația de definiție a tensiunii electromotoare se scrie: $L_{\text{tot}} = E \cdot Q$, iar $Q = I \cdot t \Rightarrow L_{\text{tot}} = E \cdot I \cdot t$, unde t – durata mișcării sarcinii în circuit, dacă momentul inițial este zero.

Noțiunea de energie se definește prin capacitatea de a se efectua lucru mecanic, pentru toate tipurile de fenomene fizice. Energia câmpului electric produs de generator se poate exprima prin lucrul mecanic de mișcare a electronilor prin tot circuitul, se notează cu $W_{\text{sursă}}$ și se numește **energie electrică debitată** (furnizată sau dezvoltată) de sursă întregului circuit $W_{\text{sursă}} = L_{\text{tot}}$, deci $W_{\text{sursă}} = E \cdot I \cdot t$.

În același mod se arată că energia furnizată circuitului exterior de către generator, numită **energie electrică disipată pe circuitul exterior** (energie utilă) este $W_{\text{ext}} = U \cdot I \cdot t$, iar energia consumată de sursa însăși, numită **energie electrică disipată pe circuitul interior** al sursei este $W_{\text{int}} = u \cdot I \cdot t$, unde U – căderea de tensiune pe circuitul exterior, iar u – căderea de tensiune pe circuitul interior.

Unitatea de măsură în S.I. a energiei electrice este $\langle W \rangle_{S.I.} = J$ (joule).

Ținând cont de $L_{tot} = L_{ext} + L_{int} \Rightarrow W_{sursă} = W_{ext} + W_{int}$, relație care exprimă legea conservării energiei electrice într-un circuit.

Folosind relațiile dintre intensitatea curentului electric, tensiunea electrică și rezistența electrică din legea lui Ohm pentru o porțiune de circuit și pentru întreg circuitul $\left\{ I = \frac{U}{R}; I = \frac{u}{r}; I = \frac{E}{R+r} \right\}$ și respectiv $\{U = I \cdot R; u = I \cdot r; E = I(R + r)\}$ se obțin forme echivalente pentru ecuațiile energiei electrice:

$$W_{ext} = \frac{U^2}{R} \cdot t; \quad W_{int} = \frac{u^2}{r} \cdot t; \quad W_{sursă} = \frac{E^2}{R+r} \cdot t.$$

$$W_{ext} = I^2 \cdot R \cdot t; \quad W_{int} = I^2 \cdot r \cdot t; \quad W_{sursă} = I^2 \cdot (R + r) \cdot t$$

Rezistorul electric din experiment, ca și uscătorul de păr, radiatorul sau becul, este denumit **consumator electric** pentru că folosește energia electrică furnizată de generator pentru a o transforma în altă formă de energie. Radiatorul transformă energia electrică în energie termică, uscătorul de păr în energie mecanică și termică, iar becul în energie luminoasă și termică. Un radiator electric poate avea mai multe rezistoare ce se pot cupla la sursa de tensiune prin circuite electrice controlate prin comutatoare distincte. „Vitezele” radiatorului reprezintă intrarea în funcțiune treptată a acestor rezistoare, astfel încât se obține o cantitate de căldură variabilă.

Efectul termic al curentului electric (denumit **efect Joule**) constă în încălzirea conductoarelor parcurse de curent electric și este descris cantitativ de **legea lui Joule**:

Căldura degajată de un conductor parcurs de un curent electric este egală cu produsul dintre pătratul intensității curentului electric, rezistența electrică a conductorului și durata trecerii curentului electric prin conductor $Q = I^2 \cdot R \cdot t$.

Conform legii lui Joule, căldura produsă nu depinde de sensul curentului electric prin conductor și reprezintă chiar energia electrică consumată (disipată) de rezistor $Q = W_{ext}$.



Figura 93 – Bec cu incandescență

Câteva aplicații ale efectului termic al curentului electric:

a) **Becul electric cu incandescență.** (Figura 93) Partea principală a becului o reprezintă *filamentul* – un conductor subțire dintr-un metal rezistent la temperaturi înalte (wolfram/tungsten) care, atunci când este parcurs de curent electric, se încălzește la temperaturi ridicate și astfel produce lumină, stare numită de incandescență.



Figura 94 – Cuptor electric

b) **Cuptorul electric cu rezistor** (Figura 94) este un dispozitiv folosit pentru încălzirea sau topirea unor materiale. El poate fi cu încălzire indirectă – dacă rezistorul transformă energia electrică în căldură, sau cu încălzire directă – când rezistorul este chiar materialul ce trebuie încălzit, iar temperatura atinsă în cuptor poate depăși 1 000 °C. Este utilizat în industria constructoare de mașini, metalurgie, industria sticlei, porțelanului, faianței, cimentului etc.



Figura 95 – Siguranțe fuzibile

c) **Siguranța fuzibilă** (Figura 95) este un dispozitiv de protecție folosit în toate instalațiile electrice. Siguranța fuzibilă este alcătuită dintr-un fir conductor scurt, cu temperatura de topire relativ mică. El se topește într-un timp foarte scurt atunci când circuitul este parcurs de un curent cu intensitate mare, periculoasă pentru un aparat sau pentru o instalație electrică, și întrerupe circuitul. Siguranțele sunt dimensionate în funcție de circuitele pe care le protejează. Pentru a realiza protecția electrică, ele se conectează în serie cu celelalte elemente de circuit.

Pentru a fi introduse corect într-un circuit electric, astfel încât să funcționeze normal, majoritatea dispozitivelor electrice au inscripționate pe ele, ca principale caracteristici, tensiunea electrică nominală și puterea electrică nominală.

Puterea electrică nominală (P_n) a unui consumator electric reprezintă energia electrică consumată (W_c) în unitatea de timp (t), atunci când funcționează conform specificațiilor producătorului $P_n = \frac{W_c}{t}$.

Corespunzător energiei electrice consumate de un rezistor de rezistență R aflat într-un circuit electric simplu străbătut de un curent cu intensitatea I , se stabilește noțiunea de puterea electrică consumată (disipată) de circuitul exterior (P_{ext}).

$$\text{Puterea disipată pe circuitul exterior al sursei este: } P_{ext} = U \cdot I = I^2 \cdot R = \frac{U^2}{R}$$

$$\text{Puterea disipată pe circuitul interior al sursei este: } P_{int} = u \cdot I = I^2 \cdot r = \frac{u^2}{R}$$

$$\text{Puterea electrică dezvoltată de sursă este: } P_s = E \cdot I = I^2 \cdot (R + r) = \frac{E^2}{R + r}$$

Unitatea de măsură în S.I. a puterii electrice este $\langle P \rangle_{S.I.} = W(\text{watt})$ iar instrumentul de măsură este wattmetrul (Figura 96).

Din $P = \frac{W}{t}$ rezultă $W = P \cdot t \Rightarrow 1 \text{ J} = 1 \text{ W} \cdot 1 \text{ s}$. În practică se mai folosește o unitate de măsură pentru energia electrică numită **watt-ora (Wh)** definită ca *energia consumată de un consumator electric în timp de o oră*
 $1 \text{ Wh} = 1 \text{ W} \cdot 3600 \text{ s} = 3600 \text{ J}$.

Aparatul de măsură a energiei electrice consumate dintr-o instalație electrică, numit **contor electric** (Figura 97), indică valoarea acestei energii în unitatea de măsură numită **kilowatt-ora** $1 \text{ kWh} = 1000 \text{ W} \cdot 3600 \text{ s} = 3600000 \text{ J}$.



Figura 96 – Wattmetru



Figura 97 – Contor electric

Problema rezolvată

3 Calculează ce fracțiune (f) din puterea maximă a unui autoturism electric de 110 kW, reprezintă puterea medie dezvoltată de motorul acestuia în timp ce automobilul se deplasează cu viteza constantă de 60 km/h și înregistrează un consum mediu al energiei electrice de 16 kWh/100 km.

Rezolvare:

$$V = \frac{d}{t} \Rightarrow t = \frac{d}{v}; P = \frac{W}{t} \Rightarrow P = \frac{W}{d} \cdot v, \text{ dar } V = \frac{60 \text{ km}}{1 \text{ h}}; \frac{W}{d} = \frac{16 \text{ kWh}}{100 \text{ km}}, \text{ astfel}$$

$$P = \frac{16 \text{ kWh}}{100 \text{ km}} \cdot \frac{60 \text{ km}}{1 \text{ h}}; P = 9,6 \text{ kW}; P_{\max} = 110 \text{ kW}; f = \frac{P}{P_{\max}}; f = \frac{9,6 \text{ kW}}{110 \text{ kW}}; f \cong 8,7\%.$$

Răspuns: $f \cong 8,7\%$

Important!

Energie electrică debitată de sursă $W_{\text{sursă}} = E \cdot I \cdot t$

Energie electrică disipată pe circuitul exterior $W_{\text{ext}} = U \cdot I \cdot t$

Energie electrică disipată pe circuitul interior $W_{\text{int}} = u \cdot I \cdot t$

Unitatea de măsură în S.I. a energiei electrice este $\langle W \rangle_{S.I.} = J$ (joule).

Putere electrică dezvoltată de sursă $P_s = E \cdot I$

Putere disipată pe circuitul exterior $P_{\text{ext}} = U \cdot I$

Putere disipată pe circuitul interior $P_{\text{int}} = u \cdot I$.

Unitatea de măsură în S.I. a puterii electrice este $\langle P \rangle_{\text{S.I.}} = W(\text{watt})$.

Efectul termic al curentului electric (efect Joule) constă în încălzirea conductoarelor parcurse de curent electric.

Legea lui Joule

Căldura degajată de un conductor parcurs de curent electric este direct proporțională cu pătratul intensității curentului electric, rezistența electrică a conductorului și durata trecerii curentului electric prin conductor.

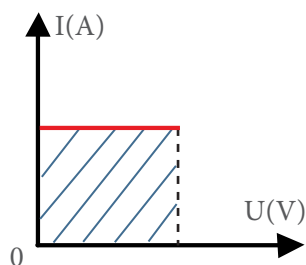


Figura 98 – Grafic $I = f(U)$

Aplică!

4 Unitatea de măsură a energiei electrice consumată de un rezistor se poate exprima prin unitățile de măsură din S.I. ale mărimilor fizice în funcție de care se exprimă:

- a) $V^2 \cdot A \cdot s$ b) $A^2 \cdot V \cdot s$ c) $\Omega^2 \cdot A \cdot s$ d) $A^2 \cdot \Omega \cdot s$

5 Ce semnificație fizică are aria hașurată de sub graficul dependenței intensității curentului electric de tensiunea la bornele unui conductor?(Figura 98)

6 Becul economic LED cu puterea 13 W al unei lustre de bucătărie, produce aceeași lumină ca becul cu incandescentă de 100 W. Ce procent de energie electrică se economisește prin folosirea becului LED în luna decembrie, în care sunt cele mai lungi nopți ale anului din România, dacă lustra funcționează în medie 6 ore în fiecare zi.

7 Un fierbător electric are inscripționat valorile tensiunii și puterii nominale la care funcționează: $P_n = 1,5 \text{ kW}$ și $U_n = 220 \text{ V}$. Află:

- a) intensitatea nominală a curentului electric ce trece prin aparat;
b) căldura degajată de fierbător în timp de 2 minute.

8 La bornele unui generator electric cu $E = 24 \text{ V}$ și $r = 0,5 \Omega$ se conectează un consumator, astfel încât intensitatea curentului electric prin circuit este $I = 2 \text{ A}$. Calculează:

- a) rezistența electrică R a consumatorului;
b) puterea electrică dezvoltată de sursă;
c) puterea electrică disipată pe rezistorul R .

9 Două becuri care funcționează normal la tensiunea $U = 220 \text{ V}$ consumă puterile $P_1 = 110 \text{ W}$ și $P_2 = 220 \text{ W}$. Să se afle:

- a) rezistența electrică a celui de-al doilea bec;
b) intensitatea curentului electric prin primul bec, în condiții normale de funcționare;
c) rezistența unui rezistor, ce trebuie legat în paralel cu unul dintre cele două becuri, astfel încât becurile să funcționeze normal, la o tensiune de alimentare $U = 440 \text{ V}$ și să se precizeze care este becul la care se conectează rezistorul?

Portofoliu

10 Realizează un eseu cu tema: *Surse convenționale și neconvenționale de energie electrică.*

OBSERV!

Lista mea de verificare	DA	NU
Am rezolvat corect exercițiile?		
Am citit cu atenție informațiile din lecții?		
Am cerut ajutor atunci când am avut nevoie?		

14. Extindere: Efectul chimic al curentului electric. Electroliza

Ce înveți?

- Efectul chimic al curentului electric
- Electroliza

Cuvinte cheie

- | | |
|----------------------------|-------------------------|
| - electrod | - anioni, cationi |
| - electrolit | - curent electric ionic |
| - disociație electrolitică | - electroliză |

Observă și descoperă!

- 1 În vasul din *Figura 99* care conține apă sărată, se află doi conductori electrici conectați în circuit. De ce crezi că funcționează becul electric?
- 2 Ce observi în jurul celor doi conductori electrici introduși în lichid (*Figura 100*)? Cum explici fenomenul?
- 3 Poți explica deplasarea sarcinilor electrice prin lichid? (*Figura 101*)

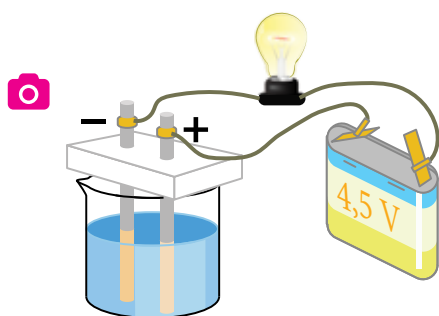


Figura 99 – Circuit electric cu saramură

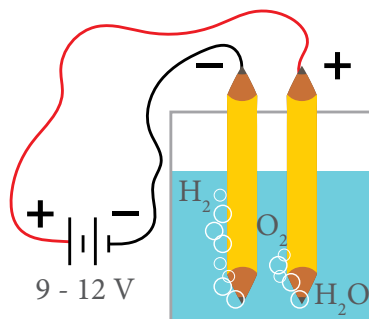


Figura 100 – Bule de gaz

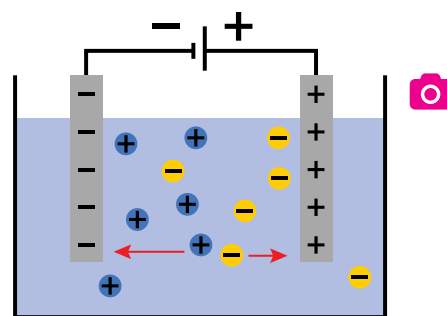


Figura 101 – Ioni în mișcare

Svante ARRHENIUS (1859-1927)



Fizician și chimist, este primul om de știință suedez laureat al premiului Nobel pentru chimie în anul 1903. A făcut cercetări în domeniul disociației electroliților (1887) și în astronomie (teoria cozii cometelor- 1900). Este considerat unul dintre fondatorii chimiei-fizice. A fost membru onorific al Societății Germane de Electrochimie și membru al Academiei Suedeze de Științe.

Experiment

Scop: studiul efectului chimic al curentului electric (*Figura 99*).

Materiale: baterie electrică, bec cu tensiunea nominală egală cu t.e.m. a sursei, doi conductori electrici din grafit (mine de creion), fire metalice de legătură, vas de sticlă transparentă, apă distilată, 2-3 lingurițe cu sare de bucătărie (clorură de sodiu NaCl).

Mod de lucru

1. Realizezi circuitul electric care va conține cei doi conductori de grafit ca în *Figura 99*.
2. Introduci conductorii din grafit în vasul în care ai turnat apă distilată.
3. Adaugi sare în apa din vas și amesteci conținutul cu o tijă de plastic pentru dizolvare.

Constatări:

Se aprinde becul atunci când conductorii de grafit se află în apă distilată? Ce poți spune despre funcționarea becului pe măsura adăugării sării în apă? Sesizezi apariția vreunui miros în apropierea vasului? Îl recunoști? De ce crezi că apare?

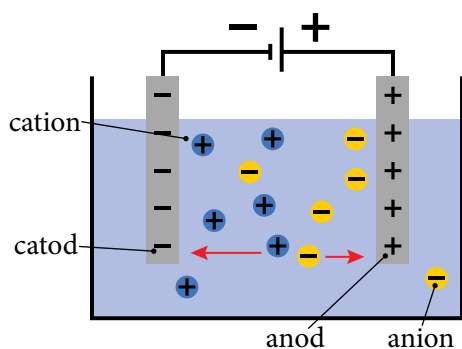


Figura 102 – Electrozi în electrolit

Află!

Conductorii electrici care se folosesc pentru a face contact cu o parte a unui circuit nemetalic (exemplu: saramura din vas) se numesc **electrozi**. De obicei, electrozii sunt conductori metalici sau din grafit sub forma bucăților cilindrice sau plăcilor (Figura 99). Electrocul conectat la borna pozitivă a sursei electrice poartă denumirea de **anod**, iar cel conectat la borna negativă se numește **catod** (Figura 102).

În experimentul realizat, becul va lumina numai după ce se adaugă sarea în apa distilată, ceea ce arată că circuitul electric se închide prin soluția apoasă în care au apărut purtători de sarcină electrică, ce se deplasează prin lichid sub acțiunea câmpului electric dintre electrozi, în timp ce electronii curentului electric străbat becul.

Aceste particule purtătoare de sarcină electrică pozitivă și negativă sunt ionii de sodiu Na^+ și de clor Cl^- care s-au separat din sarea de bucătărie NaCl în prezența apei distilate.

Substanțele care, în soluție sau în stare topită, se descompun în ioni se numesc **electroliti** (exemplu: săruri solubile, acizi și baze). Apa sărată este o soluție electrolitică (Figura 99).

Observație: *Apa distilată nu este un electrolit de aceea becul nu se aprinde.*

Procesul de descompunere a electrolitului în ioni pozitivi și negativi se numește **disociație electrolitică**.

Ionii rezultați prin disociația electrolitică se află în mișcare haotică care va deveni ordonată dacă electrolitului i se aplică un câmp electric din partea unei surse de tensiune electrică cu ajutorul electrozilor. Astfel ionii pozitivi vor fi atrași electrostatic de către catod și de aceea se vor numi **cationi**, iar ionii negativi se vor mișca spre anod, numindu-se **anioni**.

Ajuns la catod, ionul pozitiv Na^+ se neutralizează primind un electron și se depune pe electrocul negativ. În jurul catodului are loc reacția chimică de reducere a apei, neutralizarea Na^+ cu formarea NaOH și degajarea hidrogenului gazos H_2 , iar la anod se produce reacția chimică de oxidarea a ionului de clor și neutralizarea acestuia. Clorul se degajă din soluție sub formă de gaz Cl_2 , al cărui miros este cel care se simte în experimentul efectuat.

Într-un circuit de curent continuu care conține un electrolit, curentul electric se transmite în două moduri: prin conductori, prin mișcarea electronilor – curent electronic, și prin electrolit, prin mișcarea ionilor – curent ionic.

Procesul prin care, sub acțiunea curentului electric, ionii dintr-o soluție electrolitică se deplasează către electrozi, unde au loc reacții chimice din care rezultă substanțe noi, se numește **electroliză**.

Curentul electric continuu care trece printr-o soluție electrolitică produce reacții chimice la electrozi: la anod are loc oxidarea, iar la catod reducerea ionilor, manifestate prin degajare de gaze sau depunere de substanță solidă, în funcție de tipul ionilor din soluție.

Producerea reacțiilor chimice datorate trecerii curentului electric printr-o substanță se numește **efect chimic al curentului electric**. Acest efect este utilizat în două aplicații importante: înmagazinarea energiei electrice în acumulatori și electroliza.



Figura 103 – Profil de aluminiu

Principalele aplicații practice ale electrolizei sunt **electrometalurgia** și **galvanotehnica**.

Electrometalurgia este o tehnică de obținere a unor metale foarte pure pe cale electrolitică din combinațiile lor naturale, cea mai importantă realizare fiind obținerea aluminiului (Figura 103). Aluminiul și aliajele sale sunt încă folosite în construcția unor avioane (Figura 104), pentru rezistența și durabilitatea materialelor.

Galvanotehnica are două ramuri: **galvanoplastia** și **galvanostegia**.

Galvanoplastia este tehnica de reproducere a unui obiect după un tipar realizat prin mulaje din materiale plastice (ceară, gumă, ghips) acoperite cu pulbere de grafit pentru a deveni conductoare electric. Prin electroliză, tiparul fixat la catod se acoperă cu un strat din metalul component al electrolitului.

Galvanostegia constă în acoperirea obiectelor metalice care oxidează ușor cu straturi subțiri de metale rezistente la coroziune (nichel, crom, argint, aur etc.)

Obiectul metalic se fixează la catod, iar procesul de acoperire prin electroliză se numește, în funcție de metalul depus: nichelare, cromare, argintare, aurire etc (*Figura 105*).

Galvanotipia este o tehnică din categoria aplicațiilor tehnice ale electrolizei.

Spre deosebire de galvanoplastie, care presupune acoperiri electrochimice cu straturi subțiri metalice a obiectelor tridimensionale, galvanotipia se folosește pentru a crea reproduceri detaliate ale imaginilor pe o suprafață metalică și este importantă în artă și fotografie pentru obținerea replicilor de mare precizie.

Procesul implică crearea unui model al fotografiei pe o suprafață conductoare (exemplu: placă de cupru) și prin electrochimie, se depune un strat subțire metalic pe acea suprafață.

Principalele utilizări ale galvanotipiei sunt: tipărirea cărților și altor materiale tipărite, realizarea matritelor monedelor și pentru realizarea copiilor metalice ale sculpturilor sau ale altor lucrări de artă.



Figura 104 – Avion



Figura 105 – Chei acoperite electrolitic

Important

Efectul chimic al curentului electric reprezintă producerea de reacții chimice atunci când curentul electric trece printr-o substanță.

Electroliza este procesul prin care, sub acțiunea curentului electric, ionii dintr-o soluție electrolitică se deplasează către electrozi, unde au loc reacții chimice în urma cărora se formează substanțe noi.

Aplică!



4 Marchează cu A (adevărat) sau F (fals) următoarele enunțuri:

- a) dizolvarea sării de bucătărie în apă reprezintă un proces de disociație electrolitică;
- b) catodul este electrodul pozitiv iar anodul electrodul negativ;
- c) ionii negativi se numesc cationi iar anionii sunt ionii pozitivi;
- d) tehnica „suflării cu aur” a unor obiecte se numește galvanostegie.

5 Cum explici apariția unor bule de gaz la cei doi electrozi dacă în cuva electrolitică introduci apă de la robinet?

Portofoliu

6 Realizează un eseu cu tema: *Importanța galvanostegiei în industria auto.*

15. Transferul de putere într-un circuit electric simplu de curent continuu

Ce înveți?

- Cum se realizează transferul de putere într-un circuit electric simplu de c.c.
- Randamentul circuitului electric

Cuvinte cheie

- putere utilă – transfer maxim de putere
- putere consumată – randament electric

James WATT (1736-1819)



Matematician, inginer și inventator scoțian, a adus importante îmbunătățiri funcționării mașinii cu abur a lui Thomas Newcomen. Este inventatorul și deținătorul patentului locomotivei cu abur (1784) și a dezvoltat conceptul de cal-putere. În onoarea sa, unitatea de măsură a puterii, în S.I. îi poartă numele.

Din experiența ta!

- 1 De ce crezi că vibrează geamul ferestrei pe lângă care trece un camion greu? Ar fi posibil chiar să se spargă?
- 2 Semnalul audio al unui post de radio se recepționează cel mai bine pentru o anumită frecvență pe care o cauți, iar în jurul acesteia calitatea se micșorează. Cum explici?

Experiment

Scop: evidențierea transferului de putere de la generatorul electric la consumator.

Materiale: generator electric cu t.e.m. E și rezistența internă r cunoscute, conductoare de legătură, ampermetru, voltmetru, rezistor cu rezistență variabilă (reostat cu cursor).

Mod de lucru:

1. Realizează circuitul electric conform schemei din Figura 106.
2. Prin acționarea cursorului, variază rezistența rezistorului începând cu valoarea maximă și continuând către zero și citește valorile căderilor de tensiune pe circuitul exterior și intensității curentului electric indicate de voltmetru și ampermetru pe care le înregistrezi într-un tabel (Tabelul 7).
3. Realizează calculul mărimilor fizice R și P și consemnează-le în tabelul de date.
4. Trasează graficul dependenței puterii disipate pe rezistor în funcție de rezistența electrică a acestuia $P_u = f(R)$.

Tabelul 7 – Înregistrare și prelucrare date experimentale

Nr.	$U(V)$	$I(A)$	$R = \frac{U}{I}(\Omega)$	$P = U \cdot I(A)$
-----	--------	--------	---------------------------	--------------------

Constatări

Ce observi urmărind valorile puterii electrice consumate de circuitul exterior în funcție de valorile rezistenței consumatorului electric? Ce remarci prin intersectarea graficului realizat cu o dreaptă paralelă la axa rezistențelor?

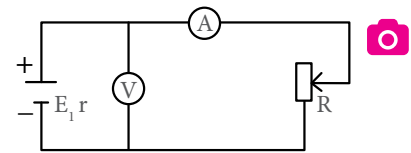


Figura 106 – Schemă electrică

Află!

Mișcarea camionului este o sursă de zgomote purtătoare de energie care se transmite geamului ferestrei, astfel încât acesta vibrează. Dacă zgomotul este foarte puternic se transferă geamului o valoare mare de energie și acesta se poate sparge.

Când la radio recepționezi cel mai bun semnal audio, frecvența găsită pentru postul căutat corespunde transferului maxim de energie prin unda radio de la emițător către antena aparatului. Atât pentru frecvențe mai mici cât și pentru cele mai mari decât cea specifică postului de radio recepționat, transferul de energie este mai mic.

În experimentul efectuat energia electrică debitată de sursă în unitatea de timp $P_{\text{sursă}} = E \cdot I$ se transferă în cea mai mare parte circuitului exterior $P_{\text{ext}} = I^2 \cdot R$ numită putere utilă ($P_{\text{utilă}}$) și într-o mică parte circuitului interior P_{int} .

Reprezentarea grafică a puterii utile în funcție de rezistența electrică a consumatorului este o curbă, ca în *Figura 107*. Se observă că puterea transferată crește odată cu rezistența până la un maxim ce corespunde unei valori a rezistenței externe egală cu cea a rezistenței interioare ($R = r$), după care scade chiar dacă rezistența continuă să crească. Ținând cont de expresia intensității curentului electric prin circuit $I = \frac{E}{R + r}$, **puterea maximă transferată** este: $P_{\text{max}} = \frac{E^2}{4 \cdot r}$.

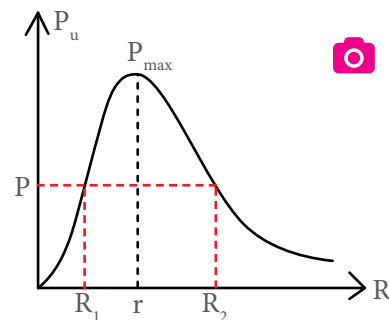


Figura 107 – Grafic $P = f(R)$

O dreaptă paralelă la axa orizontală intersectează graficul în două puncte, astfel aceleași puteri utile îi corespund două valori ale rezistenței electrice (R_1 și R_2).

Pentru a caracteriza eficiența unui generator electric (cantitate de energie electrică transmisă circuitului exterior) se introduce o mărime fizică adimensională numită **randament al circuitului electric** (η), definită asemănător cu cea din mecanică.

$$\eta = \frac{W_{\text{ext}}}{W_{\text{sursă}}} = \frac{P_{\text{ext}}}{P_{\text{sursă}}}$$

Înlocuind expresiile energiei transferată consumatorului și cea dezvoltată de sursa electrică se obțin următoarele formule pentru randamentul electric:

$$\eta = \frac{U}{E} \text{ sau } \eta = \frac{R}{R + r}$$

Observație:

- în cazul transferului maxim de putere $R = r \Rightarrow \eta = \frac{r}{r + r} = \frac{1}{2} = 50\%$;
- în cazul unui scurtcircuit, deoarece $R = 0$, randamentul este nul;
- randamentul electric are un specific aparte față de cel mecanic. După atingerea puterii utile maxime, pe măsură ce rezistența externă crește, randamentul electric se mărește dar puterea utilă scade:

$$\eta = \frac{R}{R + r} = \frac{1}{1 + \frac{r}{R}}; \quad I = \frac{E}{R + r}; \quad P_{\text{utilă}} = I^2 \cdot R$$

$$R \nearrow (\text{crește}) \Rightarrow \eta \nearrow (\text{crește}) \Rightarrow I \searrow (\text{scade}) \Rightarrow P_{\text{utilă}} \searrow (\text{scade})$$

Problema rezolvată:

- 3** Un generator cu $E = 40 \text{ V}$ și $r = 4 \Omega$ alimentează un reostat cu rezistența electrică maximă $R = 16 \Omega$. Calculează:
- puterea disipată pe circuitul interior;
 - puterea disipată pe circuitul exterior;
 - randamentul electric al circuitului;
 - puterea maximă ce s-ar putea transfera circuitului exterior.

Rezolvare:

a) $P_{\text{int}} = I^2 \cdot r$ iar $I = \frac{E}{R + r}$ rezultă $P_{\text{int}} = \left(\frac{E}{R + r} \right)^2 \cdot r$ astfel $P_{\text{int}} = 16 \text{ W}$

b) $P_{\text{ext}} = I^2 \cdot R$ iar $I = 2 \text{ A}$ astfel $P_{\text{ext}} = 64 \text{ W}$

c) $\eta = \frac{R}{R + r}$ astfel $\eta = 0,8 = 80\%$

d) $P_{\text{max}} = \frac{E^2}{4 \cdot r}$ astfel $P_{\text{max}} = 100 \text{ W}$

Răspuns: a) $P_{\text{int}} = 16 \text{ W}$; b) $P_{\text{ext}} = 64 \text{ W}$; c) $\eta = 80\%$; d) $P_{\text{max}} = 100 \text{ W}$.

Important!

Transferul de putere electrică dintre generator și consumator într-un circuit electric simplu de c.c. se realizează conform graficului $P_u = f(R)$, având o evoluție crescătoare și apoi descrescătoare față de o valoare maximă.

Puterea electrică maximă disipată pe circuitul exterior se obține pentru $R = r$ (**rezistența externă este egală cu rezistența internă**) și are expresia: $P_{\max} = \frac{E^2}{4 \cdot r}$.

Randamentul electric al circuitului electric simplu este: $\eta = \frac{W_{\text{ext}}}{W_{\text{sursă}}} = \frac{P_{\text{ext}}}{P_{\text{sursă}}} = \frac{U}{E} = \frac{R}{R + r}$.

Aplică!

4 O baterie electrică compusă din 10 elemente galvanice identice grupate în serie, având fiecare tensiunea electromotoare $E = 12 \text{ V}$ și rezistența internă $r = 1 \Omega$ alimentează un circuit cu rezistența externă $R = 50 \Omega$. Calculează:

- intensitatea curentului din circuit;
- puterea disipată pe circuitul interior;
- energia electrică disipată pe circuitul exterior într-un minut;
- randamentul circuitului electric.

5 O sursă cu t.e.m. $E = 12 \text{ V}$ este conectată la bornele unui rezistor cu rezistența $R = 2,7 \Omega$. Intensitatea curentului electric de scurtcircuit este $I_{sc} = 40 \text{ A}$. Calculează:

- rezistența internă a sursei;
- energia debitată de sursă în timp de o oră;
- puterea disipată pe circuitul exterior;
- puterea maximă ce ar putea fi disipată de sursă pe un rezistor ales corespunzător.

6 Generatorul electric cu t.e.m. $E = 90 \text{ V}$ și rezistența internă $r = 6 \Omega$ alimentează două rezistoare electrice cu rezistențele $R_1 = 40 \Omega$ și $R_2 = 60 \Omega$ legate în paralel. Află:

- intensitatea curentului principal ;
- tensiunea la borne;
- energia consumată de rezistorul R_2 în timp de 20 minute;
- randamentul circuitului;
- bilanțul puterilor (comparația dintre puterea debitată de sursă și puterile disipate de circuitele interior și exterior ale sursei).

7 Ce rezistență internă are un generator electric dacă disipă în circuitul exterior aceeași putere electrică când la bornele sale se conectează un rezistor cu rezistența electrică $R_1 = 15 \Omega$ sau un alt rezistor cu o rezistență electrică $R_2 = 60 \Omega$?

8 La bornele unei surse de tensiune cu t.e.m. $E = 60 \text{ V}$ se conectează pe rând, rezistențele $R_1 = 4 \Omega$ și $R_2 = 9 \Omega$, astfel că acestea degajă aceeași cantitate de căldură în același interval de timp. Să se afle:

- rezistența internă a sursei;
- puterea sursei, dacă la bornele ei se leagă un rezistor cu $R = 14 \Omega$;
- randamentul circuitului în condițiile punctului b);
- energia disipată de baterie, în interiorul ei, la scurtcircuit, în timp de 10 minute.

Autoevaluare

Reflectează asupra activității tale din această lecție. Redactează o fișă în care să completezi următoarele enunțuri:

- Prin rezolvarea exercițiilor am învățat
- Cel mai mult mi-a plăcut
- Mi-a fost ușor să
- Am avut dificultăți la Pentru a depăși aceste probleme, este nevoie să Profesorul mă poate ajuta/sprijini cu
- Am reușit să

16. Studiul experimental (calitativ) al efectului magnetic. Electromagneți

Ce înveți?

- Efectul magnetic al curentului electric
- Ce este electromagnetul

Cuvinte cheie

- bobină (solenoid)
- spiră
- regula burghiului drept
- miez al bobinei
- electromagnet

Hans Christian OERSTED (1777-1851)



Fizician și chimist danez, a contribuit la descoperirea electromagnetismului prin identificarea și cercetarea relației dintre electricitate și magnetism. În anul 1820, publică lucrarea sa de referință „Experimente referitoare la efectul curentului electric asupra acului magnetic” prin care deschidea calea studiului fenomenelor electromagnetice. Este primul chimist care izolează aluminiul pur și unul dintre fondatorii Institutului Politehnic Danez. În cinstea sa o unitate de măsură acceptată a intensității câmpului magnetic îi poartă numele.

Amintește-ți!

1 Completează, oral, spațiile, libere astfel încât să obții enunțuri corecte.

a) Magnetul este corpul cu proprietatea de a corpurilor din fier sau care conțin fier.

b) Proprietățile magnetice se manifestă cel mai intens la extremitățile magnetului, denumite

c) Părțile de magnet înzestrate cu același tip de proprietate magnetică se iar cele de tipuri diferite se

d) Forma de existență a materiei din jurul magnetelor se numește

e) Liniile curbe de-a lungul cărora se aranjează pilitura de fier (Figura 108) se numesc a căror mulțime formează

f) „Tăria” câmpului magnetic cu creșterea distanței față de magnet.



Figura 108 – Pilitură de fier în câmp magnetic

Experiment

Scop: studiul efectului magnetic al curentului electric.

A. Materiale: suport izolator electric, conductor metallic neferos rectiliniu, fire de legătură, sursă de tensiune electrică, ac magnetic.

Mod de lucru:

1. Așază conductorul rectiliniu pe suport paralel cu acul magnetic orientat inițial pe direcția câmpului magnetic terestru.
2. Observă orientarea acului magnetic în momentul cuplării conductorului la sursa de tensiune electrică (Figura 109).
3. Schimbă sensul curentului prin conductor și observă acul magnetic.

Constatări: Ce se întâmplă cu orientarea acului magnetic la trecerea curentului electric prin conductor? Dar când inversezi sensul curentului?

B. Materiale: sursă de tensiune electrică, conductor spiralat, întrerupător, ac magnetic.

Mod de lucru:

1. Realizează circuitul electric conform schemei din Figura 110.

2. Așază acul magnetic în apropierea unui capăt al conductorului spiralat.
3. Închide circuitul electric și urmărește orientarea acului magnetic.

Constatări: Ce se întâmplă cu orientarea acului magnetic la trecerea curentului electric prin conductorul spiralat? Dar când inversezi sensul curentului? Cum se orientează acul magnetic pe măsură ce acesta se îndepărtează de bobină de-a lungul axei longitudinale a solenoidului?

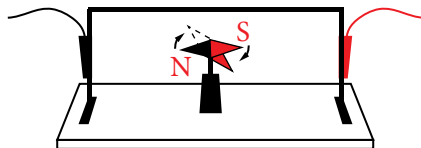


Figura 109 – Conductor electric și ac magnetic

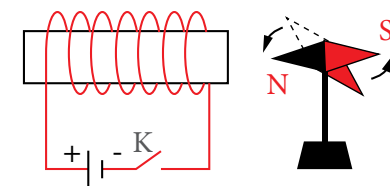


Figura 110 – Bobină electrică și ac magnetic



Figura 111 – Bobină din conductor de cupru

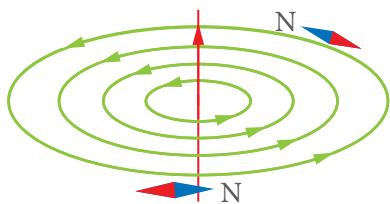


Figura 112 – a) Spectrul câmpului magnetic al conductorului rectiliniu

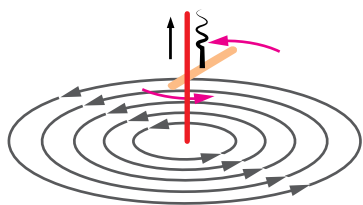


Figura 112 – b) Regula burghiului drept pentru conductorul rectiliniu

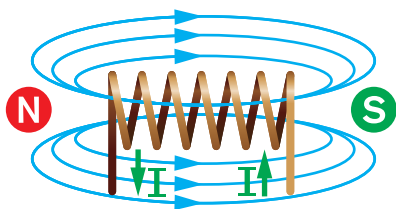


Figura 113 – a) Spectrul câmpului magnetic al bobinei

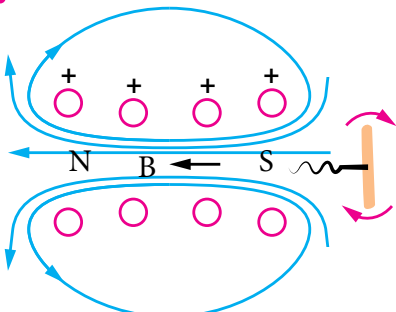


Figura 113 – b) Regula burghiului drept pentru bobină

Află!

În ambele experimente efectuate se evidențiază un tip de interacțiune, investigată și explicată de fizicianul Hans Christian Oersted, între conductorul parcurs de curent electric și acul magnetic. S-a putut observa că orientarea finală a acului magnetic este determinată de existența în apropiere a conductorilor parcurși de curent electric, indiferent de forma acestora.

Curentul electric continuu orientează acul magnetic pe direcția perpendiculară față de conductorul liniar, într-un sens care se modifică cu unghiul de 180° atunci când se inversează sensul curentului prin conductor.

Conductorul electric spiralat prin înfășurarea pe un suport solid, în general de formă cilindrică, se numește **bobină** sau **solenoid** (Figura 111).

Fiecare înfășurare a conductorului ce are înveliș izolator electric, se numește **spiră** a bobinei.

Oersted a arătat că în jurul conductorilor parcurși de curent electric apare un câmp magnetic, cu linii de câmp circulare, concentrice și închise în jurul conductorului, acest fenomen numindu-se **efect magnetic al curentului electric**.

Câmpul magnetic al curentului electric interacționează cu câmpul magnetic al acului de busolă.

Bobina parcursă de curent electric se comportă ca un magnet tip bară și de aceea produce orientarea acului magnetic din experiment pe direcția axei sale longitudinale, într-un sens care se inversează când se schimbă sensul curentului.

Dacă acul magnetic se îndepărtează de bobină de-a lungul axei acesteia, se observă că orientarea acestuia se modifică în sensul revenirii pe direcția N-S a Pământului, ceea ce dovedește că „tăria” câmpului magnetic al curentului electric scade cu distanța.

Spectrul câmpului magnetic produs de curentul electric din conductor cuprinde liniile de câmp concentrice care au centrele pe conductor și se află în plan perpendicular pe acesta (Figura 112 a). Direcția acului magnetic este tangentă la linia câmpului magnetic, iar polul nord al acestuia indică sensul liniei de câmp.

Identificarea sensului liniilor de câmp magnetic din jurul conductorului liniar străbătut de curent electric, se poate face cu **regula burghiului drept pentru conductor rectiliniu**:

- se așază burghiul pe direcția conductorului și se rotește pentru a înainta în sensul curentului prin conductor. Sensul de rotație al burghiului indică sensul liniilor de câmp magnetic (Figura 112 b).

Spectrul câmpului magnetic produs de o bobină parcursă de curent electric este asemănător celui produs de un magnet tip bară (Figura 113.a).

În interiorul bobinei, liniile de câmp magnetic sunt paralele cu axa longitudinală a solenoidului și au sensul dat de **regula burghiului drept pentru bobină**:

- se așază burghiul pe direcția axei longitudinale a bobinei și se rotește în sensul curentului prin bobină. Sensul de înaintare a burghiului indică sensul liniilor de câmp magnetic prin interiorul bobinei (Figura 113 b).

Bobina străbătută de curent electric continuu se comportă ca un magnet ce are polul sud la capătul pe unde intră curentul, iar polul nord la capătul pe unde curentul părăsește bobina.

Experiment

Scop: studiul calitativ al electromagnetului.

Materiale: bobină, corp de fier, tijă metalică prevăzută cu cârlig, disc din fier atașabil, dinamometru, sursă de tensiune electrică, conductori de legătură, întrerupător.

Mod de lucru:

1. Conectează bobina în circuitul electric deschis ca în *Figura 114*.
2. Suspendă deasupra bobinei dinamometrul de care agăți tija cu discul metalic atașat.
3. Măsoară forța inițială indicată de dinamometru înainte de închiderea circuitului electric.
4. Introduci corpul de fier în interiorul bobinei, închizi circuitul electric și observi interacțiunea dintre acel corp de fier și discul metalic.
5. Citește valoarea noii forțe indicată de dinamometru.

Constatări: Cum este valoarea forței de interacțiune dintre bobina parcursă de curent electric și discul metalic, față de momentul inițial, în două cazuri: a) bobina fără corpul din fier în interior; b) bobina cu interiorul ocupat de către corpul de fier. Ce rol are acest corp?

Află!

La trecerea curentului electric prin bobina cu aer în interior, câmpul magnetic apărut în bobină interacționează insesizabil cu discul de fier, iar indicația dinamometrului din experimentul pe care l-ai realizat rămâne neschimbată vizibil.

Prin introducerea unui corp de fier într-o bobină numit **miez** de fier, acesta devine magnet temporar, ce se manifestă la extremități printr-o forță de atracție exercitată asupra obiectelor ce conțin fier, atât timp cât bobina este parcursă de curent electric. Prin întreruperea circuitului electric discul metalic din experiment revine în poziția inițială. Corpul de fier din interior nu modifică orientarea polilor magnetici ai bobinei, ci numai mărimea forței exercitate la polii acesteia.

Bobina parcursă de curent electric, în interiorul căreia se introduce un miez de fier devine **electromagnet**. (exemplu: sârma cu manșon de izolație electrică, înfășurată pe un cui de fier, ca în *Figura 115*)

Important!

Apariția câmpului magnetic în jurul conductorilor parcurși de curent electric se numește **efect magnetic al curentului electric**.

Electromagnet este denumit magnetul temporar alcătuit dintr-o bobină cu miez de fier, parcursă de curent electric.

Aplică!

2 Copiază schema, apoi marchează sensurile curenților electrici care parcurg cele două spire circulare, dacă săgețile indicate pe desen din *Figura 116* sunt tangentele la liniile de câmp magnetic.

3 Copiază desenul, apoi trasează sensul liniilor de câmp magnetic produs de curentul electric ce parcurge conductorul din *Figura 117*.

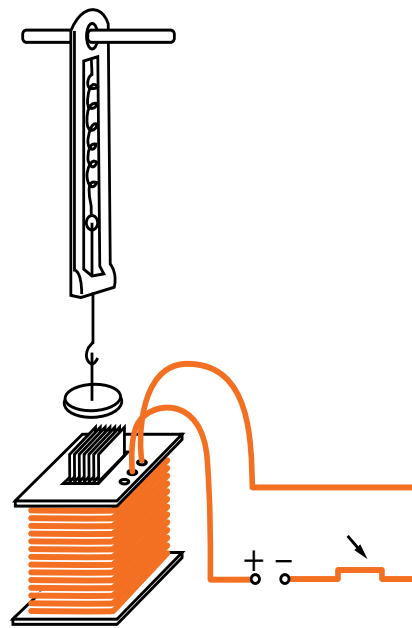


Figura 114 – Studiu calitativ electromagnet

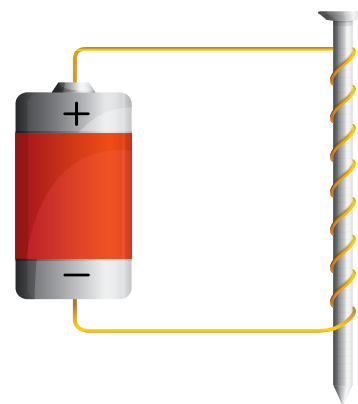


Figura 115 – Electromagnet artizanal

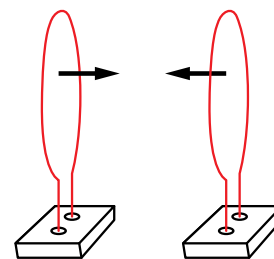


Figura 116 – Spire parcurse de curent electric

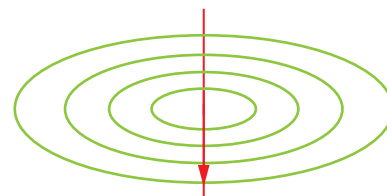


Figura 117 – Liniile de câmp magnetic

17. Forța exercitată de un electromagnet în funcție de intensitatea curentului (mărime și sens, parametri constructivi ai bobinei: secțiune, număr de spire, tipul miezului)

Ce înveți?

- Forța exercitată de un electromagnet parcurs de curent electric

Cuvinte cheie

- parametri constructivi ai bobinei

Observă și descoperă

1 Identifică componentele solenoidului din *Figura 118 a*) împreună cu caracteristicile geometrice și de construcție a acestora ce constituie parametri constructivi ai bobinei. Completează schema descrierii constructive a bobinei din *Figura 118 b*).

2 Cum crezi că influențează acești parametri comportamentul într-un circuit electric al electromagnetului realizat din bobina a cărei construcție a fost descrisă?

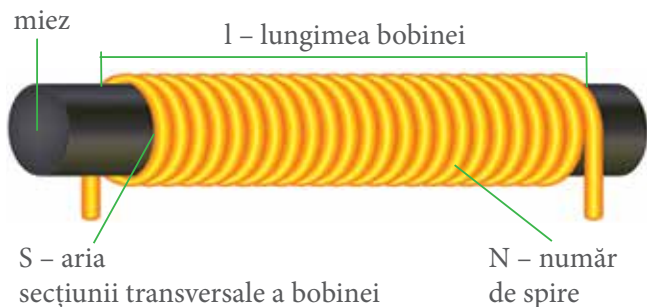


Figura 118 - a) Bobină de sârmă

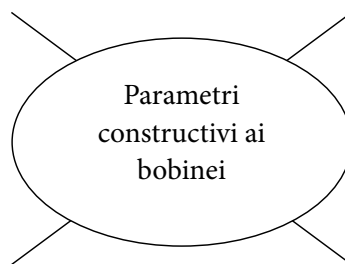


Figura 118 - b) Schemă - parametri constructivi ai bobinei

Experiment

Scop: studiul forței exercitate de electromagnet în funcție de parametrii constructivi ai bobinei și de intensitatea curentului electric.

A. Dependența de numărul de spire

Materiale: două bobine cu miez de fier, asemănătoare ca aspect, dar cu număr de spire diferit: N_1 și $N_2 = 2 N_1$ generator, întrerupător, fire de legătură, dinamometru, tijă metalică prevăzută cu cârlig, disc atașabil, din fier.

Mod de lucru:

1. Realizează circuitul electric cu cele două bobine grupate în serie și închide întrerupătorul (*Figura 119*).
2. Măsoară forța de atracție a fiecărui electromagnet față de discul din fier atârnat de dinamometru, conform indicației din *Figura 120*.

Constatări: Cum este forța de atracție exercitată de electromagnetul cu număr mai mare de spire în comparație cu cea exercitată de electromagnetul cu număr mai mic de spire?

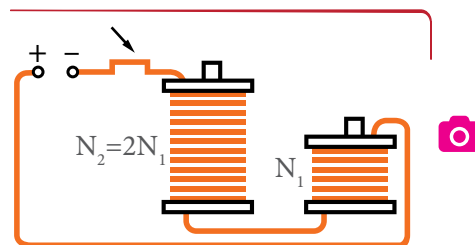


Figura 119 - Bobine grupate în serie

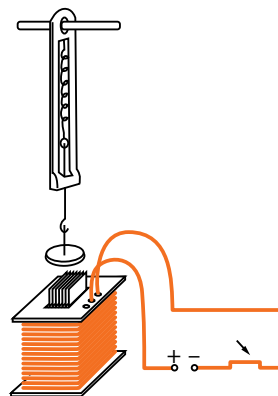


Figura 120 - Studiul forței electromagnetului (montaj experimental)

B. Dependența de lungimea bobinei electromagnetului

Materiale: două bobine cu miez de fier, asemănătoare ca aspect, având același număr de spire dar lungimi diferite (*Figura 121*), generator, întrerupător, fire de legătură, dinamometru, tijă metalică prevăzută cu cârlig, disc atașabil, din fier.

Mod de lucru:

1. Conectează la generatorul electric fiecare bobină și închizi circuitul.
2. Măsoară forța de atracție a fiecărui electromagnet față de discul din fier atârnat de dinamometru, conform indicației din *Figura 120*.

Constatări: Cum este forța de atracție exercitată de electromagnetul cu lungime mai mică în comparație cu cea exercitată de electromagnetul de lungime mai mare?

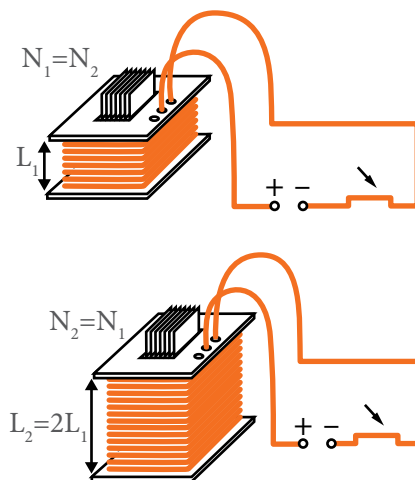


Figura 121 – Bobine cu lungimi diferite

C. Dependența de miezul bobinei

Materiale: două bobine cu miez de fier, identice, având același număr de spire (*Figura 122 a*) și *b*), generator, întrerupător, fire de legătură, trei tije de fier din care se poate realiza, împreună cu miezul electromagnetului, un cadru metalic în jurul bobinei.

Mod de lucru:

1. Realizează un cadru dreptunghiular deschis care să înconjoare bobina ca în *Figura 122 a*) și conectează electromagnetul la generator.
2. Încearcă desprinderea manuală a tijei de fier față de miezul bobinei pe care se sprijină.
3. Realizează un cadru dreptunghiular închis în jurul bobinei ca în *Figura 122 b*) și conectează electromagnetul la generator.
4. Încearcă și de această dată desprinderea manuală a tijei de fier față de miezul bobinei pe care se sprijină.

Constatări: În care situație a fost mai greu să desprinzi tija metalică de electromagnet? Ce anume crezi că a influențat forța de atracție exercitată asupra corpului de fier?

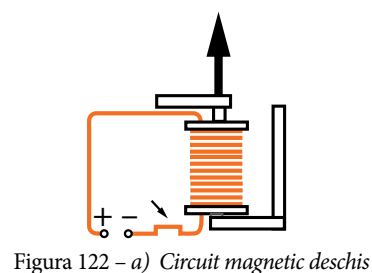


Figura 122 - a) Circuit magnetic deschis

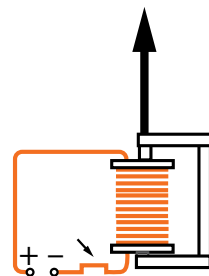


Figura 122 - b) Circuit magnetic închis

D. Dependența de aria secțiunii transversale a bobinei

Materiale: două bobine cu miez de fier, asemănătoare ca aspect, având același număr de spire dar cu arii ale secțiunii transversale diferite (*Figura 123*), generator, întrerupător, fire de legătură, dinamometru, tijă metalică prevăzută cu cârlig, disc atașabil, din fier.

Mod de lucru:

1. Conectezi la generatorul electric fiecare bobină și închizi circuitul.
2. Măsoară forța de atracție a fiecărui electromagnet față de discul din fier atârnat de dinamometru, conform indicației din *Figura 120*.

Constatări: Cum este forța de atracție exercitată de electromagnetul cu aria secțiunii transversale mai mică în comparație cu cea exercitată de cel cu aria secțiunii transversale mai mare?

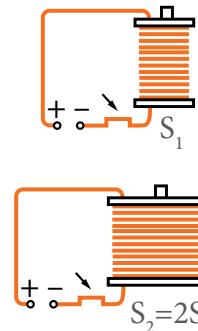


Figura 123 – Bobine cu secțiuni transversale diferite

E. Dependența de intensitatea curentului electric

Materiale: o bobină cu miez de fier generator cu tensiune electrică variabilă, întrerupător, fire de legătură, dinamometru, tijă metalică prevăzută cu cârlig, disc de fier, atașabil.

Mod de lucru:

1. Realizează montajul experimental pentru studiul electromagnetului din *Figura 120*.
2. Măsoară forța de atracție exercitată de electromagnet față de discul din fier atârnat de dinamometru, conform indicației din *Figura 120*, când bobina este alimentată de la generatorul electric cu t.e.m. E_1 (*Figura 124 a*).
3. Modifică t.e.m. a generatorului la valoarea $E_2 = 2 E_1$ (*Figura 124 b*) și măsoară din nou cu dinamometru forța de atracție a discului metalic din partea electromagnetului.

Constatări: Ce mărime fizică se modifică în circuit când modifici t.e.m. a generatorului? Ce poți spune despre forțele indicate de dinamometru în cele două cazuri? Ce crezi că se întâmplă dacă inversezi sensul curentului prin bobină?

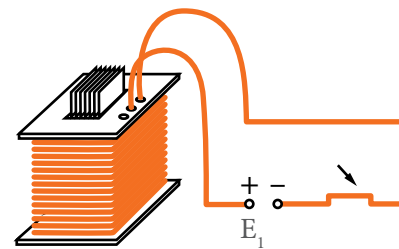


Figura 124 - a) Bobină cuplată la t.e.m. E_1

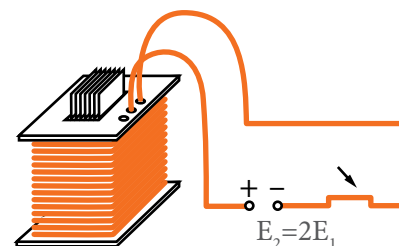


Figura 124 - b) Bobină cuplată la t.e.m. $E_2 = 2 E_1$

Află!

Cunoști deja că mediul interior al unei bobine influențează interacțiunea magnetică dintre aceasta și corpul de probă metalic, deoarece ai verificat experimental cum miezul de fier al bobinei prin care trece curent electric pune în evidență câmpul magnetic al electromagnetului, iar forța de atracție a obiectelor feroase devine vizibilă.

Ai observat experimental că proprietățile magnetice ale bobinei sunt influențate de parametrii săi constructivi:

N – numărul de spire - numărul de înfășurări ale conductorului metalic, de forma suportului pe care se realizează;

S – aria secțiunii transversale a bobinei – aria formei geometrice a unei spire; **l – lungimea bobinei** – distanța dintre extremitățile (polii) bobinei; **miezul bobinei** – un anumit tip de material în jurul căruia se realizează înfășurarea conductorului și care constituie interiorul bobinei.

Concluzii experimentale

a) Forța de atracție exercitată de electromagnet:

- crește odată cu numărul de spire;
- crește odată cu aria secțiunii transversale;
- scade cu creșterea lungimii bobinei;
- crește odată cu intensitatea curentului electric prin bobină;
- crește dacă polii miezului bobinei se conectează între ei printr-un cadrul metalic ce înconjoară electromagnetul.

b) Schimbarea sensului curentului electric prin bobină determină inversarea polilor magnetici ai electromagnetului.

Important!

Forța de atracție exercitată de un electromagnet depinde de intensitatea curentului electric și de parametrii constructivi ai bobinei (număr de spire, lungime, secțiune transversală, miez).

Aplică!

3 Dacă se mărește tensiunea la bornele bobinei unui electromagnet, forța de atracție exercitată de acesta asupra unui corp din fier:

- a) se micșorează b) rămâne constantă c) se mărește d) nu se poate preciza

4 Un magnet permanent de formă cilindrică, se află în echilibru, deasupra unei bobine parcurse de curent electric în sensul indicat de *Figura 125*.

a) Precizează poziția polilor magnetului dacă acesta nu se află în contact cu bobina.

b) Cum se modifică interacțiunea magnet-bobină, dacă se schimbă

88 polaritatea generatorului electric care alimentează bobina?

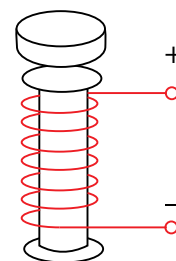


Figura 125 – Bobină și magnet permanent

18. Aplicații ale electromagneților

Ce înveți?

- Utilizări ale electromagneților

Cuvinte cheie

- sonerie electrică
- încuietoare electromagnetică
- releul electromagnetic
- siguranță electrică automată
- macara electromagnetică
- tren cu pernă magnetică

Din experiența ta!

- 1 Cum funcționează soneria electrică atunci când apeși butonul? (Figura 126)
- 2 Cum s-ar putea încuia ușa fără încuietoarea clasică cu cheie? Cunoști rolul dispozitivului din Figura 127?



Figura 126 – Buton sonerie electrică



Figura 127 – Ușă cu încuietoare electromagnetică

Află!

Principalele caracteristici care dau utilitate practică electromagnetului sunt:

- este fabricat din materiale accesibile, cu dimensiuni și forme posibile pentru majoritatea necesităților tehnice;

- se pot alege momentele și duratele de funcționare ca magnet temporar;
- forța de atracție se poate regla în funcție de intensitatea curentului electric;
- este posibilă inversarea polilor magnetici odată cu schimbarea sensului curentului electric, însușire esențială în funcționarea unor dispozitive electrotehnice.

Sonerie electrică este un dispozitiv în care partea mecanică este acționată de un electromagnet aflat într-un circuit electric, pentru a produce sunete de avertizare (Figura 128).

Circuitul electric se închide prin apăsarea butonului soneriei cuplat cu întrerupătorul. Electromagnetul străbătut de curent electric atrage către miezul său de fier o lamelă metalică prin care se închide circuitul electric și joacă rolul celui de-al doilea întrerupător. Astfel ciocănelul lovește clopotul soneriei și produce sunet. Prin deplasarea lamelei odată cu ciocănelul, se deschide circuitul și acțiunea electromagnetului încetează.

Lamela elastică revine în poziția inițială, reînchide circuitul și procesul de producere a sunetelor se produce identic, atât timp cât butonul soneriei este apăsat.

Încuietoare electromagnetică se folosește pentru blocarea/deblocarea ușilor prin forța de atracție a electromagnetului, care poate ajunge la câteva sute de kilograme-forță (câteva mii de newtoni). (Figura 127)

Electromagnetul se află într-o carcasă de metal, rezistentă mecanic, care se fixează de obicei pe cadrul ușii. Corespunzător cu poziția acestuia, pe ușă se montează, o placă din metal feros. Închiderea /deschiderea circuitului electric, din care face parte electromagnetul, se realizează printr-un comutator cu acționare manuală sau electromagnetică (cititor de proximitate sau telecomandă).

Din aceeași categorie de sisteme electromagnetice pentru închiderea ușilor fac parte bolțul și yala electromagnetică. Acestea au două caracteristici de funcționare care le fac utile și atunci când este întrerupt curentul electric de alimentare: se mențin pe poziția de blocare a ușii și au posibilitatea de deschidere manuală.

Principalele avantaje ale acestor dispozitive sunt: siguranța și control sporite, prin forța mare de reținere, dificultatea crescută de a fi scoase din funcțiune și posibilitatea de atașare a elementelor de semnalizare luminoasă sau sonoră; pot fi integrate cu sisteme inteligente de comandă electrică; permit accesarea de către un număr mare de utilizatori; sunt rezistente mecanic, la umiditate și temperaturi extreme.

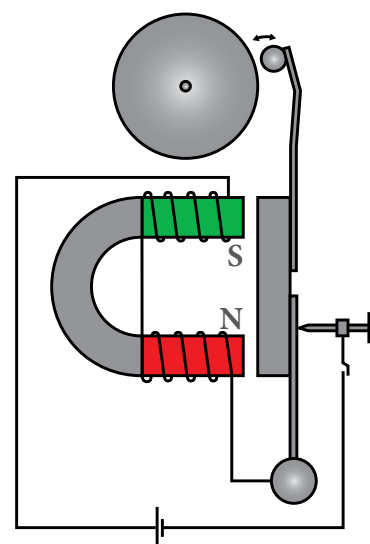


Figura 128 – Sonerie electrică

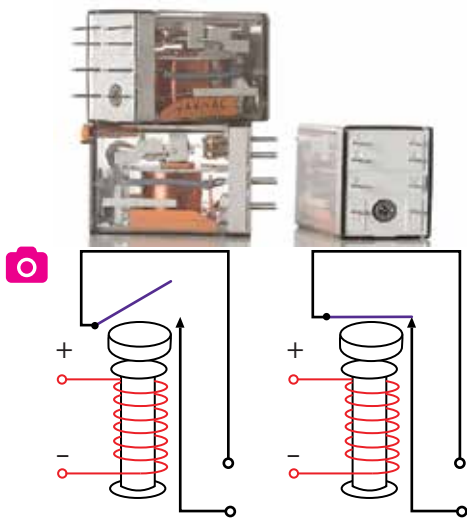


Figura 129 – Releu electromagnetic



Figura 130 – Siguranțe electrice automate



Figura 131 – Macara electromagnetică

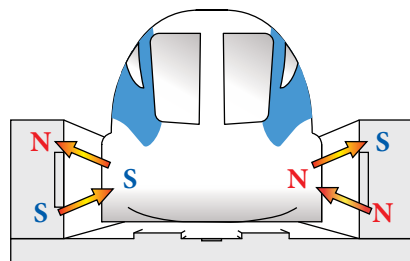


Figura 132 – Tren Maglev

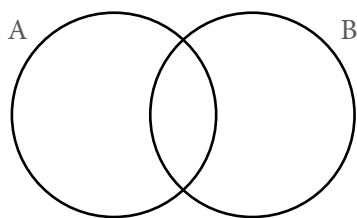


Figura 133 – Diagrama Venn

Releul electromagnetic este alcătuit dintr-un electromagnet care funcționează într-un circuit cu intensități mici ale curentului electric și are rolul de comutator de la distanță pentru închiderea și deschiderea altor circuite electrice.

Funcționarea dispozitivului se realizează prin atracția de către electromagnet a piesei metalice mobile care închide sau deschide circuitul electric exterior *Figura 129*.

O principală utilizare este pentru comanda la distanță a circuitelor electrice prin care se stabilesc curenți cu intensități periculoase, realizându-se economie de timp și protecția lucrătorilor.

Siguranța electrică automată (*Figura 130*) este un releu electromagnetic care întrerupe circuitul din care face parte, când intensitatea curentului electric depășește o valoare maxim permisă, pentru protecția elementelor de circuit.

Macaraua electromagnetică (*Figura 131*) este o macara mecanică ce are ca piesă principală un electromagnet, de obicei în formă de clopot și se utilizează cel mai mult în industria metalurgică pentru transportul fierului vechi.

Forța de atracție dezvoltată este considerabilă, deoarece bobina electromagnetului este parcursă de curenți cu intensități mari.

Corpurile metalice feroase sunt ridicate de electromagnetul macaralei când acesta este parcurs de curent electric, transportate, apoi eliberate când se oprește curentul.

Trenul cu pernă magnetică (*Figura 132*) este un vehicul de foarte mare viteză (poate atinge viteze de peste 550 km/h) care se menține deasupra căii de ghidare prin câmpuri magnetice foarte puternice obținute cu electromagneți poziționați astfel încât să se realizeze levitația magnetică, de unde denumirea Maglev.

Important!

Utilizările practice ale electromagneților se bazează pe două principale caracteristici:

- fabricare accesibilă – din punct de vedere al materialelor și tehnologiei;
- rol de comandă și control – prin forța de acțiune variabilă în funcție de parametrii constructivi, intensitatea și sensul curentului electric.

O parte dintre aplicațiile electromagneților sunt reprezentate de: soneria electrică, încuietorile electromagnetice, releul electromagnetic, siguranța electrică automată, macaraua electromagnetică și trenul Maglev. În cazul tuturor acestor dispozitive partea principală o constituie un electromagnet, iar principiul de funcționare se bazează pe forța exercitată de acesta asupra unor piese din material feros.

Aplică!

3 Completează diagrama Venn (*Figura 133*) cu asemănările și deosebirile dintre magneții permanenți (A) și electromagneți (B) și precizează avantajele utilizării electromagneților.

4 Capacitatea de ridicare a unei macarale pentru plăci de oțel este maxim 10 tone, incluzând clopotul electromagnet a cărui greutate este de 10 kN. Care este forța maximă de atracție exercitată de electromagnetul macaralei?

5 Imaginează și reprezintă schema unei siguranțe electrice automate.

Recapitulare



1 Alege enunțul considerat corect:

- A. Două corpuri interacționează prin forțe electrostatice:
- numai dacă sunt punctiforme;
 - în cazul în care un corp este încărcat electric și celălalt este neutru;
 - doar dacă se află în vid;
 - în cazul în care ambele corpuri sunt electrizate.
- B. Prin convenție, sensul curentului electric este:
- sensul deplasării electronilor prin circuitul interior;
 - iese din (+) și intră în (-) prin circuitul interior sursei.
 - sensul deplasării electronilor prin circuitul exterior;
 - iese din (+) și intră în (-) pe circuitul exterior sursei.

2 Două corpuri punctiforme, electrizate cu sarcini egale, sunt situate în aer la distanța $d = 50 \text{ cm}$ unul față de altul și interacționează cu o forță de 1 N . Cu ce sarcină electrică este încărcat fiecare corp?

3 Un fir metalic are rezistența electrică $R_1 = 3\,200 \, \Omega$. Un alt fir, din același material, are secțiunea de 16 ori mai mare și greutatea dublă față de primul. Care este valoarea rezistenței electrice al celui de-al doilea fir?

4 Un generator cu t.e.m. $E = 120 \text{ V}$ alimentează un circuit format din doi rezistori legați în serie. Tensiunea la bornele generatorului este $U = 100 \text{ V}$. Căderea de tensiune pe rezistorul cu rezistența electrică $R_1 = 40 \, \Omega$ este $U_1 = 80 \text{ V}$. Rezistorul R_2 este alcătuit dintr-un fir cu rezistivitatea $\rho = 3 \cdot 10^{-8} \, \Omega \cdot \text{m}$ și secțiunea $S = 0,60 \text{ mm}^2$. Calculează:

- intensitatea curentului electric prin circuitul interior;
- rezistența internă a sursei;
- lungimea firului din care este alcătuit rezistorul R_2 .

5 Un rezistor cu rezistența electrică $R = 9,9 \, \Omega$ este alimentat la o sursă pentru care se cunosc tensiunea la borne la funcționarea în gol $U_{\text{gol}} = 5 \text{ V}$ și intensitatea de scurtcircuit $I_{\text{sc}} = 50 \text{ A}$. Află:

- tensiunea electromotoare E și rezistența internă r , ale generatorului;
- intensitatea curentului prin rezistor.

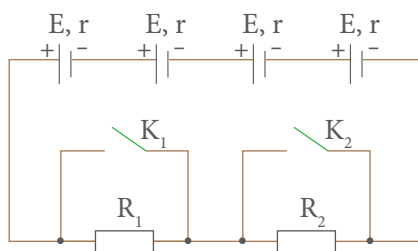


Figura 134 – Circuit electric

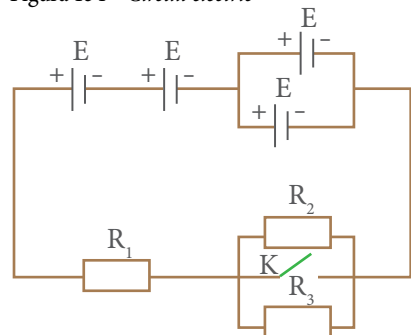


Figura 135 – Circuit electric

6 Un număr de $n = 4$ surse de tensiune identice, cu $E = 2 \text{ V}$ și $r = 0,1 \, \Omega$ fiecare, se leagă în serie la bornele unui circuit ca în Figura 134. Cei doi rezistori au valorile rezistențelor electrice $R_1 = 9,6 \, \Omega$ și $R_2 = 6 \, \Omega$. Află:

- intensitatea curentului prin circuitul exterior, dacă ambele întrerupătoare sunt deschise;
- tensiunea electrică la bornele rezistorului R_1 , dacă întrerupătorul K_1 este deschis, iar întrerupătorul K_2 este închis;
- intensitatea curentului prin circuit, dacă ambele întrerupătoare sunt închise.

7 Află intensitatea I a curentului din circuitul a cărui schemă este reprezentată în Figura 135, dacă sursele de tensiune sunt ideale, iar întrerupătorul K este deschis. De câte ori crește intensitatea curentului din circuit prin închiderea întrerupătorului K ?

8 În circuitul din Figura 136, se cunosc $E_1 = 5 \text{ V}$, $E_2 = 10 \text{ V}$, $r_1 = 0,5 \Omega$, $r_2 = 1 \Omega$, și $R = 1 \Omega$. Considerând voltmetrul ideal, află:

- intensitatea curentului prin rezistorul R ;
- căderea de tensiune pe ramura de rețea AB;
- raportul dintre energia disipată pe rezistorul aflat pe ramura AB și energia disipată de circuitul interior al sursei cu t.e.m. E_1 .

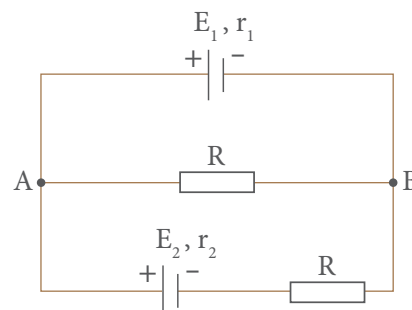


Figura 136 – Circuit electric

9 La bornele a patru surse identice grupate ca în Figura 137, fiecare având $E = 8 \text{ V}$ și $r = 0,5 \Omega$, se leagă rezistențele $R_1 = 3,6 \Omega$, $R_3 = 6 \Omega$ și $R_4 = 2 \Omega$. Află:

- intensitatea curentului prin circuitul principal al grupării de surse;
- energia termică disipată prin efect Joule de rezistorul R_4 , în timp de 5 minute;
- puterea electrică disipată de R_3 .

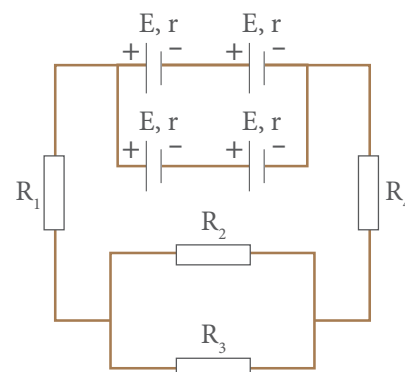


Figura 137 – Circuit electric

10 Două surse identice, cu $E = 24 \text{ V}$ și $r = 1 \Omega$, alimentează un reostat cu rezistența maximă egală cu a rezistorului de care este legat în paralel $R = 5 \Omega$ (Figura 138). Află:

- puterea disipată pe gruparea de rezistori;
- randamentul circuitului electric;
- ce valoare trebuie să aibă rezistența reostatului pentru transfer maxim de putere?

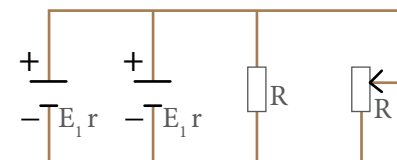


Figura 138 – Circuit electric

Observ! Notează răspunsul care ți se potrivește, gândindu-te la această unitate de învățare.

Comportamentul	Niciodată	Uneori	Deseori
Am dovedit interes pentru învățare.			
Am respectat cerințele profesorului.			
Am finalizat activitățile.			
Am cerut ajutor atunci când am avut nevoie.			
Când am greșit, am vrut să aflu cum mă pot corecta.			
Mi-am exprimat opinia.			
Am lucrat individual.			
Am cooperat cu ceilalți în cadrul activităților.			

Autoevaluare

Referitor la această unitate de învățare, scrie:

- trei concepte învățate;
- două idei despre care dorești să înveți mai mult în continuare;
- o capacitate, o pricepere sau o abilitate pe care consideri că ai dobândit-o.

Timp de lucru 50 de minute

Din oficiu: 10 puncte

1 Încercuiește litera corespunzătoare răspunsului corect.

A. Sarcina electrică totală transportată într-un circuit electric de curent continuu este: (2,5 p)

a) $Q = \frac{I}{\Delta t}$

b) $Q = N \cdot q_0$

c) $Q = N \cdot I \cdot \Delta t$

d) $Q = \frac{N \cdot q_0}{\Delta t}$

B. Tensiunea electromotoare este prin definiție: (2,5 p)

a) $E = \frac{L_{\text{tot}}}{Q}$

b) $E = \frac{L_{\text{int}}}{Q}$

c) $E = \frac{L_{\text{ext}}}{Q}$

d) $E = \frac{L_{\text{ext}} - L_{\text{int}}}{Q}$

C. Rezistența electrică a rezistorului ohmic în funcție de parametrii constructivi este: (2,5 p)

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

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

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

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

D. Intensitatea curentului electric de scurtcircuit se poate exprima prin relația: (2,5 p)

a) $I_{\text{sc}} = \frac{E}{R + r}$

b) $I_{\text{sc}} = \frac{E}{r}$

c) $I_{\text{sc}} = \frac{E - U}{R}$

d) $I_{\text{sc}} = \frac{E}{R}$

2 Notează cu adevărat (A) sau fals (F) enunțurile:

a) ampermetrul ideal nu influențează intensitatea curentului pe care îl măsoară; (2,5 p)

b) voltmetrul se conectează la bornele porțiunii de circuit pentru a măsura corect căderea de tensiune electrică pe aceasta; (2,5 p)

c) energia debitată de un generator electric ideal se disipă numai pe circuitul exterior; (2,5 p)

d) randamentul electric, pentru transferul maxim de putere de la sursă la consumator, este de 50 %. (2,5 p)

3 Completează spațiile punctate astfel încât enunțurile de mai jos să fie corecte și complete:

a) funcționarea fierului de călcat se bazează pe efectul al curentului electric, exprimat cantitativ prin legea ce arată că transformarea energiei electrice în este dependentă de curentului, rezistența electrică a consumatorului și de funcționare; (5 p)

b) unei sonerii ce funcționează pe baza efectului al curentului electric, are forța de atracție dependentă de ai acestuia și de produs de un acumulator electric în interiorul căruia se evidențiază efectul (5 p)

4 Două sarcini punctiforme egale și de semne diferite, aflate în vid la distanța de 1 m între ele, se atrag cu o forță de 16 N. Cu ce forță s-ar respinge dacă ar fi de același semn și dacă s-ar îndepărta la distanța de 2 m? (15 p)

5 Află rezistența electrică a rezistorului ohmic a cărui caracteristică curent-tensiune este prezentată în Figura 139. (15 p)

6 Un generator cu t.e.m $E = 12 \text{ V}$ și rezistența internă, asigură funcționarea normală a unui consumator electric cu puterea nominală $P = 20 \text{ W}$. Dacă intensitatea curentului electric prin circuit este $I = 2 \text{ A}$, află:

a) rezistența internă a sursei; (7,5 p)

b) în câte ore se înregistrează un consum de 1 kWh? (7,5 p)

7 La bornele unei baterii formată din două elemente galvanice identice legate în serie, cu t.e.m. $E = 8 \text{ V}$ și rezistența internă $r = 1 \Omega$ fiecare, sunt conectate în paralel două rezistoare cu rezistențele $R_1 = 6 \Omega$, și $R_2 = 3 \Omega$. Reprezintă schema electrică a circuitului și calculează puterea dezvoltată de bateria electrică. (15 p)

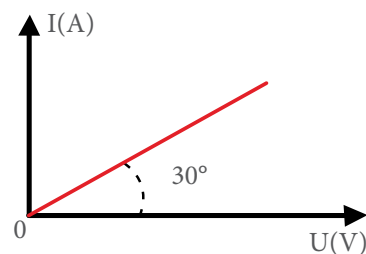


Figura 139 – Grafic

Exersezi și progresezi

- 1 Două corpuri punctiforme cu sarcinile $q_1 = 4 \text{ mC}$ și $q_2 = 9 \text{ mC}$ se găsesc în vid la distanța $d = 1 \text{ m}$. La ce distanță x față de sarcina q_2 , pe segmentul ce unește cele două corpuri, trebuie să se afle un al treilea corp încărcat cu sarcina q , astfel încât acesta să fie în echilibru?

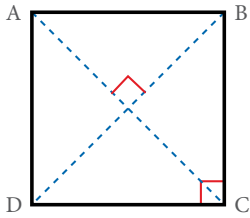


Figura 140 – Sarcini electrice

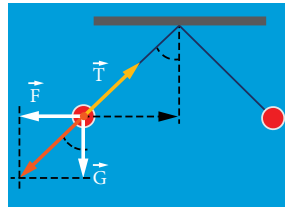


Figura 141 – Fire izolatoare suspendate

- 2 În vârfurile A, B, C, D ale unui pătrat cu latura $l = 1 \text{ m}$ aflat în vid, se găsesc patru corpuri punctiforme cu sarcini egale cu $q = 0,2 \text{ C}$ (Figura 140). Să se calculeze forța exercitată de 3 dintre sarcini asupra celei de-a patra.

- 3 În cadrul experimentului efectuat la ora de fizică (Figura 141), Andrei a suspendat de două fire inextensibile, izolatoare și verticale, cu lungimea $l = 20 \text{ cm}$ fiecare, două corpuri punctiforme identice, cu masele $m = 0,1 \text{ kg}$, având aceeași sarcină electrică q . A constatat că cele două fire deviază și unghiul format de cele două fire devine 90°C . Cu ce sarcină electrică au fost electrizate cele două corpuri?

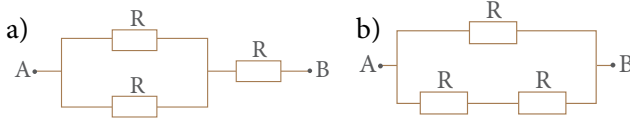


Figura 142 – Grupări rezistori

- 4 Calculează raportul dintre rezistența echivalentă a grupării din Figura 142 a) și rezistența echivalentă a grupării din Figura 142 b).

- 5 Printr-un conductor trece un curent electric a cărui intensitate variază în timp conform ecuației: $I = 5 - 0,5 \cdot t$, unde I se măsoară în amperi și t în secunde.

a) Află valoarea intensității curentului electric la momentele $t_0 = 0 \text{ s}$ și $t = 10 \text{ s}$; b) Reprezintă grafic intensitatea curentului electric în funcție de timp; c) Calculează sarcina electrică medie a electronilor ce trec prin conductor în intervalul de timp cuprins între $t_1 = 2 \text{ s}$ și $t_2 = 6 \text{ s}$.

- 6 Dacă la bornele unui generator se conectează un rezistor cu rezistența $R_1 = 5 \Omega$, atunci generatorul este parcurs de curentul $I_1 = 2 \text{ A}$. Dacă se înlocuiește R_1 cu un rezistor cu rezistența $R_2 = 23 \Omega$, atunci generatorul este parcurs de curentul $I_2 = 0,5 \text{ A}$. Află:

a) rezistența interioară a sursei; b) tensiunea electromotoare E a sursei; c) intensitatea curentului de scurtcircuit; d) pentru ce valoare a rezistenței R_3 care o va înlocui pe R_2 , intensitatea curentului devine $I_1 = 2 \text{ A}$.

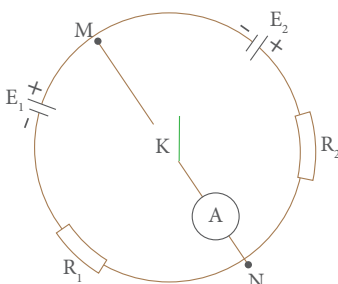


Figura 143 – Circuit electric

- 7 În circuitul din Figura 143, se cunosc: $E_1 = 20 \text{ V}$, $E_2 = 12 \text{ V}$, $R_1 = 100 \Omega$ și $R_2 = 80 \Omega$. Dacă sursele și ampermetrul sunt ideale, află:

a) intensitatea curentului prin circuit, dacă întrerupătorul K este deschis;
b) curentul electric indicat de ampermetru pe ramura MN pentru K – închis;
c) căldura disipată de rezistorul R_1 în timp de 27 minute, pentru K – deschis.

- 8 În circuitul din Figura 144, se cunosc $E_1 = 4,5 \text{ V}$, $E_2 = 3 \text{ V}$, $r_1 = 1 \Omega$, $r_2 = 0,5 \Omega$ și $R = 6 \Omega$. Considerând voltmetrul ideal, află:

a) intensitatea curentului prin rezistorul R ;
b) tensiunea U_{AB} indicată de voltmetru;
c) căldura degajată de rezistorul R , în timp de 5 minute;
d) tensiunea la bornele sursei cu t.e.m. E_2 .

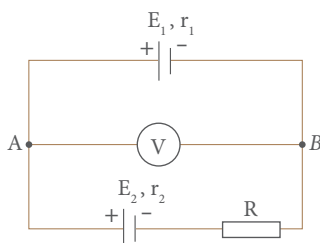


Figura 144 – Circuit electric

- 9 O baterie electrică constituită din patru elemente galvanice identice legate în serie, cu t.e.m. de 1 V și rezistența internă $0,5 \Omega$ fiecare, alimentează un circuit electric format din doi rezistori grupați în paralel $R_1 = 10 \Omega$ și $R_2 = 40 \Omega$. Se cer:

a) Desenează schema electrică a circuitului;
b) Află intensitățile curenților electrici din circuit;
c) Calculează raportul energiilor disipate pe cei doi rezistori.

Fenomene optice

UNITATEA

3



1. Surse de lumină. Propagarea luminii în diverse medii (absorbție, dispersie, culoarea corpurilor)

Ce înveți?

- Proprietăți ale surselor de lumină
- Proprietăți ale mediilor de propagare a luminii

Cuvinte cheie

- absorbție
- dispersie
- culoare

Din experiența ta!

1 Ai privit cerul înstelat într-o noapte senină. De ce se vede Luna? Dar stelele sclipind în alb și roșu?

2 Pornind de la imaginile din *Figura 1* completează schemele din *Figura 2* cu cât mai multe exemple de corpuri.



Figura 1 – Fulger. Lumânare

3 Privește becul aprins al unei lanterne prin geamul ferestrei, prin rigla de plastic și prin penar. Explică, în fiecare caz, cum traversează lumina corpurile respective și completează cu exemple schema din *Figura 3*.

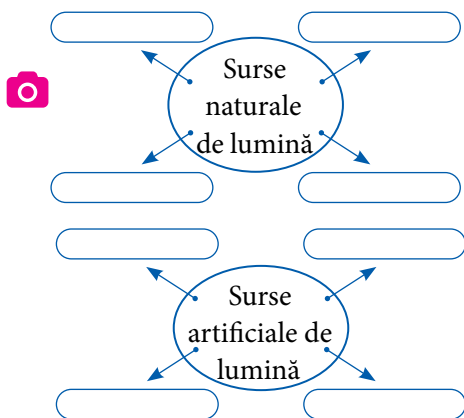


Figura 2 – Surse de lumină

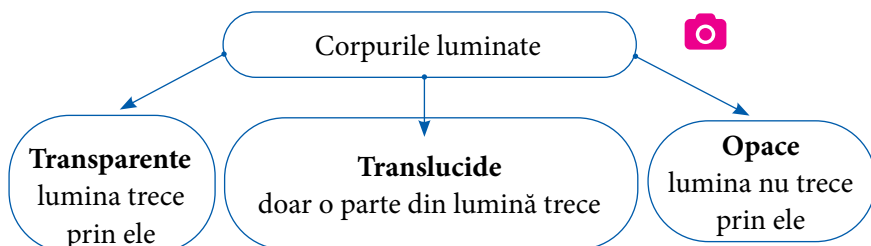


Figura 3 – Tipuri de corpuri luminate

Află!

Noaptea vedem stelele pentru că acestea emit lumină prin vidul spațiului cosmic și atmosfera terestră până la ochii noștri. „Sclipirea” stelelor este efectul trecerii luminii prin straturi de aer „mișcătoare” cu densități și temperaturi diferite. Unele stele emit lumină roșie, iar altele lumină albă în funcție de cât de calde sunt. Luna nu emite lumină, însă o putem vedea deoarece împrăștie prin reflexie lumina pe care o primește de la Soare. Pentru a vedea un corp, acesta trebuie să *emită sau să reflecte* lumină.

Corpurile care produc și emit lumină se numesc **surse de lumină**, iar corpurile care primesc și reflectă o parte din lumina primită se numesc **corpuri luminate**.

Sursele de lumină naturale (soarele, stelele, fulgerul, licuriciul etc.) și **artificiale**, create de om (lumânarea, becul, lanterna etc.) pot emite *lumină caldă* (galben-portocalie) sau *lumină rece* (albă sau alb-albăstruie). Corpurile luminate, la rândul lor, se împart, după modul în care permit trecerea luminii prin ele, în corpuri: **transparente** (aproximativ toată lumina incidentă le străbate – sticla de fereastră), **translucide** (doar o parte din lumină trece prin ele, restul fiind reflectată și *absorbită* – geamul mat, hârtia) sau **opace** (lumina este în totalitate absorbită și/sau reflectată, astfel nu se poate propaga prin ele – lemnul, metalul).



Figura 4 – Câmp de flori – curcubeu și culori în natură

Observă și descoperă!

4 Explică cum se formează curcubeul folosind expresii ca: *lumina soarelui, picături de apă, separarea culorilor luminii* etc. Care sunt culorile curcubeului?

5 De ce crezi că iarba ne apare colorată în verde și florile în galben sau roz (*Figura 4*)? În general, de ce percepem colorate obiectele din jurul nostru, dacă toate sunt luminate de Soare?

Experiment

Scop: evidențierea fenomenului de dispersie a luminii. (Figura 5)

Materiale: banc optic, sursă de lumină albă, diafragmă cu fantă, suport pentru prismă, prismă optică, ecran de observație.

Mod de lucru:

1. Realizează montajul experimental sub îndrumarea profesorului.
2. Trimite o rază de lumină spre prismă și rotește ușor suportul prisme până când observi pe ecran imaginea colorată a fantei.

Constatări:

Câte culori principale (exceptând nuanțele) identifiți pe ecran? Cum este deviată lumina roșie față de cea verde? Dar față de cea violetă?

Află!

Curcubeul este un fenomen optic care constă în apariția pe cer, de cele mai multe ori după ploaie, a unui arc de cerc colorat, în urma traversării de către lumină a picăturilor de apă din atmosferă. Lumina albă, provenită de la Soare se va separa în mai multe culori. Fenomenul care stă la baza formării curcubeului este cel de **dispersie a luminii naturale (numită lumină albă) sub formă de benzi luminoase colorate**.

Dispersia luminii este fenomenul de descompunere a luminii albe în șapte fascicule de lumină colorate diferite: **Roșu, Oranj, Galben, Verde, Albastru, Indigo, Violet**.

Fenomenul de dispersie a fost studiat și pus în evidență experimental de Isaac Newton în anul 1672. El a observat că un fascicul de lumină albă, provenit de la Soare, trimis către o prismă de sticlă este descompus în culorile curcubeului ROGVAIV (Figura 6).

Prisma optică este un mediu transparent, limitat de două suprafețe plane neparalele, care poate devia și descompune lumina albă incidentă în culorile sale componente.

Mediul în care lumina dispersează se numește **mediu dispersiv**. Toate mediile sunt dispersive, cu excepția vidului și a aerului, cu anumite aproximații. Acest lucru se datorează faptului că în vid (și în aer) diferitele culori care alcătuiesc lumina albă se propagă cu aceeași viteză.

Viteza de propagare a luminii în vid, notată cu litera c , este $c = 300\,000\,000$ m/s. În alte medii transparente viteza luminii este mai mică decât în vid.

Acest fenomen poate fi observat și în alte condiții, de exemplu, folosind și alte surse de lumină, lumina lunii, și în locul prisme, picături de apă, cascade, fântâni arteziene.

În cadrul experimentului efectuat, ca și în cazul curcubeului, fasciculul îngust de lumină albă, incident (care se îndreaptă, care „vine”) pe prismă, se descompune după ce pătrunde în prismă, într-un fascicul colorat, din ce în ce mai larg. Pe ecranul de observație apare o bandă colorată, culoarea trecând treptat și continuu prin toate culorile curcubeului ROGVAIV, culoarea roșie fiind deviată cel mai puțin, iar culoarea violet cel mai mult. Imaginea obținută reprezintă **spectrul continuu al luminii albe**.



Figura 5 – Dispersia luminii (montaj experimental)



Figura 6 – Dispersia luminii prin prisma optică

Experiment

Scop: evidențierea fenomenului de absorbție a luminii.

Materiale: sursă de lumină albă, o placă de sticlă roșie, o bucată de hârtie roșie, ecran de observație.

Mod de lucru:

1. Privește lumina albă a sursei prin placa de sticlă.
2. Așază pe ecranul de observație bucata de hârtie colorată și proiectează pe ecran lumina albă.

Constatări:

Ce culoare are lumina care trece prin sticlă? Cum este colorată hârtia de pe ecranul de observație?

Află!

Ai constatat că, așezând în fața sursei de lumină albă, bucata de sticlă roșie, lumina care trece prin sticlă are culoare roșie. Dacă foloseai sticla de altă culoare, lumina ar fi avut acea culoare.

Culoarea corpurilor transparente (exemplu, sticla roșie) este determinată de culoarea care trece prin ele, celelalte culori din spectrul luminii albe fiind absorbite.

În regiunea culorii roșii a spectrului, hârtia apare intens colorată, iar în celelalte regiuni apare întunecată. Dintre toate radiațiile care ajung la hârtia așezată pe ecran, aceasta le reflectă „întorcându-le” spre ochii tăi numai pe cele roșii, în timp ce pe celelalte le absoarbe.

Culoarea corpurilor opace (hârtia) este dată de culoarea pe care acestea o reflectă.

Vedem un obiect în culoarea pe care acesta o reflectă, celelalte componente ale luminii incidente pe suprafața lui fiind în totalitate absorbite de acesta. *Corpurile negre* absorb toate culorile luminii care cad pe ele, în timp ce *corpurile albe* reflectă toate radiațiile incidente. Culorile care, suprapuse două câte două, dau culoare albă, se numesc **culori complementare**. Exemplu: roșu și verde; albastru și oranj; galben și indigo.

Important

- Pentru a putea vedea un obiect, acesta trebuie să *emită sau să reflecte* lumină.
- Corpurile care emit lumină se numesc **surse de lumină**, iar corpurile care primesc și reflectă lumina se numesc **corpuri luminate**. Acestea din urmă pot fi corpuri: transparente, translucide și opace.
- **Dispersia luminii** este fenomenul de descompunere a luminii albe în fascicule de lumină colorate diferit: roșu, oranj, galben, verde, albastru, indigo, violet.
- Obiectele se văd în culoarea pe care acestea o **reflectă**, celelalte componente ale luminii incidente pe suprafața lor fiind în totalitate **absorbite**. *Corpurile negre* absorb toate radiațiile care cad pe ele, în timp ce *corpurile albe* reflectă toate radiațiile incidente.

Aplică!

6 Fenomenul invers dispersiei constă în obținerea luminii albe din culorile ei componente. Discul lui Newton este o placă circulară împărțită în șapte sectoare colorate ROGVAIV. Prin învârtirea rapidă a discului, Newton a arătat că acesta se vedea aproape alb.

Ai nevoie de: două baterii, fire conductoare, un întrerupător, un motorăș, un CD pe care ai lipit bucăți de hârtie colorată sub forma a șapte sectoare de cerc egale, în ordinea ROGVAIV. Efectuează un montaj cu ajutorul căruia să reproduci experimentul efectuat de Newton.

Portofoliu

7 Scrie un referat cu titlul *Dispersia luminii în natură și în tehnică*.

2. Raze de lumină/fascicul de lumină. Principiile propagării luminii

Ce înveți?

- Principiile propagării luminii

Cuvinte cheie

- rază de lumină
- fascicul de lumină

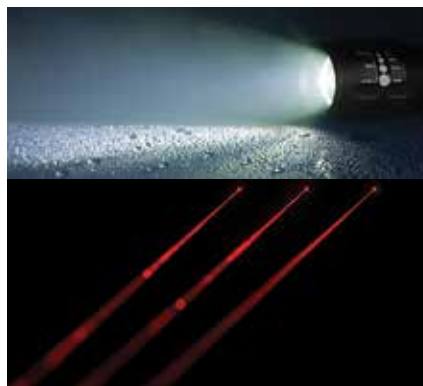


Figura 8 – Lumina emisă de lanternă.
Lumina emisă de laser

Observă și descoperă!

1 Privește lumina emisă de Soare, cea emisă de un bec aflat în apropierea ta și lumina care provine de la o stea (Figura 7). Cum se vede mărimea steii în comparație cu a celorlalte două surse de lumină?



Figura 7 – Soare. Bec. Stea

2 Proiectează pe tablă sau pe un perete lumina emisă de o lanternă și lumina emisă de un laser pointer (Figura 8). Compară cele două pete luminoase observate. Ce poți afirma despre fasciculele de lumină care le determină?

Experiment

Scop: evidențierea fasciculelor luminoase și a modului în care se propagă lumina (Figura 9).

Materiale: banc optic, sursă de lumină albă, două plăci opace prevăzute cu fante circulare de dimensiuni diferite, o placă opacă cu fantă liniară, ecran de observație.

Mod de lucru:

1. Pe bancul optic așază sursa de lumină și suporturile plăcilor în care sunt practicate fantele circulare.
2. Deplasează cele două suporturi până când observi filamentul becului prin fantele celor două plăci.
3. Pe bancul optic se așază sursa de lumină, suportul plăcii în care e practică fantă simplă și, perpendicular pe acest suport, ecranul de observație.
4. Observă lumina proiectată pe ecranul de observație.

Constatări:

Cum se propagă lumina atunci când vezi filamentul becului prin cele două fante circulare? Ce observi pe ecran atunci când folosești fantă liniară? Ce crezi că s-ar întâmpla dacă ai folosi o fantă mai îngustă?

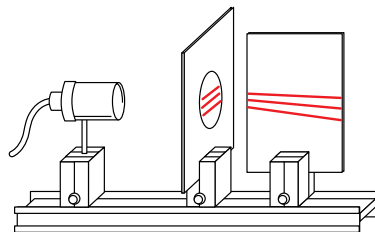


Figura 9 – Propagarea luminii
(montaj experimental)

Află!

Soarele și becul electric aflat aproape de tine sunt surse de lumină cu suprafață întinsă, spre deosebire de stele, care privite de pe Pământ, de la distanță foarte mare, pot fi considerate **surse punctiforme** de lumină. Toate aceste surse emit lumină în toate direcțiile. Zona luminoasă produsă de lanternă pe ecranul de observație este mai mare decât cea a laserului pointer, care se reduce, practic, la un punct. Lanterna emite, așadar, un **fascicul larg** de lumină, în comparație cu **fasciculul îngust** emis de laser.

Faptul că vezi filamentul becului prin cele două fante circulare, al căror diametru este de câțiva milimetri, se datorează propagării luminii în linie dreaptă, așa cum, de altfel, observi pe ecran și atunci când folosești fantă liniară.

La trecerea luminii printr-o fantă se obține un fascicul luminos de lărgimea fantei. Dacă se micșorează fanta din ce în ce mai mult, fasciculul luminos devine din ce în ce mai îngust. Cel mai subțire fascicul de lumină obținut, îl numim **rază de lumină**.

Raza de lumină poate fi considerată *un model al realității*, o noțiune convențională, ca și sursa de lumină punctiformă, deoarece în realitate nu putem separa dintr-un fascicul o singură rază de lumină.

Raza de lumină se poate defini ca direcția de-a lungul căreia se propagă lumina. Un grup de raze de lumină formează, un fascicul de lumină (*Figura 10*). Dacă razele de lumină dintr-un fascicul sunt paralele între ele, atunci fasciculul se numește **paralel** (fasciculul emis de un laser). Dacă razele de lumină se propagă dintr-un punct sursă, fasciculul este **divergent**, iar dacă razele de lumină se propagă spre același punct, fasciculul este **convergent**

(razele de lumină provenite de la Soare, sunt transformate cu ajutorul unei lupe într-un fascicul convergent).

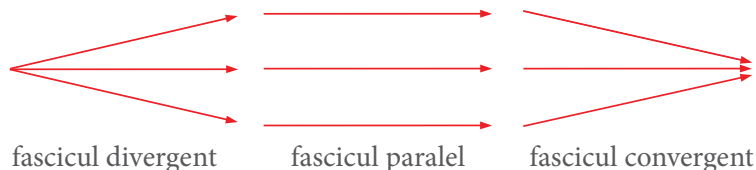


Figura 10 – Fascicule de lumină

Îți amintești din clasa a VI-a, că optica, ramură a fizicii care studiază lumina și fenomenele luminoase, se împarte în trei secțiuni: optica ondulatorie, optica fonică și optica geometrică. Optica geometrică studiază mersul razelor de lumină prin diferite medii, legile propagării luminii și formarea imaginilor optice. La baza opticii geometrice se află trei principii importante legate de propagarea luminii (și un principiu mai general, **principiul lui Fermat**, care va fi studiat în clasele mai mari):

1. **principiul propagării rectilinii a luminii:** Într-un mediu transparent, omogen (care are aceleași proprietăți în toate punctele sale) și izotrop (care are aceleași proprietăți în toate direcțiile) lumina se propagă în linie dreaptă (așa cum ai constatat și din experimentul efectuat).

2. **principiul independenței razelor de lumină:** Când un fascicul luminos poate fi împărțit în mai multe fascicule de lumină se constată că propagările acestor fascicule sunt independente, adică efectul produs de un fascicul este același indiferent de prezența celorlalte.

De exemplu, dacă folosești o sursă de lumină și un ecran în care sunt practicate trei fante, observi pe un alt ecran, imaginea acestora. Dacă acoperi două dintre fante, pe ecran va apărea, în același loc ca și înainte, imaginea fantei neacoperite. Cu alte cuvinte, fasciculul luminos care trece prin fanta neacoperită produce pe ecran același efect luminos, fie că sunt sau nu sunt prezente celelalte fascicule.

3. **principiul reversibilității drumului razelor de lumină:** Lumina se propagă identic pe același drum în ambele sensuri. (Exemplu: schimbând poziția ta cu cea a flăcării lumânării pe care o privești, lumina acesteia ajunge la ochi pe același drum, dar în sens invers).

Important



- **Raza de lumină** reprezintă direcția de-a lungul căreia se propagă lumina. Un grup de raze de lumină formează un **fascicul de lumină**. Fasciculele de lumină pot fi: **paralele**, **divergente** și **convergente**.

- **Principiile propagării luminii** sunt: principiul propagării rectilinii a luminii, principiul independenței razelor de lumină și principiul reversibilității drumului razelor de lumină.

Aplică!

3 Știind că lumina se propagă în linie dreaptă, explică și reprezintă grafic formarea umbrei și a penumbrei unui obiect.

4 Identifică în natură și în tehnică cele trei tipuri de fascicule de lumină.

Portofoliu

5 Caută informații despre ultima și despre viitoarea eclipsă totală de Soare observată din țara noastră și fă o scurtă prezentare a acestor tipuri de eclipse.

3. Reflexia luminii

Ce înveți?

- Descrierea calitativă a reflexiei luminii

Cuvinte cheie

- reflexie
- rază incidentă
- rază reflectată
- unghi de incidență
- unghi de reflexie

Din experiența ta!

- 1 În *Figura 11* observi imaginile obiectelor redată de suprafața liniștită a unei ape. Ce se întâmplă cu razele de lumină atunci când ating suprafața apei? Cum se formează aceste imagini? Crezi că suprafața oricărui corp poate forma imagini ale obiectelor din jur sau numai anumite suprafețe?
- 2 Iarna, la săniuș sau pe pârtia de schi simți nevoia să porți ochelari? De ce te „orbește” zăpada (*Figura 12*)?
- 3 Despre ce fenomen optic amintește citatul scriitoarei americane Edith Wharton „Există două feluri de a împrăștia lumina: să fii lumânarea sau oglinda care o reflectă”?



Figura 11 – Reflexia în apă



Figura 12 – Zăpadă

Experiment

Scop: observarea fenomenului de reflexie a luminii cu ajutorul corpurilor din jurul tău (*Figura 13*).

Materiale: oglindă plană de sticlă, foaie de hârtie albă, lanternă, marker, echer, raportor.

Mod de lucru:

1. Pune raportorul de 180° cu baza dreaptă pe linia de contact dintre oglindă și foaia pe care ai așezat perpendicular oglinda. Trasează cu markerul, pe foaie, diviziuni ce împart lungimea liniei curbe a raportorului în distanțe egale, la alegerea ta, ca în *Figura 13*.
2. Direcționează fasciculul de lumină al lanternei în planul foii, către oglinda plană, spre punctul de intersecție al normalei cu oglinda.
3. Modifică direcția fasciculului pe care îl trimiți spre oglindă și urmărește direcția celui reflectat.

Observație: Experimentul însuși este însoțit permanent de „imaginea lui în oglindă”.

Constatări: Ce se întâmplă cu lumina când întâlnește suprafața oglinzii? Trece ea prin oglindă? Fasciculul se întoarce de la oglindă la fel de luminos?



Figura 13 – Observarea calitativă a fenomenului de reflexie a luminii

Află!

Atunci când lumina atinge suprafața apei, a zăpezii sau a oglinzii din experiment, o parte din ea „ricoșează”, este întoarsă din drum, schimbându-și direcția de propagare. Majoritatea obiectelor, nefiind surse de lumină, pot deveni vizibile datorită luminii pe care o reflectă. În general, acest fenomen nu provoacă disconfort ochilor. Totuși, sunt situații când cea mai mare parte din lumină este reflectată și atunci simți nevoia să-ți protejezi ochii.

De exemplu, zăpada proaspătă reflectă între 80 și 90% din lumina incidentă (lumina ce cade pe suprafață).

În experimentul de reflexie a luminii pe oglindă ai observat că fasciculul reflectat pare mai puțin luminos decât cel incident. Chiar dacă în acest experiment sunt și alți factori care contribuie la o asemenea percepție, în realitate chiar așa se întâmplă. La nivelul oricărei suprafețe reflectătoare, o parte mică din lumina incidentă este absorbită, iar cea mai mare parte este reflectată. Absorbția luminii pe cele mai performante oglinzi plane realizate din sticlă cu depunere metalică, poate ajunge la un minim de 1%.

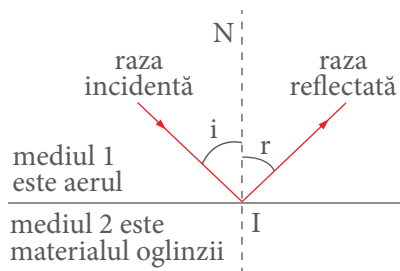


Figura 14 – Reflexia luminii

Reflexia luminii reprezintă fenomenul de întoarcere (parțială) a luminii în mediul din care provine, cu schimbarea direcției de propagare, atunci când întâlnește o suprafață de separare față de un alt mediu (Figura 14).

Raza incidentă este raza care se îndreaptă spre suprafața de separare dintre două medii.

Raza reflectată este raza care părăsește suprafața de separare dintre două medii în urma reflexiei.

N – este **normala la suprafață** (perpendiculara) în punctul I de incidență (punctul aflat pe suprafața de separare dintre cele două medii, în care raza incidentă își schimbă direcția)

i – unghiul format de raza incidentă cu normala la suprafață, numit **unghi de incidență**

r – unghiul format de raza reflectată cu normala la suprafață, numit **unghi de reflexie**

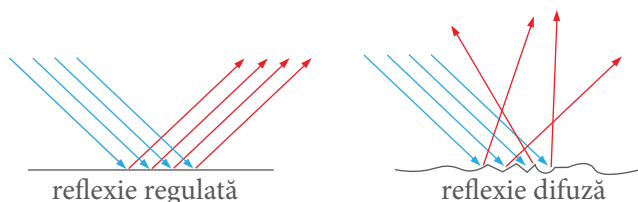


Figura 15 – Tipuri de reflexii

Când suprafața de separare dintre două medii este netedă, razele de lumină incidente paralele sunt reflectate astfel încât și razele reflectate să fie paralele între ele (**reflexie regulată**). Dacă suprafața de separare este neregulată, atunci razele incidente paralele vor fi reflectate pe diverse direcții (**reflexie difuză**) (Figura 15).



Important

- **Reflexia luminii** reprezintă fenomenul de întoarcere (parțială) a luminii în mediul din care provine, cu schimbarea direcției de propagare, atunci când întâlnește o suprafață de separare față de un alt mediu.
- Reflexia poate fi **regulată** sau **difuză**.

Aplică!

- 4 Care este motivul pentru care se utilizează „ochiul de pisică” (catadioptrul) la biciclete ? Cum funcționează el?
- 5 De ce diferă imaginea muntelui obținută pe suprafața apei în cele două situații (Figura 16)?



Figura 16 – Reflexie munte



Portofoliu

- 6 Informează-te despre modul în care este utilizat un periscop (Figura 17) și construiește unul, cu ajutorul căruia să poți vedea obiectele care se găsesc la nivelul unei suprafețe (apă, sol) dintr-o poziție situată sub acea suprafață. Ai nevoie de: oglinzi plane, carton, bandă adezivă și foarfece.

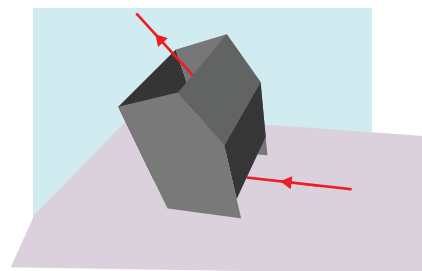


Figura 17 – Periscop

4. Legile reflexiei – aplicație experimentală – oglinzi plane

Ce înveți?

- Legile reflexiei luminii

Cuvinte cheie

- unghi de incidență
- unghi de reflexie
- oglindă plană

Observă și descoperă!

1 Lucrați în echipă! Aveți nevoie de o oglindă plană și o lanternă. Așezați-vă astfel încât lumina lanternei, trimisă de unul dintre voi pe oglinda aflată la cel de-al doilea, să lumineze fața celui de-al treilea coleg (Figura 18). Găsiți o regulă după care se reflectă fasciculul incident în oglindă. Unde trebuie să se poziționeze persoana/obiectul la care vrei să ajungă lumina?

Experiment

Scop: determinarea pe cale experimentală a legilor reflexiei luminii (Figura 19).

Materiale: un mic laser, oglindă plană și disc gradat.

Mod de lucru:

1. Așază oglinda plană pe disc, astfel încât normala (perpendiculara) la planul oglinzii să fie chiar diametrul discului.
2. Trimite cu ajutorul laserului, o rază de lumină spre oglinda poziționată pe discul gradat (Figura 19).
3. Stabilește care sunt: raza incidentă, raza reflectată, normala la suprafață.
4. Citește pe disc valorile unghiurilor de incidență și de reflexie și notează-le într-un tabel (Tabelul 1).

Tabelul 1 – Valorile unghiurilor de incidență și de reflexie

i (grade)	r (grade)

5. Rotește discul, variind, astfel, unghiul de incidență și notează, din nou, valorile pentru unghiul de incidență și pentru cel de reflexie. Repetă rotirea discului!

Constatări:

Ce relație matematică poți scrie între unghiul de incidență și cel de reflexie? Cum sunt dispuse, de fiecare dată, razele incidentă, reflectată și normala la planul oglinzii?

Află!

Pentru ca lumina trimisă de tine pe oglindă să ajungă la colegul tău trebuie ca acea persoană să se afle pe direcția razei reflectate de oglindă. Așa cum ai constatat din experimentul efectuat, direcția razei reflectate formează cu normala construită în punctul de incidență un unghi egal ca valoare cu unghiul format de raza incidentă cu acea normală. Aceste raze, ca și normala la suprafața de separare a celor două medii, sunt dispuse în același plan (Figura 20).



Figura 18 – Reflexia luminii pe oglindă

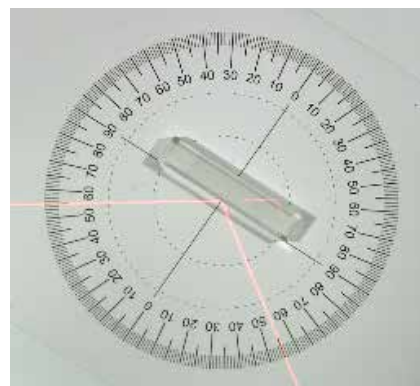


Figura 19 – Montaj experimental pentru stabilirea legilor reflexiei

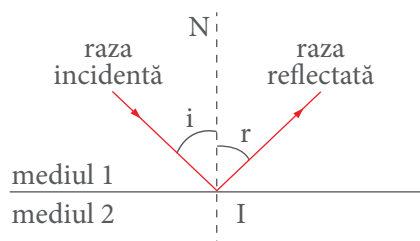


Figura 20 – Reflexia luminii

Legile reflexiei, stabilite experimental, se enunță astfel:

1. Raza incidentă, normala la suprafață și raza reflectată se găsesc în același plan, numit **plan de incidență**.
2. Unghiul de reflexie este egal cu unghiul de incidență: $r = i$.

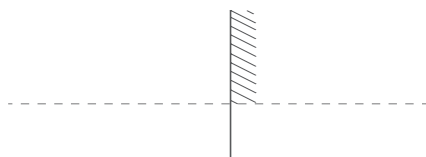


Figura 21 – Reprezentare oglindă plană



Figura 22 – Imagini în oglindă plană

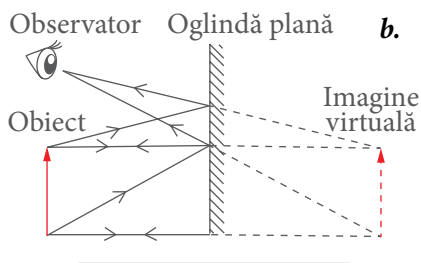
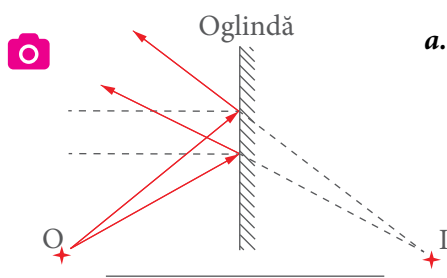


Figura 23 – Construcția imaginii unui obiect într-o oglindă plană

Una dintre aplicațiile importante ale fenomenului de reflexie a luminii o constituie oglinzile. **Oglinda** este o suprafață netedă, lucioasă, care reflectă aproape integral lumina. După forma suprafeței reflectătoare, oglinda poate fi **plană** sau **sferică**. De obicei, oglinda se obține prin depunerea unui strat subțire metalic (argint, aluminiu) pe sticlă. Oglinda plană se reprezintă printr-un segment de dreaptă a căruia parte nereflectătoare se hașurează (Figura 21).

Observă și descoperă!

2 Ce mână ridică persoana din Figura 22 în fiecare caz? Ce mână pare că ridică în imaginea sa din oglindă? Unde se formează imaginea obiectului față de oglindă? Cum este mărimea imaginii față de mărimea obiectului?

Află!

Pentru a construi imaginea unui obiect într-o oglindă plană, se aplică legile reflexiei luminii.

În Figura 23 a) se observă două raze incidente pe oglindă plană, care pornesc de la o sursă de lumină punctiformă O. Fiecare dintre aceste două raze se reflectă conform legilor reflexiei ($i = r$). După reflexie, aceste raze nu se intersectează, ci prelungirile lor se întâlnesc în punctul I, care reprezintă imaginea sursei de lumină O în oglindă.

În Figura 23 b) este construită imaginea unui obiect care nu este punctiform, având înălțime, imagine obținută aplicând aceleași legi ale reflexiei.

Imaginea obținută la intersecția prelungirilor razelor reflectate se numește **imagine virtuală**, în timp ce, imaginea obținută la intersecția razelor de lumină reflectate se numește **imagine reală**.

Imaginea unui obiect într-o oglindă plană are următoarele caracteristici: este virtuală, dreaptă, are dimensiuni egale cu ale obiectului, se formează într-o poziție simetrică cu cea a obiectului față de planul oglinzii (distanța obiect-oglină este egală cu distanța imagine-oglină), iar partea dreaptă a corpului se vede în partea stângă a imaginii (și invers), așa cum ai observat în Figura 22 (inversiune laterală).

Important

Legile reflexiei:

1. Raza incidentă, normala la suprafață și raza reflectată se găsesc în același plan, numit **plan de incidență**.
2. Unghiul de reflexie este egal cu unghiul de incidență: $r = i$.
 - Imaginea obținută la intersecția prelungirilor razelor reflectate se numește **imagine virtuală**.
 - Imaginea obținută la intersecția razelor de lumină reflectate este numită **imagine reală**.
 - Caracteristicile imaginii unui obiect într-o oglindă plană: virtuală, dreaptă, egală cu obiectul, simetrică față de oglindă și inversată lateral.

Problemă rezolvată

3 O sursă de lumină punctiformă este situată la 60 cm deasupra centrului unei oglinzi plane circulare (pe direcția perpendiculară ridicată din centrul oglinzii). Diametrul oglinzii este de 40 cm și ea este plasată la 2 m față de tavanul unei încăperi (Figura 24). Află care este diametrul discului luminos obținut pe tavan, în urma reflexiei luminii pe oglindă.

Rezolvare:

Pentru a determina diametrul cercului luminos de pe tavan, trasăm două raze incidente de la sursa de lumină S , în punctele situate la extremitățile diametrului AA' al oglinzii, acestea fiind cele mai înclinate raze provenite de la sursă ce se vor reflecta pe oglindă. Aceste raze se reflectă pe oglindă (respectând legile reflexiei, $i = r$) ajungând în punctele extreme B și B' situate pe tavanul încăperii.

Se observă că unghiurile SAO și MBA sunt congruente având același complement ($SAO + i = MBA + r = 90^\circ$). Prin urmare, triunghiurile SAO și MBA sunt asemenea (având toate unghiurile egale). Scriem raportul de

$$\text{asemănare: } \frac{SO}{MA} = \frac{OA}{MB} \Rightarrow MB = \frac{MA \cdot OA}{SO} \Rightarrow MB = \frac{2 \cdot 0,2}{0,6} \text{ m} = 0,66 \text{ m}$$

$$O'M = OA = 0,2 \text{ m} \Rightarrow O'B = 0,2 \text{ m} + 0,66 \text{ m} = 0,86 \text{ m}$$

Răspuns: Diametrul discului luminos obținut pe tavan este:

$$B'B = 2O'B = 2 \cdot 0,86 = 1,72 \text{ m}$$

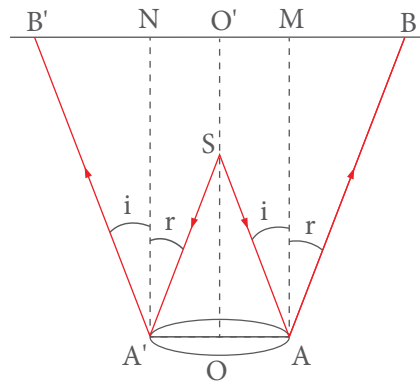


Figura 24 – Problemă rezolvată

Aplică!

4 Scrie semnificația fizică a fiecărui element grafic care apare în Figura 25 și relația matematică dintre mărimile fizice prezente.

5 Ioana se află inițial la distanța 1,5 m față de o oglindă plană, apoi, ea se îndepărtează de oglindă cu 1 m.

A. Distanța dintre Ioana și imaginea ei inițială în oglindă este:

- a) 1,5 m; b) 2 m; c) 3 m; d) 4 m.

B. Distanța dintre imaginea Ioanei și oglindă s-a mărit, după îndepărtarea ei, cu: a) 1 m; b) 2,5 m; c) 5 m; d) 2 m.

C. Distanța dintre Ioana și imaginea ei în oglindă după îndepărtare, față de situația inițială s-a mărit cu:

- a) 1 m; b) 2 m; c) 5 m; d) 2,5 m.

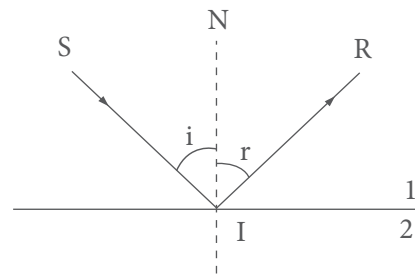


Figura 25 – Fenomenul de reflexie a luminii

6 Andrei îndreaptă laserul către o oglindă plană. Știind că raza incidentă formează cu oglinda un unghi de 60° , unghiul dintre raza incidentă și raza reflectată este: a) 30° ; b) 90° ; c) 120° ; d) 60° .

7 În timpul experimentului de la lecția despre reflexia luminii, unghiul de incidență al unei raze provenite de la o sursă de lumină punctiformă, pe o oglindă plană, este 60° . Unghiul de deviație al razei reflectate față de direcția razei incidente în această situație este: a) 30° ; b) 60° ; c) 120° ; d) 90° .

8 La ora de fizică Bogdan a realizat un experiment. El a aranjat două oglinzi plane astfel încât acestea să fie perpendiculare. Între ele a așezat un mic obiect. Câte imagini ale obiectului în cele două oglinzi va observa el?

- a) 2; b) 3; c) 4; d) 6.

9 Construiește imaginea obiectului AB în oglinda plană din Figura 26.

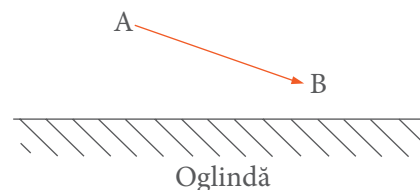


Figura 26 – Oglindă plană

5. Extindere: aplicații ale legilor reflexiei în tehnologie

Ce înveți?

- Câteva aplicații ale legilor reflexiei în tehnologie

Cuvinte cheie

- galvanometru
- telescopul spațial Hubble

Observă și descoperă!

- 1 Observă *Figura 27*. Ai folosit în capitolul electricitate un astfel de instrument de măsură? Ce mărimi fizice măsoară el?
- 2 Instrumentul din *Figura 28* este telescopul Hubble. Folosește internetul și caută informații despre principalele descoperiri realizate de acest telescop și despre modul în care au influențat ele înțelegerea noastră despre Univers.



Figura 27 – Galvanometru



Figura 28 – Telescopul Hubble

Află!

Reflexia luminii, alături de refracție și reflexia totală, despre care vei afla în lecțiile viitoare, explică unele fenomene naturale și au multe aplicații tehnice importante. Două dintre aplicațiile legilor reflexiei în tehnologie sunt legate de funcționarea galvanometrului și a telescopului Hubble.

Galvanometrul (*Figura 27*) este un dispozitiv utilizat pentru a pune în evidență curenți de intensități mici. El poate fi folosit ca ampermetru, dar poate fi etalonat și în unități de măsură pentru tensiunea electrică. În spatele scalei gradate se află o oglindă plană. Pentru ca valoarea citită cu ajutorul galvanometrului să fie cât mai exactă, este necesar ca acul indicator să se suprapună peste imaginea sa în oglindă cu care este prevăzut.

O oglindă plană care se rotește cu un unghi α , determină rotația razei reflectate cu un unghi dublu 2α (*Figura 29*). În schimb, dacă obiectul își modifică poziția cu unghiul α , raza reflectată se rotește, în sens invers celei incidente, tot cu unghiul α . Această observație este utilizată la construcția galvanometrelor, astfel: o oglindă plană, mică și ușoară, este fixată de un sistem care se rotește cu unghiul α atunci când prin el trece un curent de intensitate mică. Dacă lumina emisă de o sursă cade normal (perpendicular) pe oglindă, ea se reflectă pe aceeași direcție ($r = i$) și pe scala gradată de deasupra sursei de lumină se formează un spot luminos în dreptul diviziunii zero a aparatului. Trecerea curentului electric prin sistemul de care este fixată oglinda, o rotește cu un unghi α , fasciculul luminos este reflectat la unghiul 2α , iar spotul luminos este deviat în poziția diviziunii de pe scala ampermetrică corespunzătoare curentului măsurat.

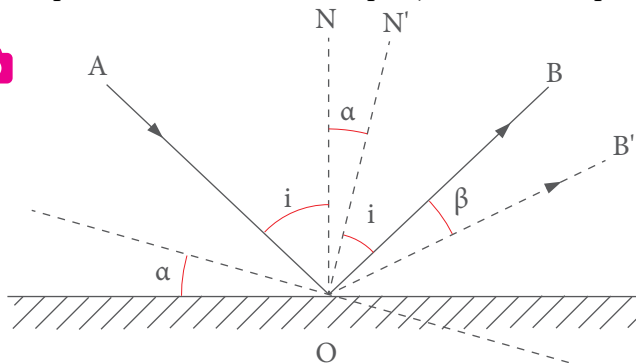


Figura 29 – Rotația oglinzii cu un unghi determină rotația razei reflectate cu unghi dublu



Figura 30 – Gravarea cu laser

Oglinzile galvanometrice (ale căror mișcări pot fi controlate prin controlul curentului electric) sunt folosite pentru a direcționa fasciculele de lumină în unele tipuri de proiectoare. De asemenea, ele sunt folosite pentru a direcționa fascicule laser cu intensitate mare pentru gravarea cu raza laser (Figura 30).



Telescopul spațial Hubble este un instrument astronomic de ultimă generație care a revoluționat studiul Universului, oferind imagini clare și precise ale obiectelor cerești aflate la distanțe foarte mari. Are o formă cilindrică, cu un design specializat pentru a rezista condițiilor dure din spațiu și este echipat cu mai multe instrumente științifice, antene de comunicație și un sistem de alimentare cu energie solară. Lungimea telescopului este de aproximativ 13,3 m și cântărește în jur de 11 tone.

Telescopul Hubble funcționează pe baza *principiilor fundamentale ale astronomiei și opticii*. Cea mai importantă parte a telescopului este reprezentată de **oglinzile principale**, care are 2,4 metri și a cărei șlefuire a început în 1979 și a continuat până în 1981, când a fost adăugat stratul reflector de aluminiu, subțire de 75 nm și stratul protector de fluorură de magneziu de 25 nm grosime. Lumina focalizată de oglinda principală este reflectată de **oglinzile secundare**, care o redirecționează către detectorii științifici ai telescopului (Figura 31). Aceștia din urmă pot fi senzori CCD (Charge-Coupled Device), care convertesc lumina în semnale electrice. Senzorii sunt extrem de sensibili și captează imagini de o claritate foarte mare. Datele colectate de Hubble sunt transmise către Pământ prin intermediul unor antene care se află pe telescop.

Telescopul este echipat cu o serie de instrumente:

- **Camera de imagistică cu rezoluție înaltă:** această cameră captează imagini detaliate ale galaxiilor, nebuloaselor și ale altor obiecte îndepărtate.
- **Spectrometrul de imagine:** acest instrument măsoară lumina provenită de la obiectele cerești și o descompune în spectre pentru a analiza compoziția chimică a acestora.
- **Camera de imagistică de mare câmp:** utilizată pentru a obține imagini clare ale galaxiilor îndepărtate, stelelor și altor obiecte de interes.
- **Spectrometrul de mare rezoluție:** permite studierea în detaliu a radiației ultraviolete și a caracteristicilor fizice ale obiectelor din univers.

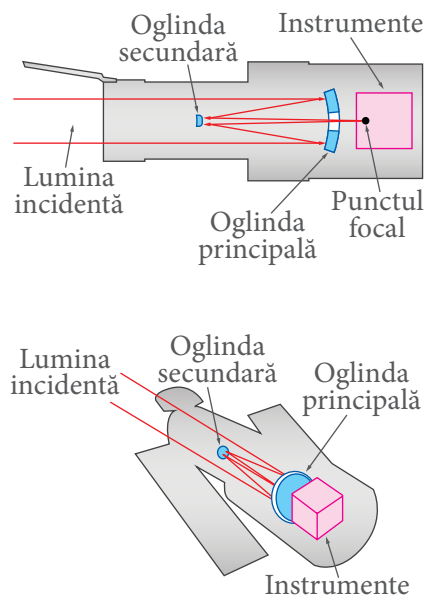


Figura 31 – Structura telescopului Hubble

Important

- **Galvanometrul** este un dispozitiv utilizat ca ampermetru pentru măsurarea intensității curentului electric de intensitate foarte mică, ce poate folosi reflexia luminii pentru indicarea valorilor măsurate și asigurarea corectitudinii operației de măsurare.
- **Telescopul Hubble** a oferit cele mai clare și precise imagini ale Universului, care au ajutat la realizarea unor descoperiri esențiale, cum ar fi: estimarea vârstei Universului, existența exoplanetelor, studiul galaxiilor, formarea stelelor și a nebuloaselor.

Aplică!

- 3 Direcția razei incidente pe oglinda plană a unui galvanometru nu se modifică, dar la trecerea curentului prin circuit, oglinda galvanometrului se rotește cu un unghi 30° . Demonstrează că raza reflectată de oglindă este deviată față de cea incidentă cu dublul acestui unghi, cu un unghi de 60° .
- 4 Dacă un laser își schimbă poziția față de oglinda plană, în fața căreia se află, rotind raza sa incidentă cu 60° , atunci raza reflectată de oglindă se rotește cu: a) 60° ; b) 15° ; c) 30° ; d) 120° .

Portofoliu

- 5 Scrie un eseu în care să argumentezi impactul unei descoperiri făcute cu ajutorul telescopului Hubble, evidențiind importanța acestuia în înțelegerea Universului și modul în care s-a schimbat viziunea noastră despre Cosmos.

6. Refracția luminii – evidențierea experimentală a fenomenului. Indicele de refracție

Ce înveți?

- Ce este indicele de refracție absolut
- Ce este refracția luminii

Cuvinte cheie

- refracție
- indice de refracție absolut
- indice de refracție relativ

Observă și descoperă!

1 Cum se văd tulpinile florilor aflate în vasul cu apă, când le privești din lateral (*Figura 32*)? Dar monedele aflate pe fundul vasului din *Figura 33*, dacă privești pe direcție perpendiculară la suprafața apei? De ce obiectele aflate în apă par a fi în alt loc decât în realitate?

2 Cum explici faptul că un creion introdus într-un vas gol se vede în mod diferit de creionul introdus în vasul cu apă (*Figura 34*)?



Figura 32 – Flori în vază cu apă



Figura 33 – Monede în vasul cu apă



Figura 34 – Creioane introduse într-un vas gol și într-un vas cu apă

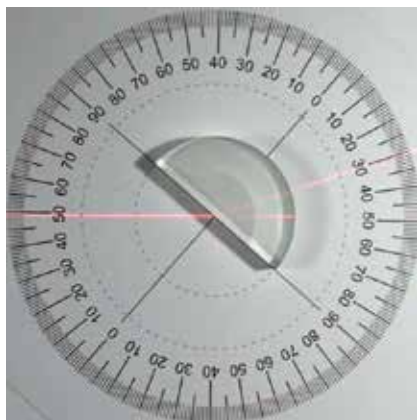


Figura 35 – Montaj pentru observarea fenomenului de refracție a luminii

Experiment

Scop: evidențierea experimentală a refracției luminii.

Materiale: un semicilindru din sticlă, un laser pointer și un disc gradat.

Mod de lucru:

1. Așază semicilindrul de sticlă pe discul gradat, poziționându-l așa cum observi în *Figura 35*.
2. Trimite cu ajutorul laserului, o rază de lumină spre semicilindru și observă mersul razei după ce atinge suprafața semicilindrului.

Constatări: Ce se întâmplă cu lumina atunci când atinge suprafața semicilindrului de sticlă? De ce crezi că se întâmplă așa?

Află!

Datorită faptului că lumina trece dintr-un mediu în altul (în exemplul nostru, din apă în aer), tulpinile florilor aflate în vasul cu apă se văd deformată, creionul introdus în apă pare frânt, în general, obiectele aflate în apă par a fi în alt loc decât în realitate. Ai constatat efectuând experimentul, că atunci când întâlnește suprafața semicilindrului de sticlă, lumina pătrunde în semicilindru, dar își modifică direcția de propagare. Acest lucru se întâmplă (la fel și în cazul exemplurilor reprezentate în *Figura 32*, *Figura 33*, *Figura 34*) deoarece în sticlă (respectiv, apă) lumina se propagă cu viteză diferită de viteza pe care o are în aer.

Fenomenul de refracție a luminii este fenomenul de schimbare a direcției de propagare a acesteia când traversează suprafața de separare a două medii diferite (*Figura 36*).

SI – raza incidentă este raza care se îndreaptă spre suprafața de separare dintre două medii.

IR – raza refractată este raza care pătrunde în al doilea mediu după traversarea suprafeței de separare dintre două medii.

N – este normala la suprafață (perpendiculara) în punctul *I* de incidență (punctul aflat pe suprafața de separare dintre cele două medii, în care raza incidentă își schimbă direcția).

***i* – unghiul format de raza incidentă cu normala la suprafață, numit unghi de incidență.**

***r* – unghiul format de raza refractată cu normala la suprafață, numit unghi de refracție.**

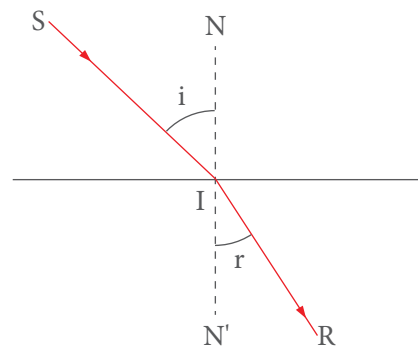


Figura 36 – Refracția luminii

În vid (sau aer) lumina se propagă cu viteza $c = 300\,000\text{ km/s}$. La trecerea dintr-un mediu în altul, lumina își schimbă viteza de propagare, aceasta devenind mai mică ($v < c$).

Raportul dintre viteza de propagare a luminii în vid (c) și viteza de propagare a luminii într-un mediu oarecare (v) definește **indicele de refracție absolut** al acelui mediu, notat cu n : $n = \frac{c}{v}$.

De exemplu, viteza de propagare a luminii în sticlă este $v = 200\,000\text{ km/s}$. Viteza de propagare a luminii în vid este $c = 300\,000\text{ km/s}$ și atunci indicele de refracție absolut al sticlei este $n_s = \frac{c}{v} = \frac{300\,000}{200\,000} = \frac{3}{2} = 1,5$.

Considerăm două medii diferite, care au, fiecare, indicele de refracție absolut n_1 , respectiv n_2 .

Raportul $\frac{n_2}{n_1} = n_{21}$ se numește indice de refracție relativ al mediului 2 față de mediul 1. Din definiția indicelui de refracție absolut, înlocuind în relația de definiție a indicelui de refracție relativ al mediului 2 față de mediul 1, se găsește că: $n_1 = \frac{c}{v_1}$, $n_2 = \frac{c}{v_2}$ și $n_{21} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{c}{v_2} \cdot \frac{v_1}{c} = \frac{v_1}{v_2}$. Prin urmare: $n_{21} = \frac{v_1}{v_2}$.

Important

- **Fenomenul de refracție** este fenomenul de schimbare a direcției de propagare a luminii când traversează suprafața de separare a două medii transparente diferite.

- Raportul dintre viteza de propagare a luminii în vid și raportul de propagare a luminii într-un mediu definește **indicele de refracție absolut** al acelui mediu, notat cu n : $n = \frac{c}{v}$.

- $n_{21} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$ se numește **indice de refracție relativ** al mediului 2 față de mediul 1.

Aplică!

3 Cu ce viteză se propagă lumina în diamant, dacă indicele de refracție absolut al acestuia este 2,42?

4 Indicele de refracție absolut al sticlei este $3/2$, iar al apei este $4/3$. Care este valoarea indicelui de refracție relativ al sticlei față de apă?

5 Indicele de refracție relativ al safirului față de un alt mediu este 1,18. Știind că indicele de refracție absolut al safirului este 1,77 află indicele de refracție absolut al mediului necunoscut și viteza de propagare a luminii în acesta.

Portofoliu

6 Folosind ceea ce ai învățat la fizică, scrie un scurt eseu în care să explici proverbul: „Apele limpezi sunt adânci.”

7. Reflexia totală

Ce înveți?

- Reflexia totală

Cuvinte cheie

- mediu optic mai dens
- unghi limită



Figura 37 – Miraj optic inferior



Figura 38 – Miraj optic superior

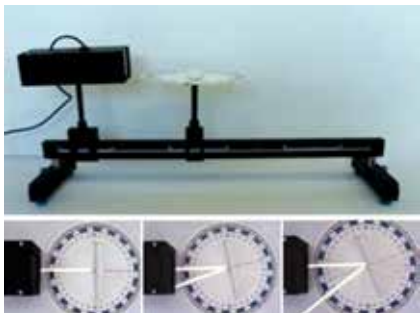


Figura 39 – Reflexia totală (montaj experimental)

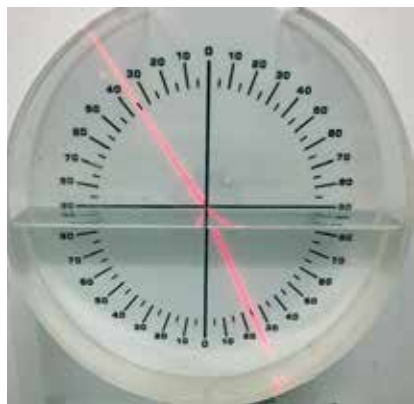


Figura 40 – Casetă de refracție

Observă și descoperă!

1 În zilele toride de vară straturile inferioare de aer sunt mai calde decât cele superioare. Cu cât suntem mai aproape de sol, indicele de refracție al stratului de aer cald este mai mic decât indicele de refracție al stratului de aer superior. Ce se întâmplă cu razele de lumină la trecerea dintr-un strat de aer, în altul cu indice de refracție mai mic? Explică, pe baza fenomenelor optice învățate, de ce, într-o astfel de zi călduroasă, în deșert, cămilele sunt reflectate de nisip, iar șoseaua pare umedă în zare, ca și cum acolo ar ploua (Figura 37)?

2 Când se produce o inversie de temperatură, un strat de aer cald urcă deasupra unuia mai rece (de exemplu, în apele nordice sau dimineața în deșert). De ce în regiunile polare imaginea răsturnată a vaporului se vede deasupra obiectului (Figura 38)?

Experiment

Scop: evidențierea experimentală a fenomenului de reflexie totală a luminii (Figura 39).

Materiale: disc gradat (Hartl), casetă de refracție, banc optic cu sursă de lumină (lampă).

Mod de lucru:

1. Montează bancul optic și așază caseta de refracție pe disc (Figura 40), astfel încât normala la planul de separare dintre cele două compartimente ale casetei să fie chiar axa diametrală a discului.
2. Umple cu apă compartimentul orientat spre lampă (apa din compartiment va reprezenta mediul 1) și lasă-l gol pe celălalt (aerul va reprezenta mediul 2).
3. Cu ajutorul lămpii, trimite o rază de lumină spre caseta de refracție.
4. Identifică raza incidentă și raza refractată, apoi unghiurile de incidență și de refracție.
5. Mărește unghiul de incidență din ce în ce mai mult și urmărește ce se întâmplă cu mersul razei de lumină.

Constatări: Cum variază unghiul de refracție pe măsură ce se mărește unghiul de incidență?

Află!

În Figura 37 observi un miraj optic, adică o reflexie a obiectelor din apropierea solului, în zilele călduroase, ca și cum acolo ar fi o „pânză” de apă, iar în Figura 38, o reflexie a obiectului, situată deasupra orizontului, în regiunile foarte reci.

Pentru a înțelege de ce se întâmplă așa, trebuie să știi că, în general, la suprafața care separă două medii cu indici de refracție diferiți, fenomenele de reflexie și de refracție a luminii se produc împreună. În anumite condiții, însă, fenomenul de refracție nu se mai produce, lumina reflectându-se total. Reflexia totală a luminii explică formarea **mirajelor optice**.

O rază de lumină care se propagă dintr-un mediu cu indicele de refracție mai mare decât al mediului în care trece, va avea o viteză mai mare în vecinătatea solului și mai mică în straturile îndepărtate de sol (Figura 41 a) determinând observarea mirajului optic inferior ce se comporta invers decât în cazul mirajului optic superior (Figura 41 b).

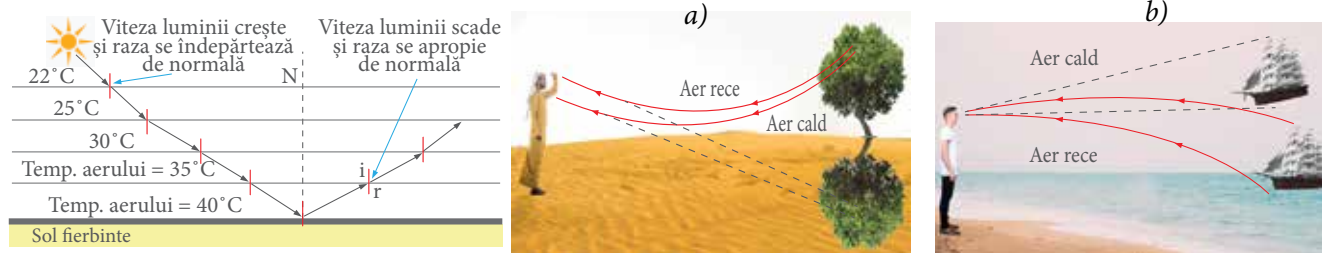


Figura 41 – Formarea imaginii în mirajul optic inferior (a) și superior (b)

Spunem despre un mediu al cărui indice de refracție este mai mare decât al altui mediu, că este **optic mai dens** decât cel de-al doilea (de exemplu indicele de refracție al sticlei este 1,5, iar al apei 1,33, deci sticla este optic mai densă decât apa).

Dacă raza de lumină care se refractă trece într-un mediu optic mai dens decât mediul din care provine, ea își schimbă direcția, apropiindu-se de normală (Figura 42 a), iar dacă trece într-un mediu mai puțin dens decât cel din care provine, atunci ea se îndepărtează de normală (Figura 42 b).

Dacă $n_2 > n_1$, atunci $r < i$ și dacă $n_2 < n_1$, atunci $r > i$.

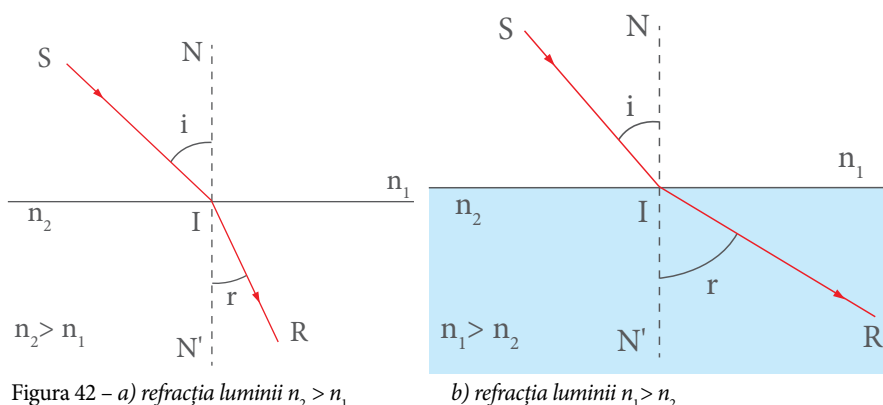


Figura 42 – a) refracția luminii $n_2 > n_1$

b) refracția luminii $n_1 > n_2$

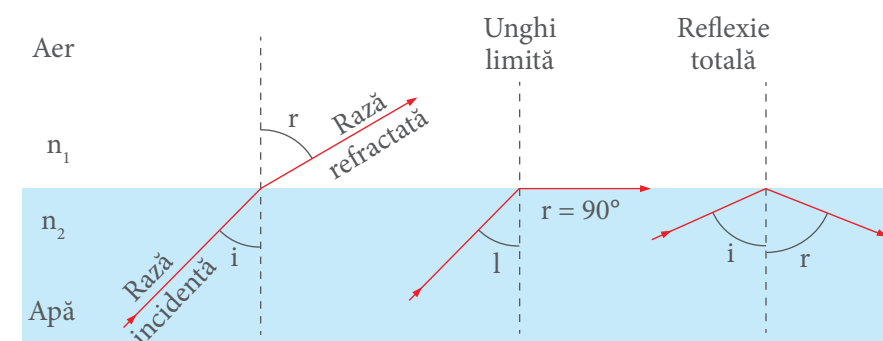


Figura 43 – Reflexia totală

Așadar, atunci când lumina vine dintr-un mediu optic mai dens decât cel în care trece, unghiul de refracție este mai mare decât unghiul de incidență (ca și în cazul experimentului de mai sus, în care lumina este incidentă din apă și trece în aer). Ai observat că măbind unghiul de incidență, până la o valoare anume (specifică perechii de medii), numită **unghi limită**, raza refractată devine paralelă cu suprafața apei (unghiul $r = 90^\circ$), iar pentru o valoare a unghiului de incidență mai mare decât valoarea limită, raza de lumină se întoarce în apă, adică în mediul din care a venit, **reflectându-se total** (Figura 43).

Acum înțelegi, că în cazul producerii mirajelor optice (inferioare), în imediata apropiere de sol, aerul încălzit este optic mai puțin dens și pe măsură ce ne îndepărtăm de sol indicele de refracție crește (Figura 37 și Figura 42 a). Ca urmare, prin **reflexie totală** se formează imaginea răsturnată a unui obiect, care apare ca și cum ar fi reflectat de suprafața unei ape. „Apa” văzută pe șosele în zilele foarte călduroase este, în realitate, imaginea cerului albastru reflectat pe drumurile calde, care creează acea senzație de umezeală sau luciu și care este, de fapt, o iluzie optică datorată reflexiei. (Figura 37).

Important

- Dacă $n_2 > n_1$, mediul 2 este optic mai dens decât mediul 1 și $r < i$ iar dacă $n_2 < n_1$, atunci $r > i$.
- Pentru o anumită valoare a unghiului de incidență, numită unghi limită, atunci când lumina se propagă dintr-un mediu optic mai dens decât cel în care trece, raza refractată devine paralelă cu suprafața apei (unghiul $r = 90^\circ$).
- Pentru o valoare a unghiului de incidență mai mare decât valoarea sa limită, raza de lumină se întoarce în mediul din care provine, reflectându-se total.

Reflexia totală este fenomenul de reflexie a luminii la suprafața de separare dintre două medii omogene și transparente, ce are loc când indicele de refracție al mediului din care provine lumina este mai mare decât indicele de refracție al celui de-al doilea mediu, iar unghiul de incidență, numit unghi limită, are o valoare specifică fiecărei perechi de medii.

Aplică!

3 O rază de lumină trece din diamant ($n_d = 2,42$) în apă ($n_{apă} = 1,33$) (Figura 44). Care este traseul corect de propagare al razei de lumină?

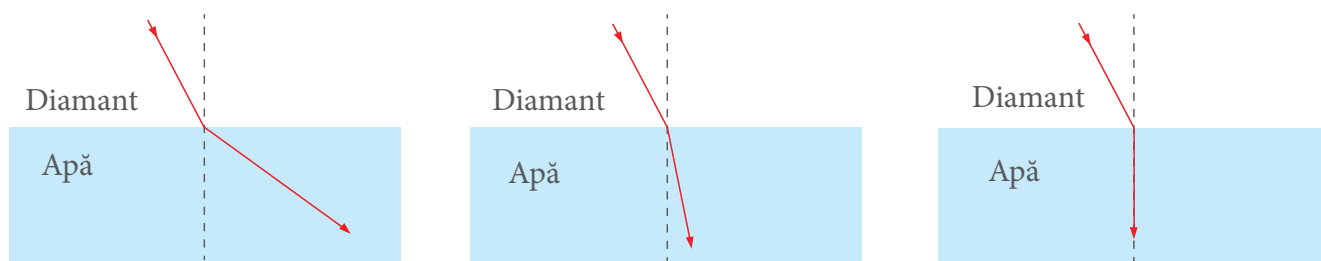


Figura 44 – Refracție la suprafața de separare diamant-apă

4 Completează spațiile libere astfel încât să obții un enunț corect:

Valoarea maximă a unghiului de refracție este și se obține pentru o anumită valoare a unghiului de incidență, numit În acest caz, lumina nu mai trece în cel de-al doilea mediu, fenomenul numindu-se



5 Un scafandru aflat în apă vede o pasăre în zbor deasupra lui. Înălțimea la care zboară pasărea este:

- a) cea pe care o estimează scafandrul
- b) mai mare decât o estimează scafandrul
- c) mai mică decât o estimează scafandrul

Construiește mersul razelor de lumină ca să argumentezi răspunsul!

6 Un vas, sub forma unei emisfere de rază R , este umplut cu un lichid omogen, al cărui indice de refracție este necunoscut. O rază ce provine de la sursa de lumină aflată în punctul A, se propagă ca în Figura 45. Ce indice de refracție are lichidul din vas? ($n_{aer} = 1$).

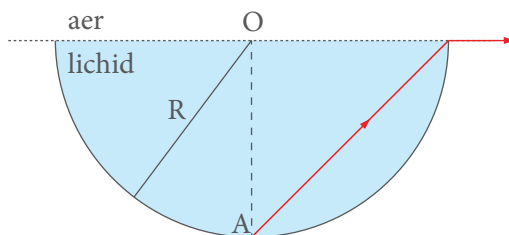


Figura 45 – Propagarea razei de lumină prin două medii diferite

8. Extindere: legile refracției, indicii de refracție

Ce înveți?

- Care sunt legile refracției

Cuvinte cheie

- indice de refracție relativ

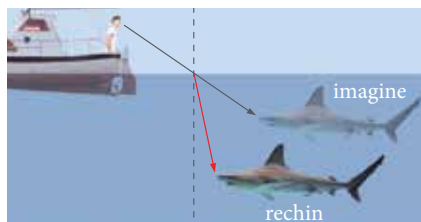


Figura 46 – Refracția luminii pentru un obiect aflat în apă

Observă și descoperă!

1 În anul 2016 o echipă de cercetători din Australia a dorit să identifice numărul speciilor de rechini din 400 de recife. Privind un rechin care se apropia de ambarcațiunea lui, unuia dintre cercetători i s-a părut că rechinul se află pe direcția prelungirii razei de lumină ajunsă la ochii lui. În realitate, rechinul se afla într-un loc apropiat de acela (Figura 46). Explică de ce cercetătorul a văzut rechinul în alt loc decât cel real!

Experiment

Scop: determinarea, pe cale experimentală, a legilor refracției luminii (Figura 47).

Materiale: disc gradat (Hartl), casetă de refracție, banc optic cu sursă de lumină (lampă), tabele matematice.

Mod de lucru: Montează bancul optic și așază caseta de refracție pe disc. Este bine ca normala pe planul de separare dintre cele două compartimente ale casetei să fie chiar axa diametrală OO' a discului.

Lasă gol compartimentul orientat spre lampă (aerul din compartiment va constitui mediul 1) și umple celălalt compartiment cu apă (apa va constitui mediul 2).

Trimite o rază de lumină spre caseta de refracție și observă ce se întâmplă cu raza de lumină la suprafața de separare dintre cele două medii. Identifică raza incidentă, raza refractată și unghiurile de incidență și de refracție.

Rotește discul astfel încât să modifice unghiul de incidență al razei pe suprafața de separare și citește pe disc valorile unghiurilor de incidență și a unghiurilor de refracție corespunzătoare.

Realizează mai multe măsurători, pentru unghiuri de incidență diferite și notează valorile citite, în coloanele 1 și 2 ale Tabelului 2.

Completează apoi coloanele 3, 4, 5 și 6 din Tabelul 2, (știind că indicii de refracție ai celor două medii sunt $n_{\text{aer}} = 1$, iar $n_{\text{apă}} = 1,33$), folosind tabelele matematice (pentru sinusurile unghiurilor).

Tabelul 2 – Înregistrare măsurători

1. unghiul i (°)	2. unghiul r (°)	3. $\sin i$	4. $\sin r$	5. $n_{\text{aer}} \cdot \sin i$	6. $n_{\text{apă}} \cdot \sin r$
--------------------	--------------------	-------------	-------------	----------------------------------	----------------------------------

Constatări: Cum sunt dispuse, față de planul cadranelui, raza de incidență, raza refractată și normala pe suprafața de separare? Ce ai observat completând coloanele 5 și 6? Ce relație matematică există între sinusurile unghiurilor de incidență și de refracție și indicii de refracție ai celor două medii?

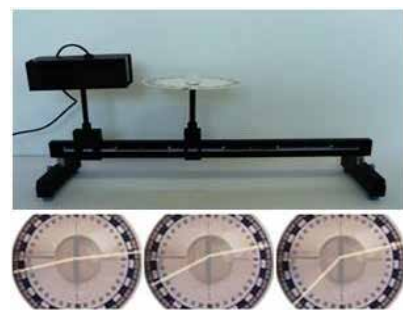


Figura 47 – Determinarea legilor refracției (montaj experimental)

Află!

Ai observat, efectuând experimentul, că raza incidentă, raza refractată și normala pe suprafața de separare se află în același plan și că, în urma refracției luminii la suprafața de separare dintre aer și apă, raza incidentă din aer, pătrunde în apă apropiindu-se de normală. Pentru a explica formarea imaginii rechinului din Figura 46 observi că raza de lumină reflectată de rechin trece din apă în aer depărtându-se de normală. Imaginea rechinului se formează la intersecția prelungirii acestei raze cu o altă rază și astfel, imaginea acestuia apare deplasată față de locul real în care se află.

Completând coloanele 5 și 6 ale tabelului de la experiment ai constatat că *produsul dintre indicele de refracție al mediului și sinusul unghiului corespunzător aceluși mediu, rămâne constant*: $n_{\text{aer}} \cdot \sin i = n_{\text{apa}} \cdot \sin r$

sau: $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_{\text{apa}}}{n_{\text{aer}}}$. Generalizând pentru două medii oarecare, relația anterioară se scrie: $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1} = n_{21}$

n_{21} - indicele de refracție relativ al mediului 2 față de mediul 1.

Pe baza observațiilor experimentale, putem formula **legile refracției**, care au fost descoperite de W. Snell și René Descartes:

1. Raza incidentă, normala pe suprafață și raza refractată se găsesc în același plan, **numit plan de incidență**.
2. Raportul dintre sinusul unghiului de incidență și sinusul unghiului de refracție este egal cu indicele de refracție relativ al celui de-al doilea mediu față de primul.

Dacă aplicăm a doua lege a refracției în cazul unghiului limită (reflexia totală), vom găsi expresia de calcul pentru acest unghi. Pentru $i = l$ (unghiul limită), $r = \frac{\pi}{2}$ și $\frac{\sin l}{\sin \frac{\pi}{2}} = \frac{n_2}{n_1} = n_{21}$, dar $\sin \frac{\pi}{2} = 1$, rezultă că

$$\sin l = \frac{n_2}{n_1} = n_{21}. \text{ Sinusul unghiului limită este egal cu indicele de refracție relativ al mediului 2 față de mediul 1.}$$

Dacă mediul în care trece lumina este aerul, $n_2 = 1$ și $\sin l = \frac{1}{n}$, n - indicele de refracție al mediului din care se propagă lumina.

Problemă rezolvată

- 2** Adâncimea apei dintr-un vas este $h = 40$ cm. Pe fundul vasului este așezată o monedă. Află la ce adâncime aparentă h' se vede moneda, dacă indicele de refracție absolut al apei este $n_2 = \frac{4}{3}$ și indicele de refracție al aerului este $n_1 = 1$.

Rezolvare:

1. Razele de lumină pornite de la moneda ajung la suprafața apei, se refractă și ajung la ochiul observatorului. Moneda îi pare acestuia ca fiind situată la intersecția prelungirilor razelor refractate cu verticala (Figura 48).

Din triunghiurile ABC și DBC rezultă că:

$$\operatorname{tg} i = \frac{BC}{h} \text{ și } \operatorname{tg} r = \frac{BC}{h'}$$

2. Împărțim relațiile una la cealaltă

$$\frac{\operatorname{tg} i}{\operatorname{tg} r} = \frac{BC}{h} \cdot \frac{h'}{BC} = \frac{h'}{h}$$

$$h' = h \cdot \frac{\operatorname{tg} i}{\operatorname{tg} r}$$

Figura 48 – Problemă rezolvată

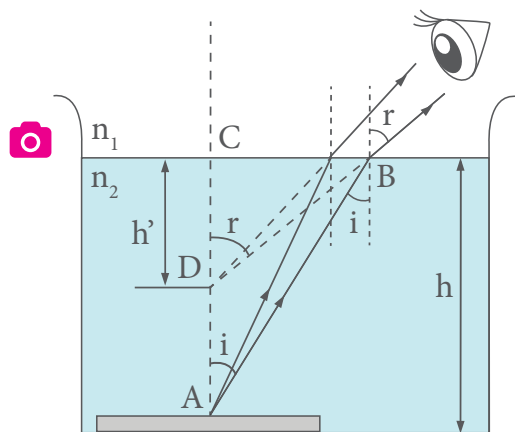
3. Dacă ochiul observatorului este foarte aproape de verticală, atunci unghiurile i și r sunt foarte mici și $\cos i \approx 1$, $\cos r \approx 1$ și putem aproxima tangenta acestor unghiuri cu sinusul lor.

$$\operatorname{tg} i \approx \sin i \text{ și } \operatorname{tg} r \approx \sin r$$

$$h' = h \cdot \frac{\sin i}{\sin r}$$

4. Aplicăm legea refracției cu notațiile din desen: $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{n_{\text{aer}}}{n_{\text{apa}}} = 1 \cdot \frac{3}{4} = \frac{3}{4}$

$$h' = h \cdot \frac{\sin i}{\sin r} = h \cdot \frac{n_{\text{aer}}}{n_{\text{apa}}}, \text{ adică } h' = h \cdot \frac{3}{4} \Rightarrow h' = 40 \text{ cm} \cdot \frac{3}{4} = 30 \text{ cm}.$$



Important

Legile refracției:

1. Raza incidentă, normala pe suprafață și raza refractată se găsesc în același plan, numit **plan de incidență**.
 2. Raportul dintre sinusul unghiului de incidență și sinusul unghiului de refracție este egal cu indicele de refracție relativ al celui de-al doilea mediu față de primul $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1} = n_{21}$.
- Pentru reflexia totală, unghiul limită este dat de expresia: $\sin i = \frac{n_2}{n_1} = n_{21}$.

Aplică!

- 3 Prin intermediul căror raze vedem obiectele situate în apă:
a) razele reflectate; b) razele refractate; c) razelor reflectate și refractate.
- 4 Există raze de lumină care trec nedeviate din aer în apă? Argumentează!
- 5 Cristian a vrut să identifice lichidul aflat într-un vas și s-a gândit să efectueze un experiment asemănător cu cel de la ora de fizică. A turnat lichid într-unul din cele două compartimente ale unei casete de refracție și a așezat-o deasupra unui raportor rotund, asemănător discului gradat. Cu ajutorul unui laser a trimis o rază de lumină dinspre compartimentul în care este aer. Unghiul de incidență măsurat cu raportorul are valoarea $i = 45^\circ$ și raza era refractată sub unghiul $r = 30^\circ$. Ce indice de refracție are lichidul?
- 6 Știind indicii de refracție pentru aer, apă și sticlă $n_{\text{aer}} = 1$, $n_{\text{apă}} = 4/3$ și $n_{\text{sticlă}} = 3/2$ desenează mersul razei de lumină incidentă sub unghiul de 30° care trece: a) din aer în sticlă; b) din apă în aer; c) din sticlă în apă.
Calculează unghiul de refracție în fiecare caz. Dacă unghiul de incidență este de 60° în care din cele trei cazuri apare reflexia totală?
- 7 O rază de lumină ajunge pe suprafața de separare dintre două medii cu indicii de refracție $n_1 = \sqrt{2}$ și $n_2 = 1$, venind din mediul 1. Care este valoarea maximă a unghiului de incidență pentru care raza pătrunde în al doilea mediu?
- 8 Unghiul de incidență al unei raze de lumină, incidentă din aer pe un mediu necunoscut, este de 45° și cel de refracție este de 30° . Determină unghiul de refracție pe același mediu dacă unghiul de incidență devine 60° .
- 9 O rază de lumină venind din aer ($n_{\text{aer}} = 1$) întâlnește un mediu cu indice de refracție necunoscut. Unghiul dintre raza reflectată și suprafața de separare este de 45° , iar unghiul de refracție este de 30° . Ce valoare are indicele de refracție al mediului respectiv?
- 10 O monedă este păstrată într-o cutie, sub un capac de sticlă cu indicele de refracție $n = 1,5$. Moneda este lipită de capac și atunci când este privită prin acesta perpendicular, ea pare a fi mai aproape cu 3 mm decât este în realitate. Ce grosime are capacul?
- 11 O rază de lumină pătrunde din aer în apă ($n_{\text{aer}} = 1$, $n_{\text{apă}} = 4/3$) sub un unghi de incidență pentru care $\sin i = 2/3$. Vasul în care se află lichidul are fundul argintat. Determină:
a) unghiul de refracție în punctul de incidență;
b) viteza de propagare a luminii în lichid (se cunoaște viteza de propagare a luminii în vid $c = 300\,000$ km/s);
c) unghiul format de direcția razei de lumină care iese din lichid (după reflexia pe fundul vasului) cu direcția razei incidente, dacă unghiul de incidență la trecerea luminii din aer în apă ar fi de 60° .

9. Aplicații practice: fibra optică, prisma cu reflexie totală

Ce înveți?

- Aplicațiile practice ale reflexiei totale

Cuvinte cheie

- fibră optică
- prismă cu reflexie totală
- rază emergentă



Figura 49 – Cablu fibră optică

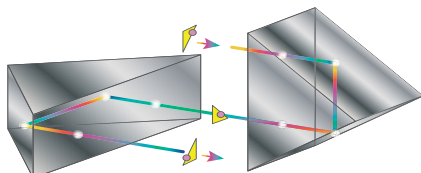


Figura 50 – Reflexia totală prin prisma optică

a)



b)

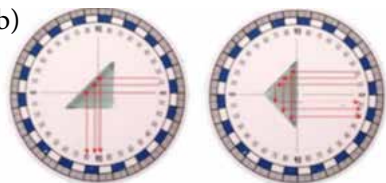


Figura 51 – Reflexia totală prin prisma optică (montaj experimental)

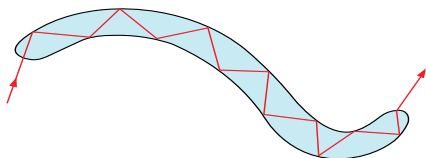


Figura 52 – Reflexia totală în fibră optică

Observă și descoperă!

1 Care este modalitatea principală de a transporta informațiile pe distanțe lungi, de exemplu cum se transportă „like-urile” și „tweet-urile” prin Internet? Pentru a răspunde la întrebare observă imaginea din Figura 49.

2 La incidența pe o prismă optică și la ieșirea din prismă, de obicei, lumina este refractată pe cele două fețe ale prisme. Pe baza fenomenelor optice învățate, explică mersul razelor de lumină prin cele două prisme din Figura 50? Ce se întâmplă cu lumina când ajunge pe partea interioară a fețelor perpendiculare ale fiecărei prisme?

Experiment

Scop: evidențierea, pe cale experimentală, a reflexiei totale a luminii prin prisma optică (Figura 51 a) – montaj experimental și b) – mersul razelor de lumină prin prismă)

Materiale: banc optic, lampă de lumină, discul Hartl, o prismă cu secțiune triunghi isoscel și o diafragmă cu 3 fante.

Mod de lucru:

1. Așază prisma optică pe discul Hartl astfel încât lumina să fie incidentă normal pe una dintre catetele secțiunii transversale a prisme și apoi pe ipotenuza acestei secțiuni a prisme (Figura 51 b).
2. Trimite, cu ajutorul lămpii, un fascicul de lumină prin diafragma cu 3 fante pe prismă.
3. Observă mersul razelor de lumină în cele 2 cazuri.

Constatări:

De ce crezi că lumina care intră în prismă nu se refractă atunci când ajunge pe suprafața care separă prisma de aer?

Cum este deviat în fasciculul de lumină urma traversării prisme față de direcția incidentă?

Află!

O **fibră optică** (Figura 52) este un fir subțire de material transparent (de obicei sticlă sau plastic) care este folosit pentru a transmite semnale de lumină pe distanțe mari, prin fenomenul de reflexie totală internă.

Transmiterea cu pierderi minime a luminii pe trasee de formă oarecare, este realizată prin cablul de fibră optică format dintr-un număr foarte mare de fibre optice, sub formă de fire subțiri (mai subțiri decât firul de păr) care transportă fiecare o mare cantitate de informații (Figura 53).

La ora actuală, cablurile de fibră optică reprezintă principala cale de a transmite informații pe distanțe lungi, folosind în întregime tehnologia optică. Cablurile de fibră optică (Figura 49) sunt utilizate și în telecomunicații în locul cablurilor de metal. Din punct de vedere tehnic transmiterea datelor prin cablurile de fibră optică se bazează pe conversia impulsurilor electrice în lumină. Aceasta este transmisă, prin mănunchiuri de fibre optice până la destinație, unde este reconvertită în impulsuri electrice.

Observă și descoperă!

3 Privește imaginile din *Figura 53*, *Figura 54* și *Figura 55* și numește câteva dintre domeniile în care se utilizează fibrele optice.



Figura 53 – Endoscop medical



Figura 54 – Turn de telecomunicații cu fibră optică



Figura 55 – Instalații de urmărire și detecție radar

Află!

Fibrele optice sunt utilizate în medicină pentru a investiga interiorul corpului nostru sau în domeniul militar, unde oferă modalități perfecte de a conecta baze militare, radare de urmărire sau situri de lansare a rachetelor.

O altă aplicație practică a fenomenului de reflexie totală, în afara fibrei optice, o reprezintă **prisma cu reflexie totală**. Aceasta este deseori întâlnită în construcția aparatelor optice. O astfel de prismă are ca secțiune principală un triunghi dreptunghic isoscel. Așa cum ai observat și în experimentul efectuat, o rază de lumină incidentă normal pe o catetă a prisme, de exemplu, ajunge pe ipotenuza ei sub un unghi de 45° . Măsura acestui unghi este mai mare decât cea a unghiului limită, care pentru sticlă este 42° ($i > l$) și atunci lumina se reflectă total (*Figura 56 a*). Astfel de prisme pot devia raza (rază emergentă) care iese din prismă la 90° sau 180° față de direcția razei incidente (*Figura 56 b*) și sunt folosite la construcția periscopeelor sau a binoculului cu prisme.

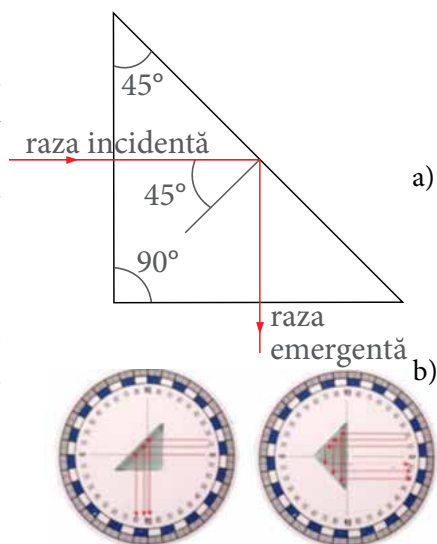


Figura 56 – Reflexia totală prin prisma optică

Important

- **Fibra optică** este un cablu flexibil din sticlă sau plastic, de-a lungul căruia se propagă lumina, prin reflexii totale interne succesive.
- Fibrele optice sunt utilizate în telecomunicații, Internet, în medicină, în domeniul militar.

Aplică!

4 O fibră optică are diametrul de 0,5 mm, indicele de refracție $n = \sqrt{2}$ și se află în aer. Pe suprafața ei plană intră central o rază de lumină sub unghiul de incidență $i = 45^\circ$. Află distanța străbătută de raza de lumină până la a treia reflexie.

Portofoliu

5 Construiește o fântână luminoasă! Ai nevoie de: o sticlă de plastic de 5 l și un laser pointer. Umples vasul cu apă și în apropierea bazei recipientului fă un orificiu cu diametru mic (cu ajutorul unui ac mai gros), prin care să curgă apa sub forma unei parabole. Îndreaptă spre sticlă fasciculul laser, la înălțimea orificiului. Vei observa că lumina se menține în jetul de apă datorită reflexiilor totale succesive pe suprafețele apă-aer.

Fotografiază!

10. Identificarea experimentală a tipurilor de lentile (convergente, divergente)

Ce înveți?

- Tipuri de lentile

Cuvinte cheie

- lentilă convergentă
- lentilă divergentă

Amintește-ți!

1 Amintește-ți de la ora de biologie părțile componente și rolul microscopului. Precizează fenomenul optic pe care se bazează funcționarea lui (Figura 57).

2 Oamenii folosesc ochelari pentru a corecta unele defecte de vedere, cum ar fi distingerea cu dificultate a obiectelor aflate: a) la distanță (Figura 58); b) în apropiere (Figura 59). Ce diferențe consideri că există între ochelarii folosiți în cele două cazuri menționate? Care crezi că este mecanismul prin care aceștia corectează vederea, în fiecare caz?

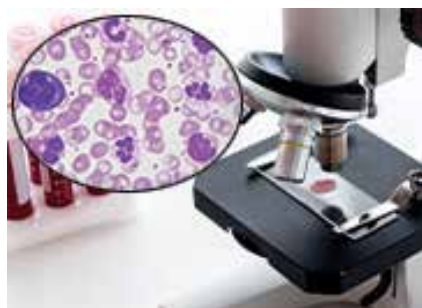


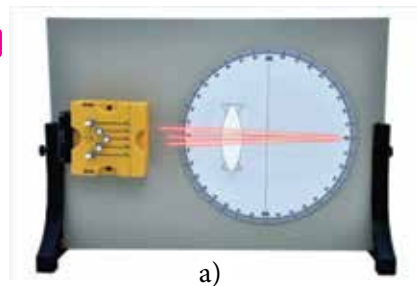
Figura 57 – Analiza sângelui la microscop



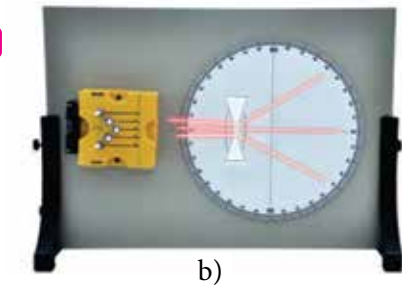
Figura 58 – Defect de vedere (la distanță)



Figura 59 – Defect de vedere (citire de aproape)



a)



b)

Figura 60 – Refracția luminii prin lentila convergentă (a) și divergentă (b) – montaj experimental

Experiment

Scop: identificarea experimentală a tipurilor de lentile (Figura 60).

Materiale: tablă magnetică, sursă laser, 2 lentile diferite: convergentă (a) și divergentă (b), disc optic.

Mod de lucru:

1. Fixează sursa laser pe tabla magnetică și discul optic în dreapta sursei laser.
2. Pornește sursa laser, care emite o rază de lumină și deplaseaz-o în plan vertical, până când raza de lumină este orientată pe axa de simetrie a discului optic.
3. Poziționează lentila de tip (a) și apoi pe cea de tip (b) pe discul optic, perpendicular pe raza de lumină și observă în fiecare caz raza refractată.
4. Deplasează lentila pe verticală în sus și în jos și observă raza refractată.
5. Înlocuiește raza de lumină cu un fascicul luminos, realizând aceleași investigații. Observă fasciculul refractat.

Constatări:

Cum deviază raza de lumină refractată la deplasarea fiecărui tip de lentilă? Ce se întâmplă cu fasciculul de lumină incident după refracția prin fiecare tip de lentilă?

Află!

Cu ajutorul microscopului observăm imagini mărite ale obiectelor foarte mici, chiar invizibile cu ochiul liber. Aceste imagini se obțin în urma fenomenului de refracție a luminii pe elementele de bază care intră în alcătuirea lui. Dificultățile de vedere ale obiectelor îndepărtate sau apropiate se corectează cu ajutorul ochelarilor, ale căror lentile, ca principale elemente de constituență, sunt de două categorii, după tipul refracției produse, specifice defectului de vedere (*Figura 58 și Figura 59*).

Lentila este un mediu transparent, delimitat de exterior prin două suprafețe din care cel puțin una este curbă. (*Figura 61*).

Există două tipuri de lentile, numite: convergente și divergente. Aflate într-un mediu mai puțin dens optic decât cel propriu, **lentilele convergente** sunt mai groase la mijloc decât la margini, iar cele **divergente** sunt mai subțiri la mijloc decât la margini (*Figura 62 și Figura 63*).

Dacă un fascicul luminos foarte îngust al laserului considerat rază de lumină este incident normal pe oricare din cele două tipuri de lentile, acesta nu va fi deviat prin refracție de la direcția inițială.

Când pe disc se poziționează lentila convergentă și este iluminată cu un fascicul paralel și larg de laser (*Figura 60 a*), razele acestuia sunt refractate convergent către punctul numit focar. Când se folosește lentila divergentă (*Figura 60 b*) razele refractate sunt împrăștiate, îndepărtându-se de axa optică principală.

Denumirile celor două categorii de lentile provin de la modul în care un fascicul de raze paralel cu axa optică principală traversează lentila apropiindu-se sau depărtându-se de axa optică principală.

Lentilele convergente se împart după formele suprafețelor, în: biconvexe (a), plan-convexe (b), cu menisc convergent (c). **Lentilele divergente** se clasifică, la rândul lor, în: biconcave (d), plan-concave (e) și cu menisc divergent (f) (*Figura 64*).

Important

În cazul lentilei convergente fasciculul de lumină paralel cu axa optică principală se transformă după traversarea lentilei în fascicul convergent, iar în cazul lentilei divergente, fasciculul de lumină paralel cu axa optică principală se transformă în fascicul divergent (*Figura 63*). Denumirea celor două categorii de lentile, provine de la modul în care un fascicul de raze paralele este transformat după refracție într-un fascicul convergent sau unul divergent.

Aplică!

3 Explică de ce nu este recomandat să uzi frunzele plantelor în timpul zilelor însorite?

Autoevaluare

Reflectează asupra celor învățate și răspunde la întrebările următoare:

a) Ce a fost ușor/dificil în lecție? b) Cum poți folosi ceea ce ai învățat în viața de zi cu zi?



Figura 61 – Lentile



Figura 62 – Corecția defectelor de vedere cu două tipuri de lentile

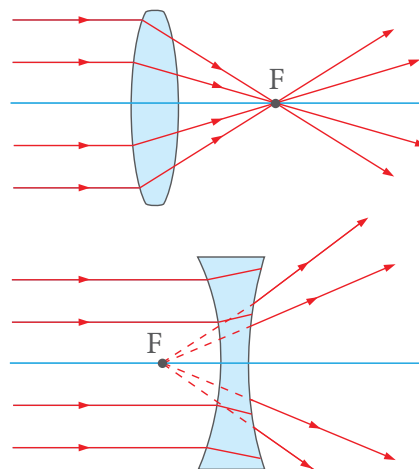


Figura 63 – Lentilă convergentă și lentilă divergentă

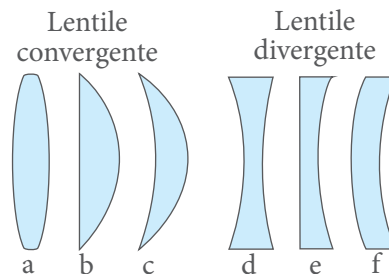


Figura 64 – Clasificarea lentilelor

11. Identificarea experimentală a caracteristicilor fizice ale lentilelor subțiri, focar, poziție imagine. Construcția geometrică a imaginilor prin lentile subțiri

Ce înveți?

- Ce sunt lentilele subțiri.
- Determinarea experimentală a caracteristicilor fizice ale lentilelor subțiri
- Cum se construiesc imaginile prin lentile

Cuvinte cheie

- focar
- axa optică principală
- centru optic

Observă și descoperă!

- 1** Explică mecanismul prin care hârtia ia foc în exemplul din Figura 65. Ce rol are lentila în acest caz?



Figura 65 – Aprinderea unei hârtii folosind o lupă



Figura 66 – Acomodarea ochiului pentru a vedea clar cu lentila

Experiment

Scop: identificarea experimentală a focarului unei lentile (Figura 66).

Materiale: două lentile convergente (diferite) din trusa de optică, obiect oarecare/o pagină scrisă, riglă.

Mod de lucru:

1. Așază lentila lângă obiect.
2. Deplasează lentila până când obiectul/scrișul începe să se vadă foarte clar. Procedul se numește acomodarea ochiului.
3. Măsoară cu rigla și apoi notează distanța dintre obiect/pagina scrisă și lentilă, atunci când vezi clar.
4. Repetă experimentul folosind cealaltă lentilă.

Constatări: Distanțele pe care le-ai notat sunt aceleași pentru ambele lentilele?

Află!

Încă din antichitate se știe, că o lentilă convergentă așezată la o *distanță convenabilă* față de un obiect, într-o zi caldă, poate determina arderea acestuia, prin concentrarea razelor solare asupra lui.

Experimentul pe care l-ai efectuat, ți-a dovedit că imaginile sunt clare numai dacă foaia scrisă/ obiectul se află la o *anumită distanță față de lentilă*, situație în care aceste imagini sunt virtuale, mărite și drepte. De asemenea, ai văzut că această distanță este specifică fiecărei lentile pe care ai folosit-o.

Amintește-ți că lentila este un mediu transparent, mărginit de mediul exterior cu ajutorul a două suprafețe sferice (sau de o suprafață sferică și una plană).

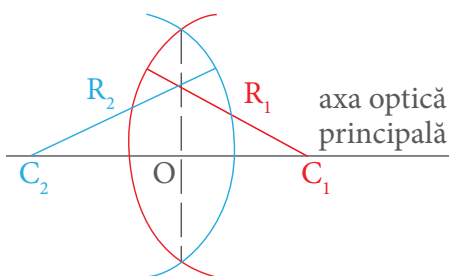


Figura 67 – Elementele lentilei

Elementele lentilei, așa cum observi în Figura 67 sunt:

- **centrele de curbură** C_1 și C_2 , care sunt centrele sferelor din care fac parte cele două suprafețe sferice ce delimitează mediul transparent de mediul exterior;
- **razele de curbură** R_1 și R_2 , care sunt razele sferelor din care fac parte cele două suprafețe sferice;
- **axa optică principală** este dreapta care trece prin cele două centre de curbură C_1 și C_2 ;
- **centrul optic al lentilei O** este punctul situat la intersecția lentilei cu axa optică principală;

În afara acestor elemente, lentila prezintă încă două puncte importante, situate pe axa optică principală, la distanțe egale, de o parte și de alta față de centrul său optic, numite **focare principale** F_1 (**focar obiect**) și F_2 (**focar imagine**).

Focarul este acel punct în care se întâlnesc după ce străbat lentila, razele de lumină care vin de la infinit, paralele cu axa optică principală, respectiv punctul din care izvorăsc razele de lumină care după refracția pe lentilă se propagă paralel cu axa optică principală (Figura 68 și Figura 69).

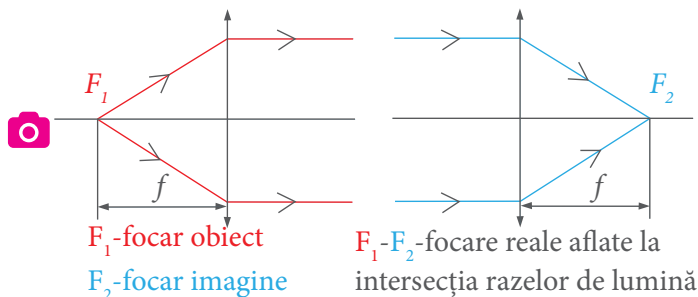


Figura 68 – Focarele lentilei convergente

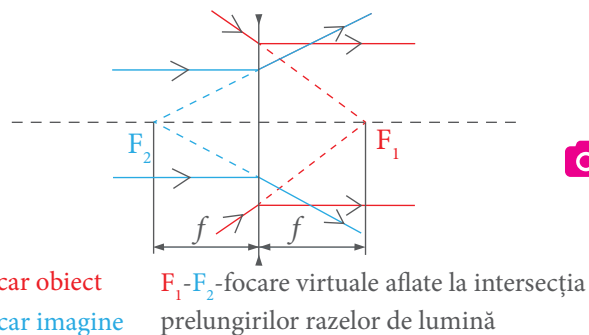


Figura 69 – Focarele lentilei divergente

Distanța măsurată de la centrul optic al lentilei la focar se numește **distanță focală „f”**. Prin convenție, distanța focală a lentilelor convergente este pozitivă, iar a lentilelor divergente este negativă (Figura 68, Figura 69).

Dacă grosimea lentilelor, măsurată pe axa optică principală, este mult mai mică în comparație cu razele de curbură, lentilele se numesc subțiri. Lentilele subțiri se reprezintă ca în Figura 70 (a – convergente) și (b – divergente).

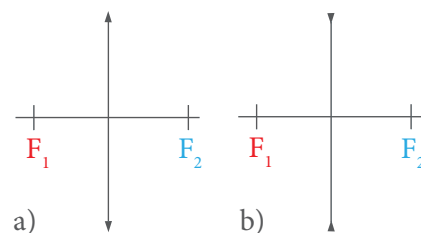


Figura 70 – Simbol pentru lentilele subțiri convergente (a) și divergente (b)

Experiment

Scop: studiul imaginilor în lentile (Figura 71).

Materiale: lampă de lumină, placă opacă prevăzută cu o fantă, lentilă convergentă, ecran de observație.

Mod de lucru:

1. Notează pe caiet valoarea distanței focale a lentilei.
2. Așază suportul cu fanta la o distanță față de lentilă mai mare decât dublul distanței focale.
3. Deplasează suportul cu ecranul până când obții o imagine clară a fantei.
4. Așază suportul cu fanta la o distanță față de lentilă cuprinsă între dublul distanței focale și distanța focală ($-2f$, $-f$) și deplasează ecranul până când vei obține o imagine clară a fantei.
5. Așază suportul cu fanta între focar și lentilă și, de această dată, îndepărtează suportul cu ecran și privește prin lentilă.
6. Înlocuiește lentila convergentă cu una divergentă, scoate ecranul și privește imaginea prin lentilă.

Constatări:

Care sunt caracteristicile imaginilor în cele 3 situații în care ai folosit lentila convergentă? Dar când ai folosit-o pe cea divergentă? De ce a fost nevoie în ultimele două cazuri să scoți ecranul din montaj și să privești imaginea prin lentilă?

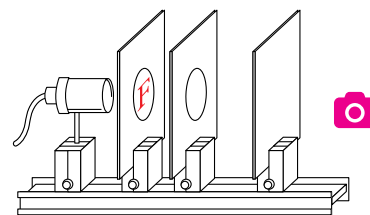


Figura 71 – Studiul imaginilor în lentilă (montaj experimental)

Află!

Ai observat că ai obținut diferite tipuri de imagini (reale sau virtuale, mărite sau micșorate, răsturnate sau drepte), în funcție de distanța la care ai plasat obiectul.

Observație: În optica geometrică, se folosesc două convenții de semn, dintre care cea mai frecvent utilizată este următoarea:

- se consideră că lumina se propagă de la stânga la dreapta pe axa optică.
- distanțele măsurate de la centrul optic al lentilei în sensul propagării luminii sunt pozitive, iar cele măsurate în sens invers propagării luminii sunt negative.
- segmentele măsurate de la axa optică principală în sus sunt pozitive și cele măsurate de la axa optică principală în jos sunt negative.

Construcția geometrică a imaginilor pe care le-ai observat efectuând experimentul, o poți realiza folosind **legile refracției**. Pentru a construi imaginea A' a punctului A este suficientă reprezentarea a două din următoarele trei raze:

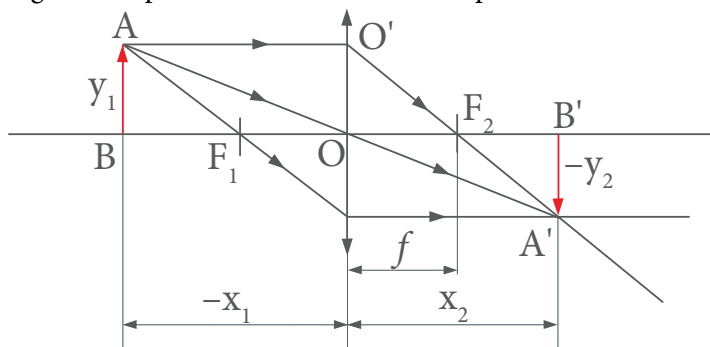
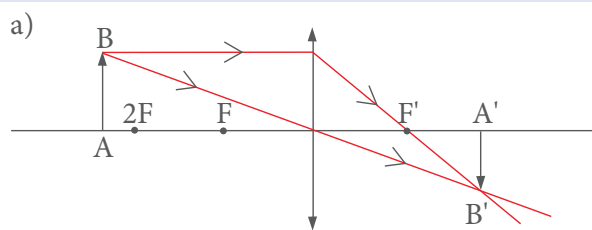


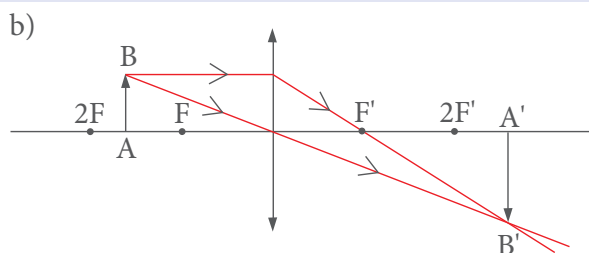
Figura 72 – Construcția imaginii A' a punctului A în lentilă

- o rază paralelă cu axa optică principală, care după refracție trece prin focarul imagine F_2 ;
- o rază care trece prin centrul optic al lentilei și nu este deviată;
- o rază care trece prin focarul obiect F_1 și se refractă paralel cu axa optică principală. (Figura 72)

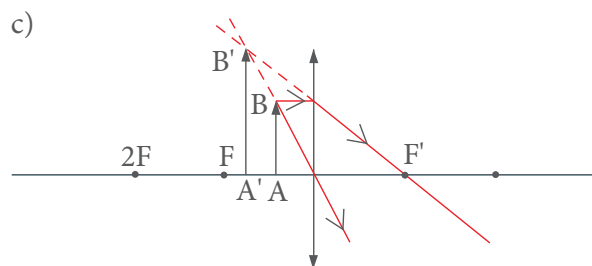
Distanța măsurată de la centrul optic al lentilei la obiect se numește **distanță obiect** și se notează cu $x_1 < 0$ (convenția de semn). Distanța măsurată de la centrul optic al lentilei la imagine se numește **distanță imagine** și se notează cu x_2 (pozitivă pentru imaginile reale și negativă pentru imaginile virtuale).



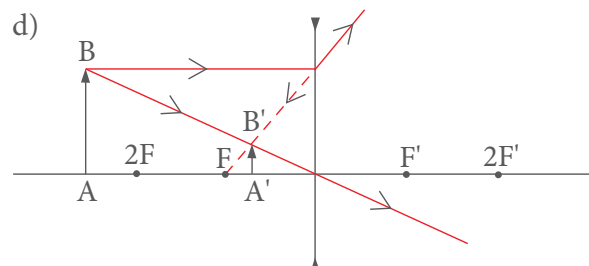
Imagine: reală; răsturnată; mai mică decât obiectul.



Imagine: reală; răsturnată; mai mare decât obiectul.



Imagine: virtuală; dreaptă; mai mare decât obiectul.



Imagine: virtuală; dreaptă; mai mică decât obiectul.

Figura 73 – Reprezentare tipuri de imagini

Imaginile pe care le-ai observat efectuând experimentul sunt reprezentate în *Figura 73 a), b), c)* pentru cele trei situații în care ai folosit lentila convergentă și d) pentru lentila divergentă. Observi că în ultimele două cazuri imaginea este virtuală și de aceea nu ai avut nevoie de ecran în cadrul experimentului, pe ecran observându-se numai imaginile reale.

Important

- Dacă grosimea lentilei, măsurată pe axa optică principală, este mult mai mică în comparație cu razele de curbură ale fețelor lentilei, spunem că lentilele sunt subțiri.
- **Focarul** este acel punct în care se întâlnesc după ce străbat lentila, razele de lumină venite de la infinit paralel cu axul optic principal, respectiv punctul din care izvorăsc razele de lumină, care după refracția pe lentilă se propagă paralel cu axul optic principal.
- Pentru a construi imaginea A' a punctului A este suficientă reprezentarea a două din următoarele trei raze:
 - rază paralelă cu axa optică principală, care după refracție trece prin focarul imagine F_2 ;
 - rază care trece prin centrul optic al lentilei și nu este deviată;
 - rază care trece prin focarul obiect F_1 și se refractă paralel cu axa optică principală.
- Distanța de la centrul optic al lentilei la obiect se numește **distanță obiect** și se notează cu $x_1 < 0$ (convenția de semn). Distanța de la centrul optic al lentilei la imagine se numește **distanță imagine** și se notează cu x_2 .

Aplică!

- 2 O sursă de lumină se află în focarul obiect al unei lentile convergente. Lentila va produce un fascicul:
a) divergent; b) convergent; c) paralel cu axa optică principală; d) paralel cu lentila.
- 3 Andrei folosește la ora de fizică o lentilă convergentă cu distanța focală $f = 10$ cm și un bec așezat pe rând, la distanța: a) 25 cm; b) 15 cm de lentilă. Apoi observă pe un ecran imaginea formată.
a) Construiește și caracterizează imaginile obiectului obținute pe ecran în cele două cazuri;
b) Ce se întâmplă dacă așază obiectul la distanța 5 cm față de lentilă? Construiește această imagine!
- 4 Mihai observă că imaginea unui obiect printr-o lentilă este virtuală și mai mică decât obiectul. Ce fel de lentilă a folosit Mihai? Dar dacă imaginea obținută este virtuală și mai mare decât obiectul? Construiește și tu aceste imagini!
- 5 O lentilă subțire convergentă formează o imagine egală ca mărime cu obiectul dacă:
a) obiectul este situat în focarul imagine; c) imaginea este foarte aproape de focarul obiect;
b) obiectul este situat în focarul obiect; d) obiectul este foarte aproape de lentilă.
- 6 O lentilă convergentă subțire are distanța focală $f = 10$ cm. Un obiect este așezat perpendicular pe axa optică principală la distanța de 20 cm.
a) Precizează dacă imaginea este reală sau virtuală;
b) Construiește imaginea obiectului prin lentilă.

Portofoliu

- 7 Unde trebuie plasat un obiect față de o lentilă convergentă cu distanța focală 20 cm pentru a obține:
a) o imagine reală și mărită; b) o imagine virtuală și mărită; c) o imagine reală și micșorată;
Construiește aceste imagini!

Autoevaluare

Reflectează asupra celor învățate și răspunde la întrebările următoare:

- a) Ce ai aflat nou? b) Ce ai făcut? c) A fost ușor/ dificil? d) Cum te-ai simțit pe durata activităților?

12. Extindere: determinarea formulelor lentilelor subțiri – puncte conjugate, mărire liniară transversală folosind elemente de geometrie plană

Ce înveți?

- Care este relația punctelor conjugate pentru lentilele subțiri
- Ce este mărirea liniară transversală

Cuvinte cheie

- puncte conjugate
- mărire liniară transversală
- convergență
- dioptrie

Observă și descoperă!

1 Pe un ecran se observă imaginea unui obiect formată printr-o lentilă convergentă (Figura 74). Dacă se înlocuiește lentila cu o altă lentilă, care are distanță focală mai mică decât prima și se păstrează obiectul în același loc față de lentilă, cum crezi că trebuie poziționat ecranul pentru a observa noua imagine?

- a) la fel ca în primul caz;
- b) mai aproape de lentilă decât în primul caz;
- c) mai departe de lentilă decât în primul caz.

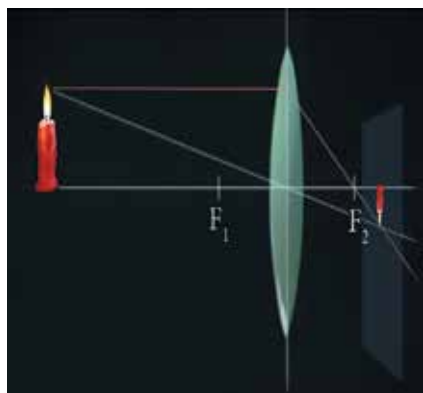


Figura 74 – Imagine prin lentilă

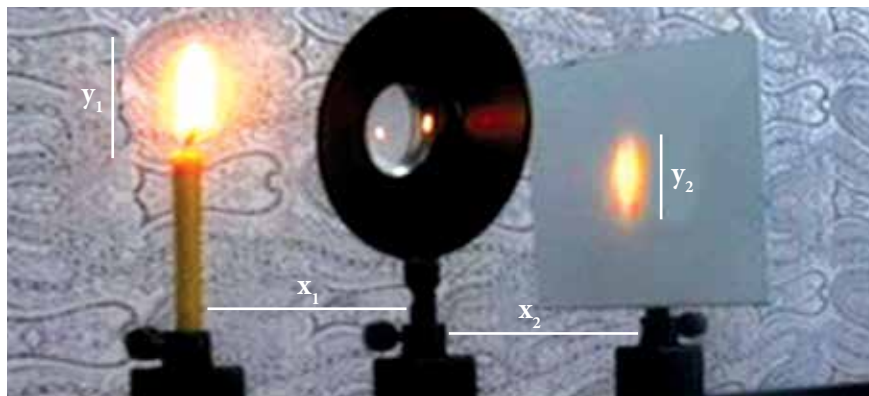


Figura 75 – Verificarea formulelor lentilelor (montaj experimental)

Experiment

Scop: verificarea experimentală a formulelor lentilelor subțiri (Figura 75).

Materiale: banc optic, lampă optică sau lumânare, suporturi culisanți, ecran, lentile convergente cu distanțe focale diferite.

Mod de lucru:

1. Montează elementele indicate în ordinea din Figura 75 și poziționează-le astfel încât să obții o imagine clară a obiectului;
2. Măsoară distanțele x_1 și x_2 pe rigla bancului optic, respectiv y_1 și y_2 cu rigla.
3. Introdu datele într-un tabel (Tabelul 3).
4. Repetă de 5 ori, pentru distanțe ale obiectului diferite.
5. Schimbă lentila și procedează ca înainte.

Constatări:

Cum sunt valorile calculate pentru inversul distanței focale a lentilei ($1/f$) și cele care exprimă diferența inverselor distanțelor de la lentilă la imagine și de la lentilă la obiect ($1/x_2 - 1/x_1$)? Dar rapoartele x_2/x_1 și y_2/y_1 ? Care sunt sursele de erori care pot afecta experimentul efectuat?

Tabelul 3 – Înregistrarea și prelucrarea datelor experimentale

Nr. crt.	x_1 (cm)	x_2 (cm)	f (cm)	$1/f$ (cm ⁻¹)	$1/x_2 - 1/x_1$ (cm ⁻¹)	y_1 (cm)	y_2 (cm)	x_2/x_1	y_2/y_1

Află!

Atunci când folosești lentile diferite și păstrezi neschimbată poziția obiectului față de lentilă, imaginea acestuia se formează la distanțe diferite în funcție de lentila folosită. Între distanța la care se află obiectul față de lentilă și cea a imaginii există o relație, pe care ai găsit-o experimental în limitele erorilor care afectează experimentul. Diferența inverselor distanțelor de la lentilă la imagine și de la lentilă la obiect ($1/x_2 - 1/x_1$) este constantă (aproximativ – în experiment) pentru o lentilă dată și egală cu inversul distanței focale a lentilei ($1/f$).

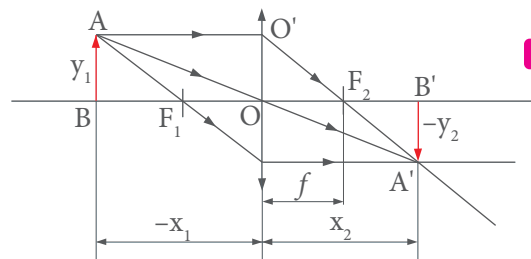


Figura 76 – Construcția imaginii unui obiect într-o lentilă

Punctul obiect A și punctul imagine corespunzător A' se numesc **puncte conjugate** și din acest motiv relația care se stabilește între distanța obiect și distanța imagine se numește **relația punctelor conjugate**.

Această relație poate fi determinată matematic. Pentru a demonstra relația, construim imaginea A'B' a obiectului AB printr-o lentilă convergentă (Figura 76).

Triunghiurile formate BOA și B'O'A' sunt triunghiuri asemenea (fiind dreptunghice și având unghiurile opuse la vârf congruente). Scriem raportul de asemănare:

$$\frac{B'A'}{BA} = \frac{OB'}{OB}, \quad \frac{B'A'}{BA} = \frac{x_2}{-x_1} \quad (1)$$

La rândul lor, triunghiurile OO'F₂ și F₂B'A' sunt tringhiuri asemenea. Raportul de asemănare în acest caz este:

$$\frac{B'A'}{OO'} = \frac{F_2B'}{F_2O}, \quad \text{dar } OO' = BA \text{ și raportul de asemănare devine: } \frac{B'A'}{BA} = \frac{x_2 - f}{f} \quad (2)$$

Din relațiile (1) și (2) rezultă: $\frac{x_2}{-x_1} = \frac{x_2 - f}{f}$

$$f \cdot x_2 = -x_1(x_2 - f) \rightarrow f \cdot x_2 = -x_1 \cdot x_2 + f \cdot x_1 \rightarrow x_1 \cdot x_2 = f \cdot x_1 - f \cdot x_2$$

$$\text{Împărțim relația la produsul } x_1 \cdot x_2 \text{ și obținem: } 1 = \frac{f}{x_2} - \frac{f}{x_1}$$

Împărțim relația obținută la f și obținem **relația punctelor conjugate** pentru lentile: $\frac{1}{f} = \frac{1}{x_2} - \frac{1}{x_1}$

Inversul distanței focale a lentilei se numește **convergența lentilei** $\frac{1}{f} = C$. În Sistemul Internațional convergența se măsoară în dioptrii. 1 dioptrie = 1 m⁻¹ $\langle C \rangle_{S.I.} = m^{-1}$

Dioptria este convergența unei lentile cu distanța focală de un metru.

Mărirea liniară (transversală), notată β , arată de câte ori este mai mare dimensiunea imaginii decât dimensiunea obiectului, ambele dimensiuni fiind măsurate perpendicular pe axa optică principal. $\beta = \frac{y_2}{y_1}$, unde y_2 este dimensiunea imaginii și y_1 dimensiunea obiectului.

$$\text{Din asemănarea triunghiurilor BOA și B'O'A', rezultă } \frac{B'A'}{BA} = \frac{OB'}{OB} \rightarrow \frac{-y_2}{y_1} = \frac{x_2}{-x_1}$$

$$\text{Înlocuind în relația de definiție a } \textbf{măririi liniare} \text{ transversale, se poate scrie: } \beta = \frac{y_2}{y_1} = \frac{x_2}{x_1}$$

Important

- Punctul obiect și punctul imagine corespunzător se numesc **puncte conjugate**

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{x_2} - \frac{1}{x_1} \text{ relația punctelor conjugate } \frac{1}{f} = C \text{ convergența lentilei; } \langle C \rangle_{S.I.} = m^{-1} = \text{dioptrie}$$

- Mărirea liniară (transversală), notată β , arată de câte ori este mai mare dimensiunea imaginii decât dimensiunea obiectului. $\beta = \frac{y_2}{y_1} = \frac{x_2}{x_1}$

Aplică!

2 Alege răspunsul corect! Convergența unei lentile este:

- a) distanța focală; b) mărirea liniară transversală; c) inversul distanței focale; d) raza de curbură.

3 Află convergența unei lentile cu distanța focală $f = 20$ cm.

4 La ora de fizică Adrian folosește o lentilă care are convergența de 4 dioptrii și așază un obiect, în fața ei, la distanța de 30 cm. La ce distanță față de lentilă trebuie să plaseze ecranul pentru a observa imaginea obiectului?

5 O riglă cu lungimea 20 cm este așezată perpendicular pe axa optică principală a unei lentile cu distanța focală $f = 10$ cm, la distanța de 30 cm în stânga ei. La ce distanță de lentilă se formează imaginea ei? Care este mărirea imaginii?

6 O lentilă divergentă subțire, cu convergența $C = -1,25$ dioptrii, formează o imagine virtuală situată la 40 cm de lentilă. La ce distanță față de lentilă este situat obiectul? Care este valoarea măririi liniare transversale în acest caz?

7 La ce distanță față de o lentilă convergentă cu distanța focală de 45 cm trebuie să așezi un obiect luminos liniar, perpendicular pe axa optică principală, pentru a obține o imagine de 3 ori mai mare ca obiectul?

8 Un obiect luminos se află la distanța de 40 cm de o lentilă cu distanța focală de 50 cm. Care este distanța dintre obiect și imaginea sa formată de lentilă?

 9 O lentilă are distanța focală $f = -40$ cm. Imaginea obiectului în lentilă va fi:

- a) mai mare decât obiectul și virtuală;
b) mai mare decât obiectul și reală;
c) mai mică decât obiectul și reală;
d) mai mică decât obiectul și virtuală.

Construiește această imagine.

10 Imaginea reală a unui obiect așezat vertical pe axa optică principală a unei lentile convergente este mai mare decât dimensiunea obiectului în cazul în care distanța obiectului îndeplinește condiția:

- a) $-x_1 = f$;
b) $3f > |x_1|$, $x_1 > 2f$;
c) $f < -x_1 < 2f$;
d) $f < -x_1 < 0$.

11 Imaginea unui obiect cu înălțimea de 4 cm, formată de o lentilă care are convergența 5 dioptrii, se formează la distanța 25 cm față de lentilă. Obiectul fiind așezat perpendicular pe axa optică principală:

- a) construiește imaginea obiectului în lentilă;
b) află distanța la care se găsește obiectul față de lentilă;
c) determină mărirea liniară transversală.

Autoevaluare

Reflectează asupra celor învățate și răspunde la întrebările următoare:

- a) Ce am aflat nou?
b) Ce probleme au apărut?
c) Cum le-am rezolvat?
d) Cum pot aplica ceea ce am învățat în viața de zi cu zi?

13. Ochiul, lupa, ochelarii

Ce înveți?

- Ochiul ca instrument optic, lupa, defectele ochiului
- Acomodare a ochiului

Cuvinte cheie

- miopie
- hipermetropie
- prezbitism

Amintește-ți!

- 1 Pe baza cunoștințelor de la anatomie și de la fizică explică modul în care ochii noștri formează imaginile obiectelor. Ce se întâmplă cu razele de lumină care ajung de la obiecte la ochii noștri (Figura 77)?
- 2 Cum sunt imaginile obiectelor observate cu lupa sau cu ochelari de vedere (Figura 78, Figura 79)?



Figura 77 – Ochiul organ al vederii



Figura 78 – Lupa



Figura 79 – Ochelari

Experiment



Scop: studiul propagării luminii prin lupă; formarea imaginilor prin lupă.

Materiale: lupa (lentilă convergentă cu distanța focală cunoscută), pagină cu un text scris foarte mic.

Mod de lucru:

1. Privește prin lupa pagina cu scris foarte mic (de exemplu, un prospect de utilizare a unui aparat, un prospect de medicamente etc).
2. Apropie și îndepărtează lupa de pagină și observă cum literele își schimbă dimensiunea. Notează distanța dintre foaie și lupa la care imaginea devine clară.

Constatări:

Ce caracteristici are imaginea formată într-o lupă? La ce distanță față de lupa se află pagina atunci când literele devin clare? Cum este această distanță față de distanța focală a lupei?

Află!

Oamenii și-au dorit dintotdeauna să observe obiecte foarte îndepărtate sau, dimpotrivă, obiecte foarte mici situate în apropierea lor. Pentru a obține imaginile acestor obiecte și pentru a le observa în bune condiții, folosim *instrumente optice*.

Instrumentul optic este un sistem unitar, format dintr-un ansamblu de lentile, oglinzi, diafragme, cu ajutorul căruia obținem imagini ale obiectelor greu observabile cu ochiul liber (se află la distanțe mari sau au dimensiuni extrem de reduse).

Construcția imaginilor în instrumentele optice are la bază fenomenele de reflexie și de refracție a luminii.

După natura imaginilor formate, instrumentele optice se împart în: instrumente care formează **imagini reale** (ochiul, aparatul de fotografiat, aparatul de proiecție), care pot fi prinse pe un film fotografic sau un ecran și instrumente care formează **imagini virtuale** (lupa, microscopul, luneta), care sunt folosite pentru examinarea directă, cu ochiul, a obiectelor.

Ochiul (Figura 80) transformă informația de la obiectele care emit sau reflectă lumina în semnale pe care creierul le interpretează. Din punct de vedere optic, **ochiul** normal (sănătos) se comportă ca o lentilă convergentă, ce focalizează pe retină (pe baza fenomenului de refracție a luminii) razele luminoase care provin de la obiectele privite. De fapt, ochiul este un sistem optic format din patru **medii transparente**: corneea ($n = 1,37$), umoarea apoasă ($n = 1,33$), cristalinul ($n \approx 1,42$) și umoarea sticloasă ($n = 1,33$). Lumina pătrunde în ochi prin corneea, străbate celelalte medii transparente și formează pe retină o imagine reală, micșorată și răsturnată a obiectelor privite.

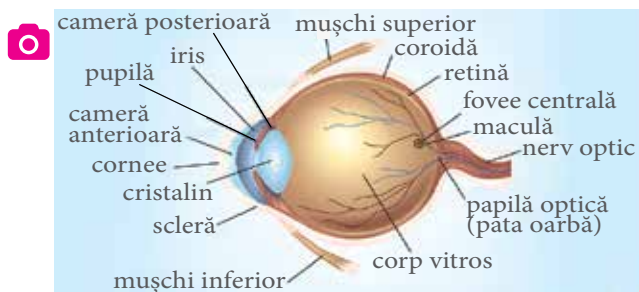


Figura 80 – Anatomia ochiului

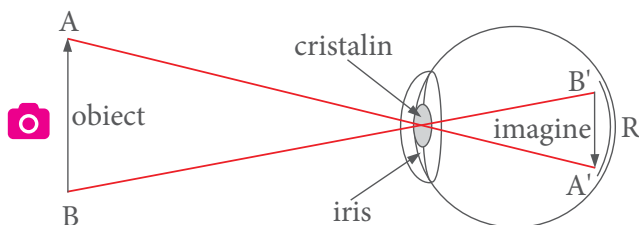


Figura 81 – Formarea imaginilor de către ochi

Cristalinul se comportă ca o lentilă convergentă (biconvexă) (Figura 81), fiind bombat, mai mult sau mai puțin, sub acțiunea mușchilor ciliari, modificându-și în acest fel, convergența. În fața cristalinului se află irisul (Figura 80), prevăzut cu o mică diafragmă, pupila, prin care se reglează fluxul de lumină care pătrunde în ochi. Retina conține un număr mare de celule, care percep lumina, numite conuri și bastonașe. Distanța de la retină la centrul optic al cristalinului este de aproximativ 15 mm. Un obiect este văzut clar dacă imaginea se formează pe retină, într-o anumite regiune, numită pata galbenă. Pe retină imaginea obiectelor este răsturnată și mai mică, însă nervul optic o transformă în impulsuri nervoase și o transmite creierului. Creierul întoarce și unifică imaginile formate de cei doi ochi redând o imagine finală dreaptă.

Pentru ca imaginea obiectelor privite, aflate la diferite distanțe, să se formeze pe retină, cristalinul trebuie să își modifice distanța focală. Proprietatea cristalinului de a-și modifica distanța focală se numește **acomodare**.

Observă și descoperă!

3 Cât de departe poți vedea cu ochiul liber?

4 Apropie, din ce în ce mai mult, cartea de fizică de ochi. La ce distanță a cărții față de ochi, începi să nu mai distingi clar textul scris?

Află!

Pentru un ochi normal, care este relaxat, imaginea unui obiect situat la „infini” (foarte departe) se formează pe retină. Dacă obiectul se apropie, mușchii măresc curbura cristalinului și determină formarea imaginii tot pe retină.

Punctul cel mai apropiat de ochi la care putem distinge clar un obiect (cu acomodare maximă) se numește **punctum proximum**, iar distanța acestuia față de ochi variază între 10-15 cm pentru tineri și mai mare pentru persoanele în vârstă. Punctul cel mai îndepărtat al vederii clare, fără acomodare, pentru ochiul normal este situat la infinit, practic, la distanțe mai mari de 15 m. Acest punct se numește **punctum remotum**. Ochiul normal distinge cele mai multe detalii ale obiectului, atunci când acesta se află la distanța de 25 cm, numită **distanță optimă** de citire.

Principalele defecte de vedere ale ochiului sunt: miopia și hipermetropia.

Miopia apare atunci când globul ocular este mai lung decât normal și imaginea punctelor aflate la infinit (foarte departe) focalizează în fața retinei (Figura 82 a). Pentru ochiul miop distanța la care se află punctum proximum este mai mică decât cea normală.

Hipermetropia apare atunci când globul ocular este mai scurt decât cel normal și în acest caz punctum proximum se află la o distanță mai mare decât cea normală și nu se văd distinct obiectele apropiate. Imaginea obiectelor se formează în spatele retinei (Figura 83 a). Acest defect apare și în cazul persoanelor în vârstă, din cauza scăderii capacității de acomodare a cristalinului, în acest caz numindu-se **prezbitism**.

Ochelarii sunt instrumente optice (lentile sau prisme) purtate în fața ochilor pentru a corecta defectele de vedere sau pentru a proteja ochii de lovituri, substanțe chimice sau de lumina prea puternică.

Cea mai obișnuită formă de ochelari constă într-o pereche de lentile de sticlă sau plastic montate într-o ramă de metal sau plastic. O caracteristică a lentilelor ochelarilor este convergența acestora.

Miopia se corectează cu ajutorul ochelarilor cu lentile divergente (Figura 82 b). Imaginea este adusă din fața retinei, pe retină.

Hipermetropia, ca și prezbitismul, se corectează cu ajutorul ochelarilor cu lentile convergente (Figura 83b). În acest caz, imaginea este adusă din spatele retinei, pe retină.

Atunci când dorim să examinăm cu ochiul liber obiecte foarte mici sau amănunte ale obiectelor din jur, putem folosi o lupă.

Lupa este un sistem optic simplu convergent, format din una sau mai multe lentile, cu distanța focală de câțiva centimetri.

Pentru ca imaginea formată să fie clară, obiectul (foaia scrisă din experiment) trebuie să se afle între focar și lupă. Observatorul deplasează lupa între obiect și ochi, astfel încât imaginea să se formeze între punctul de distanță optimă de vedere clară (25 cm) și punctul unde nu mai este nevoie de acomodare, adică la infinit. Această operație se numește *punere la punct a lupei*. Imaginea obținută cu ajutorul lupei este virtuală, dreaptă și mărită (Figura 84). Performanța unei lupei se caracterizează printr-o mărime numită **puterea optică a lupei P**. Această mărime este egală cu inversul distanței focale a lupei, adică este chiar convergența acesteia. $P = 1/f = C$. Cel mai mic obiect observabil cu lupa este de aproximativ 3μm.

Important

Ochiul ca instrument optic formează o imagine reală, micșorată și răsturnată a obiectelor privite, imagine pe care scoarța cerebrală o apreciază astfel încât obiectele să ne apară în poziția lor corectă. Principalele defecte de vedere ale ochiului sunt: **miopia**, **hipermetropia** și **prezbitismul**.

Defectele ochiului pot fi corectate cu ajutorul ochelarilor. **Ochelarii** sunt lentile purtate în fața ochilor pentru a corecta vederea.

Lupa este un sistem optic simplu convergent, format din una sau mai multe lentile, cu distanța focală de câțiva centimetri, care formează o imagine virtuală, dreaptă și mărită a obiectului.

Aplică!

- 5 Bunicul lui Mihăiță suferă de miopie. El vede obiectele situate până la 50 cm. Ce fel de lentile trebuie să aibă ochelarii lui și cu ce convergență pentru a vedea clar obiectele situate foarte departe?
- 6 O persoană care suferă de hipermetropie vede clar obiectele situate la 1,2 m. Ce fel de ochelari trebuie să folosească pentru a putea citi la 30 cm de ochi?
- 7 Imaginea reală a unui obiect drept, înalt de 2 cm, așezat perpendicular pe axa optică principală, la distanța 20 cm de o lentilă subțire, se formează la 60 cm de lentilă.
 - a) Ce distanță focală are lentila?
 - b) Caracterizează imaginea obținută și calculează înălțimea ei.
- 8 O lentilă care are convergența $C = 5$ dioptrii formează imaginea unui obiect aflat la distanța de 0,6 m față de ea. Construiește imaginea obiectului în condițiile descrise și calculează distanța la care se obține aceasta față de lentilă. La ce distanță ar trebui să se afle obiectul în fața lentilei, pentru ca imaginea să aibă aceeași înălțime cu obiectul?
- 9 În fața unei lentile cu convergența $C = 4$ dioptrii se așază un obiect la distanța de 50 cm față de ea. Obiectul are înălțimea de 4 cm.
 - a) Ce distanță focală are lentila?
 - b) La ce distanță față de lentilă se formează imaginea?
 - c) Ce înălțime are imaginea obiectului?

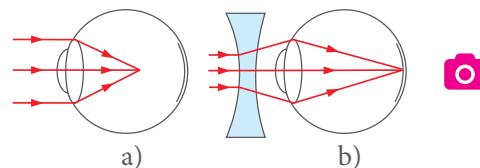


Figura 82 – Formarea imaginilor de către ochiul miop a) și corectarea defectului b)

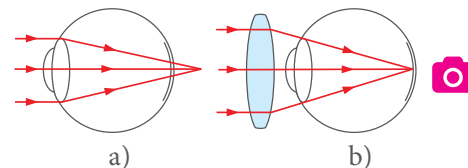


Figura 83 – Formarea imaginilor de către ochiul hipermetrop a) și corectarea defectului b)

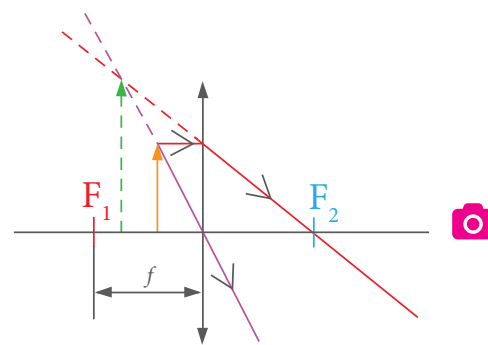


Figura 84 – Formarea imaginii unui obiect într-o lupă

Recapitulare

- 1 La trecerea unei raze de lumină din aer ($n_{\text{aer}} = 1$) în apă ($n_{\text{apă}} = 1,33$):
- raza de lumină se îndepărtează de normală;
 - raza de lumină nu își schimbă direcția de propagare;
 - raza de lumină se reflectă total;
 - raza de lumină se apropie de normală.
- 2 Se numesc puncte conjugate:
- obiectul și focarul imagine al unei lentile;
 - imaginea și focarul obiect al unei lentile;
 - punctul obiect și punctul imagine corespunzător;
 - focarele unei lentile.
- 3 Maria are înălțimea $h = 1,60$ m. Ea se privește într-o oglindă dreptunghiulară așezată pe un perete. Ce înălțime minimă trebuie să aibă oglinda pentru ca Maria să se vadă în întregime în oglindă?
- 4 O rază de lumină este incidentă sub un unghi de 30° din aer pe suprafața unui mediu transparent. Ce valoare are indicele de refracție al mediului dacă raza refractată este perpendiculară pe raza reflectată?
- 5 Alexandru a mers în vacanță la bunici. În spatele casei acestora este un pârâu, pe fundul căruia Alexandru a văzut o pietricică. El a vrut să o miște cu ajutorul unui baston pe care l-a introdus în apă sub un unghi de 45° . La ce depărtare de pietricică a atins bastonul fundul apei, dacă adâncimea acesteia este de 40 cm? ($n_{\text{apă}} = 4/3$)
- 6 Șerban are o lentilă a cărei convergență este de 5 dioptrii. Ce distanță focală are lentila? Dacă imaginea reală a unui obiect formată de lentilă este de 2 ori mai mare ca obiectul, la ce distanță față de lentilă se află obiectul?
- 7 Un obiect luminos liniar se află la distanța 20 cm de centrul optic al unei lentile convergente cu distanța focală de 30 cm. Care este distanța între obiect și imaginea formată de lentilă? Ce mărime liniară transversală are lentila? Dacă obiectul are înălțimea de 1 cm, ce înălțime va avea imaginea sa?

Investigație

De ce un om nu vede clar sub apă?

• Ce veți face?

Veți investiga de ce un ochi normal nu vede clar obiectele când un om înoată sub apă, fără ochelari speciali.

• De ce veți face?

Stabiliți o listă de ipoteze (presupuneri) despre acest lucru. Identificați explicațiile științifice, răspunzând întrebării: *Care ochi, cu miopie sau cu hipermetropie, vede mai clar sub apă?*

• Cum veți investiga? Care este modul de lucru?

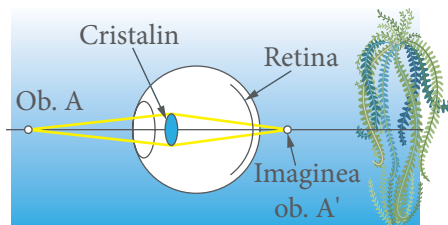
- Organizați-vă în echipă de 3-4 colegi.
- Faceți câte un plan de acțiune. Documentați-vă și căutați informații despre caracteristicile ochiului normal, ochiului cu miopie sau al celui cu hipermetropie și notați toate detaliile pentru prezentare.
- Realizați fotografii sau filme ale explicațiilor identificate.
- Discutați cu profesorul vostru despre explicațiile găsite.
- Realizați materiale informative (filmulețe de prezentare, prezentări PowerPoint).

• Cum veți ști că ați reușit?

- Veți prezenta colegilor din celelalte echipe toate materialele informative găsite.
- Colegii din celelalte echipe vor face aprecieri.

SUGESTIE

În apă, imaginea obiectelor nu se mai formează pe retină (ca în aer), ci în spatele ei și de aceea obiectele se văd încetoșate.



Miopii văd mai clar sub apă, deoarece la ei imaginea obiectelor în aer se formează în fața retinei, iar sub apă se va deplasa mai spre retină.

Autoevaluare

- Am colaborat în cadrul echipei?
- Explicațiile științifice sunt adecvate?
- Prezentarea materialelor echipei a fost apreciată de colegi?

- 1 Completează spațiile libere astfel încât să obții enunțuri corecte: (7, 5 p)
 - a) Dispersia luminii este fenomenul a luminii albe în șapte fascicule de lumină diferit: roșu,
 - b) Când un fascicul luminos poate fi împărțit în fascicule izolate de lumină se constată că acțiunile acestor fascicule sunt, adică efectul produs de un fascicul este indiferent dacă celelalte fascicule își exercită simultan acțiunea lor sau sunt eliminate.
 - c) Dacă raza de lumină trece dintr-un mediu mai dens într-un mediu mai puțin dens, atunci ea de normala la suprafață. În acest caz, pentru o anumită valoare a unghiului mai mare decât unghiul, raza se întoarce în totalitate în din care a venit.
- 2 Stabilește valoarea de adevăr a afirmațiilor: (10 p)
 - a) Lentila convergentă transformă un fascicul paralel cu axa optică principală într-un fascicul convergent.
 - b) Distanța focală a unei lentile cu convergența 4 dioptrii este de 25 cm.
- 3 Alege răspunsul corect. Pentru oglinda plană: (5 p)
 - a) $x_2 = x_1$ și $\beta = 1$
 - b) $x_2 = -x_1$ și $\beta = 1$
 - c) $x_2 = -x_1$ și $\beta = -1$
 - d) $x_2 = x_1$ și $\beta = -1$
- 4 În Figura 85 a) este reprezentat mersul unei raze de lumină la trecerea dintr-un mediu în alt mediu. Figurează pe desen unghiurile de incidență și de refracție și motivează în care mediu lumina se propagă cu o viteză mai mare. În cazul Figurii 85 b), raza 2 se reflectă total. Precizează, motivând răspunsul, ce tip de fenomen optic suferă fiecare dintre celelalte raze de lumină. (7,5 p)

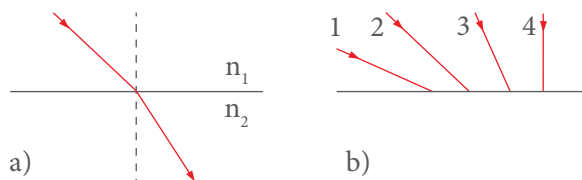


Figura 85 – Mersul unei raze de lumină la trecerea dintr-un mediu în alt mediu

- 5 La suprafața de separare dintre aer și un mediu transparent, o parte din lumină se reflectă și alta se refractă. Cunoscând indicii de refracție al mediului $n_m = \sqrt{3}$ și unghiul format de raza reflectată cu suprafața de separare $\alpha = 30^\circ$, realizează un desen corespunzător și determină unghiurile de incidență și de refracție. (20 p)
- 6 Daniela așază un mic obiect în fața unei oglinzi plane. Dacă menține obiectul în același loc și îndepărtează oglinda față de obiect cu distanța $a = 25$ cm, ea constată că noua imagine a obiectului se observă în alt loc. Cu cât se îndepărtează noua imagine față de locul în care observase imaginea inițială? (20 p)
- 7 Un obiect luminos cu înălțimea 3 cm este așezat perpendicular pe axa optică principală a unei lentile subțiri. Obiectul se află la 20 cm de centrul optic al lentilei și imaginea obținută este dreaptă și egală cu 6 cm. Realizează un desen în care să reprezinti imaginea formată de lentilă și calculează distanța focală a acesteia. Ce convergență are lentila? (20 p)

• Observă la care dintre exerciții ai avut punctaj mai mic. Notează, pe caiet, ce dificultăți ai întâmpinat și care crezi că sunt lecțiile asupra cărora ar trebui să revii. Recitește-le!

Autoevaluare elev	Evaluare profesor
punctaj:	punctaj:

Bifează căsuța care sugerează cel mai bine cum consideri că te-ai descurcat la această evaluare: **foarte bine**, **bine**, **suficient de bine** sau **insuficient**:



Exersezi și progresezi

1 Notează A dacă propoziția este adevărată și F dacă este falsă:

- a) Culoarea unui obiect este culoarea pe care acesta o reflectă, celelalte componente ale luminii incidente pe suprafața lui fiind în totalitate absorbite de acesta;
b) Imaginea unui obiect formată printr-o lupă este reală, mărită și dreaptă.



2 Alege răspunsul corect:

A. Reflexia totală a luminii se produce dacă:

- a) $n_2 > n_1$ și $i > i_c$; b) $n_2 > n_1$ și $i < i_c$; c) $n_2 < n_1$ și $i > i_c$; d) $n_2 < n_1$ și $i < i_c$.

B. Cum pare un lac limpede:

- a) mai adânc decât în realitate; c) la fel de adânc ca și în realitate;
b) mai puțin adânc decât în realitate; d) depinde de înălțimea de la care privește observatorul.

C. Privit din apă, datorită fenomenului de refracție, vârful unui copac:

- a) pare mai jos; b) pare mai sus; c) nu se vede; d) se vede la înălțimea la care se află.

3 Explică de ce în zilele însorite de vară este bine să purtăm haine de culoare deschisă.

4 Florin privește un obiect luminos aflat pe fundul unui bazin plin cu apă, de adâncime $h = 1$ m. Cu cât pare mai ridicat obiectul față de fundul bazinului, atunci când este privit sub incidență normală? ($n_{\text{aer}} = 1$ și $n_{\text{apă}} = 4/3$)

5 Pe fundul unui vas care conține apă până la o înălțime $h = 60$ cm, se află o sursă luminoasă. La suprafața apei plutește un disc opac al cărui centru se găsește pe verticala sursei (Figura 86). Care este valoarea minimă a razei discului astfel încât sursa luminoasă să fie invizibilă din exterior. ($n_{\text{apă}} = 4/3$)?

6 Lungimea unui stâlp vertical este de două ori mai mică decât lungimea umbrei sale. Realizează un desen prin care să reprezinti mersul razelor de lumină și cu ajutorul acestuia determină sinusul unghiului de incidență sub care cad pe sol razele Soarelui.

7 La ce distanță față de o lentilă convergentă, cu distanța focală de 30 cm, trebuie așezat un obiect luminos liniar, perpendicular pe axa optică principală, pentru a se obține o imagine reală de 3 ori mai mare decât obiectul?

8 Distanța focală a obiectivului unui aparat de fotografiat (lentilă convergentă) este de 5 cm. Imaginea unei clădiri înaltă de 2 m este 10 cm. De la ce distanță s-a fotografiat clădirea?

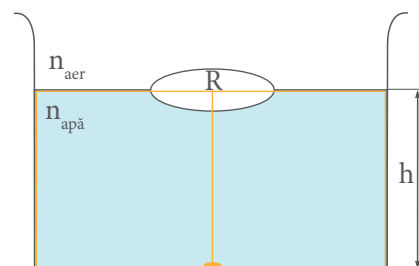


Figura 86 – Vas cu apă

Observ! Notează răspunsul care ți se potrivește, gândindu-te la această unitate de învățare.

Comportamentul	Niciodată	Uneori	Deseori
Am dovedit interes pentru învățare.			
Am respectat cerințele profesorului.			
Am finalizat activitățile.			
Am cerut ajutor atunci când am avut nevoie.			
Când am greșit, am vrut să aflu cum mă pot corecta.			
Mi-am exprimat opinia.			
Am lucrat individual.			
Am cooperat cu ceilalți în cadrul activităților.			

Forme de energie. Surse de energie

UNITATEA

4



1. Transformarea și conservarea energiei în diferite sisteme

Ce înveți?

- Transformarea energiei dintr-o formă în alta
- Conservarea energiei

Cuvinte cheie

- energie
- transformare

Amintește-ți!

1 Observă imaginile din *Figura 1*, amintește-ți ce este energia și identifică tipurile de energie din imagini.



Figura 1 – Diverse forme de energie

Află!

Ai învățat în anii anteriori, că energia este o mărime fizică ce arată câtă capacitate are un corp sau un sistem de a produce schimbări (cum ar fi mișcare, căldură, lumină etc.). În natură există mai multe forme de energie, pe care le-ai putut identifica în *Figura 1*: **energie cinetică** (energia unui obiect aflat în mișcare mecanică), **energie potențială** (energia asociată cu poziția unui obiect într-un câmp de forțe-energie gravitațională, elastică), **energie termică** (energia internă a unui sistem datorată mișcării particulelor sale), **energie electrică** (energia asociată cu mișcarea ordonată a purtătorilor de sarcină într-un conductor), **energie chimică** (energia stocată în legăturile chimice ale substanțelor), **energie nucleară** (energia eliberată în urma reacțiilor nucleare), **energie electromagnetică** (energia transportată de radiațiile electromagnetice, de exemplu, de lumina solară). Aceste forme de energie se pot transforma dintr-un tip în altul în urma unor procese fizice.

Observă și descoperă!

2 Urmărește *Figura 2* și explică modurile în care se transformă energia în fiecare situație.

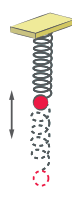
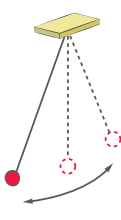


Figura 2 – Transformarea energiei dintr-o formă în alta

Află!

Dacă urmărești mișcarea pendulului gravitațional (corp suspendat de un fir inextensibil) sau a celui de tip elastic (corp suspendat de un resort), poți constata că are loc o transformare continuă a energiei potențiale în energie cinetică și invers.

În cazul veiozei de birou, energia electrică este convertită în energie luminoasă, iar prin arderea combustibilului, energia chimică este transformată în energie termică. Panoul solar transformă energia solară în energie termică sau în energie electrică.

Oamenii au construit diferite dispozitive cu ajutorul cărora transformă o formă de energie în alta formă de energie. De exemplu: *motorul electric* – transformă energia electrică în energie mecanică, *motorul termic* – transformă o parte din energia termică, obținută prin arderea combustibilului (energie chimică), în energie mecanică, *bateriile electrice (acumulatorii)* – transformă energia chimică în energie electrică, *alternatorul (generatorul electric)* – transformă energia mecanică în energie electrică.

Experiment!

Scop: evidențierea transformării energiei dintr-o formă în altă formă.

Materiale: O minge de tenis, arc, suport (pentru a fixa arcul pe verticală);

Mod de lucru:

1. Fixează un capăt al arcului pe suport;
2. La capătul celălalt așază mingea de tenis și apasă în jos spre arc, comprimându-l;
3. Eliberează mingea.

Constatări: Ce se întâmplă cu mingea? Cum explici mișcarea ei?



Află!

În momentul în care comprimi arcul, acesta stochează energie potențială elastică și când îl lași liber, are tendința de a reveni la forma sa inițială. *Energia potențială elastică* se transformă în *energie cinetică*, iar mingea este propulsată în sus. La înălțimea maximă la care se ridică mingea, toată energia ei cinetică se transformă în energie potențială, *gravitațională*. Apoi, mingea cade și pe măsură ce se mișcă în jos, *energia potențială gravitațională* se transformă în *energie cinetică*. Practic, neglijând frecarea, energia mecanică a sistemului se conservă, transformându-se dintr-o formă în altă formă. Aplicații practice ale conservării și transformării energiei întâlnim și în alte domenii ale tehnicii: **centralele electrice** (transformarea energiei termice în energie electrică), **panourile fotovoltaice** (transformarea energiei solare în energie electrică), **vehicule electrice** (conversia energiei electrice în energie mecanică).

Amintește-ți!

3 Observă sursele de energie din *Figurile 3-6* și menționează deosebirile dintre ele. Care sunt formele de energie pe care acestea le produc, și din ce alte energii le transformă?



Figura 3 – Centrală termoelectrică



Figura 4 – Centrală nucleară



Figura 5 – Hidrocentrală



Figura 6 – Ferma solară și eoliană

Află!

În *Figurile 3 și 4* regăsim sisteme care generează energie, utilizând surse de energie primară care sunt poluante și epuizabile, precum combustibilii fosili (cărbune, petrol, gaze naturale) pentru centrala termoelectrică și combustibilii nucleari pentru centrala nucleară. Aceste surse sunt **epuizabile**, deoarece rezervele lor sunt limitate. Cărbunele, gazele naturale și petrolul s-au format de-a lungul a mii de ani din rămășițele sedimentate ale plantelor și animalelor marine antice. Combustibilii nucleari: ^{235}U și ^{238}U , izotopi radioactivi ai uraniului, sunt utilizați pentru a genera energie, în urma reacțiilor care au loc în reactoare nucleare. În cazul centralei termoelectrice, căldura este transmisă apei din cazane în care se produce abur sub presiune și care, prin intermediul turbinelor, permit transformarea energiei termice în energie electrică. Există termocentrale care folosesc drept combustibil gazele naturale. Acestea presupun costuri mai mici de operare și emisii mai scăzute de dioxid de carbon comparativ cu petrolul și cărbunele.

Celelalte surse de energie utilizate de sistemele din *Figurile 5 și 6* sunt **inepuizabile (surse de energie continuă)**, cunoscute drept **surse de energie verde**, adică **nepoluante**, precum: apa râurilor, fluviilor, mărilor și oceanelor – sursă naturală de energie mecanică (hidraulică); vântul, adică mișcarea maselor mari de aer, care reprezintă o sursă naturală de energie cinetică (eoliană); soarele – o sursă de energie continuă, termică și electromagnetică (solară). Alte **forme de energie regenerabilă** sunt: energia geotermală, energia valurilor și energia mareelor care determină variația nivelului apei din mări și din oceane.

Întreținerea vieții la nivelul locuințelor noastre sau a instalațiilor spațiale necesită existența unor diferite forme de energie și transformarea acestora dintr-o formă în alta.

Aplică!

4 Recunoști imaginea din *Figura 7*? Discută cu colegul tău și căutați informații pe Internet despre modul în care **diverse forme de energie** sunt utilizate și gestionate în cadrul acestui satelit.



Figura 7 – Stația Spațială Internațională ISS



Figura 8 – Sistemul de întreținere a vieții și de control al mediului ambiant al ISS

Află!

În *Figura 7* observi Stația Spațială Internațională, un satelit artificial locuibil, care orbitează complet în jurul Pământului în timp de 90 de minute, la o altitudine cuprinsă între 319,6 km și 346,9 km, având viteza de aproximativ 28 000 km/h. Ea a fost construită, dotată și operată printr-un parteneriat între Statele Unite, Rusia, Japonia, Canada și Europa. Stația este formată din 14 module, lansate în ani diferiți, care adăpostesc: laboratoare, săli de depozitare, dormitoare, săli de sport. Acolo lucrează un grup de astronauți de diferite naționalități în condiții speciale de *microgravitație* (nu se simte atracția gravitațională din cauza distanței mari față de Pământ sau alte corpuri cerești cu masă mare).

Tipurile de energie specifice sistemelor din cadrul Stației Spațiale Internaționale sunt:

1. Energie solară Exemplu: Panourile solare sunt principala sursă de energie pentru Stația Spațială Internațională. Ele captează energia solară și o transformă în **energie electrică** (și căldură), care este utilizată pentru alimentarea tuturor echipamentelor și sistemelor de bord ale stației. Pentru asigurarea continuității captării energiei furnizată de Soare, panourile solare au o construcție din materiale semiconductoră speciale, rezistente la mediul spațial și cu eficiență de transformare energetică superioară. Dispunerea panourilor sub formă de module pe suprafața stației, acoperă toate zonele posibile de captare a energiei solare în timpul orbitării.

2. Energie electrică Exemplu: Baterii de stocare a energiei construite în principal din litiu, se folosesc pentru perioadele în care stația intră în zone neacoperite de lumina solară pe timpul orbitării sale. Astfel, acestea asigură un flux constant de energie electrică pentru ISS.

3. Energie termică Exemplu: Gestionarea temperaturii prin radiație termică. Stația Spațială Internațională se confruntă cu variații extreme de temperatură în perioadele în care este expusă sau nu la lumina solară. Pentru a gestiona problema excesului de căldură generată de echipamentele electrice și panourile solare, ISS utilizează un sistem de **radiatoare termice** care disipă această energie.

4. Energie cinetică *Exemplu: Sisteme de control al orientării și traiectoriei.* Energia cinetică joacă un rol important în mișcarea Stației Spațiale Internaționale. Pentru a menține orientarea corectă și pentru a ajusta traiectoria, ISS folosește **roți de inerție** (sau roți de giroscop) care sunt angrenate cu ajutorul unui motor. Energia cinetică stocată în aceste roți ajută la controlul rotației stației, iar energia mecanică generată este utilizată pentru a menține stabilitatea stației pe orbită.

5. Energie chimică *Exemplu: Sisteme de generare a oxigenului și reciclare a apei.* Energia chimică este folosită în procesele care generează oxigen sau care produc apă potabilă prin procese chimice.

6. Energie nucleară *Exemplu: Sisteme de alimentare de rezervă pe baze nucleare.* Deși, în prezent, ISS nu utilizează **energie nucleară** pentru alimentarea principală, pe viitor se discută despre posibile surse de energie nucleară pentru stațiile spațiale.

Unul dintre cele mai complexe sisteme aflate la bordul ISS este reprezentat de **sistemul de întreținere a vieții și de control al mediului ambiant – ECLSS** ((Figura 8). Acest sistem are următoarele funcții: produce oxigenul necesar membrilor echipajului, produce apă potabilă, îndepărtează dioxidul de carbon, filtrează particulele și microorganisme, îndepărtează gazele organice volatile, monitorizează și controlează presiunile parțiale de azot, oxigen, dioxid de carbon, metan, hidrogen și vapori de apă ale aerului, menține temperatura și umiditatea, distribuie aerul între modulele conectate.

Important!

În natură, energia se transformă, în urma unor procese fizice, dintr-o formă în altă formă de energie, conservându-se.

- Sursele de energie de care dispunem se împart în epuizabile și regenerabile.
- Producerea de energie utilizând resurse energetice regenerabile este nepoluantă.
- Producerea energiei electrice utilizând combustibili fosili este poluantă și contribuie la fenomenul de încălzire globală.

Aplică!

5 În Figura 9 este reprezentat consumul de energie electrică în anul 2022 în țara noastră. Analizează diagrama și precizează cât la sută din consumul total reprezintă energia rezultată din hidrocarburi? Dar cea eoliană?

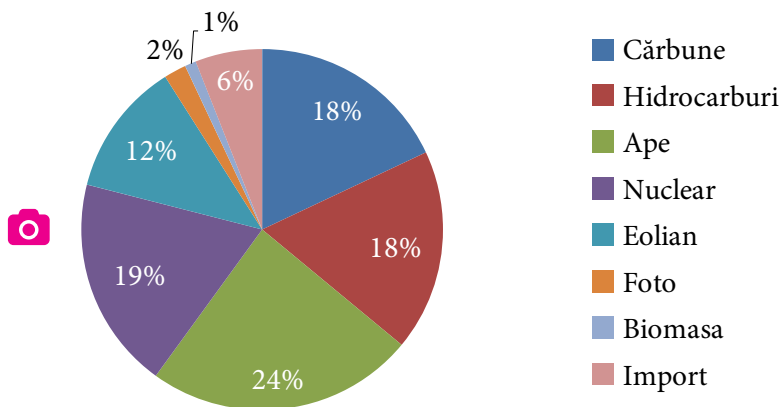


Figura 9 – Consumul de energie electrică în 2022

6 Care este principala sursă de energie electrică pentru consum?

7 Amprenta de carbon este un termen utilizat frecvent pentru a exprima contribuția tuturor activităților umane și a celor industriale în termeni de emisii de dioxid de carbon (CO_2) și alte gaze cu efect de seră (GES). Informează-te și răspunde la întrebarea: *Cum putem contribui la reducerea amprentei de carbon?*

• Ce veți face?

Veți face o prezentare PowerPoint despre sursele de energie și măsurile de reducere a poluării pentru una dintre regiunile geografice ale României.

• De ce veți face?

Pentru a aplica noțiunile studiate și a vă documenta despre impactul și măsurile luate în țara noastră pentru protejarea mediului.

• Cum veți face?

1) Veți forma echipe de câte 3-5 elevi, fiecare echipă va alege una dintre cele 7 regiuni geografice învățate la Geografie.

2) Veți căuta informațiile în diferite surse, inclusiv pe Internet, despre sursele de energie din fiecare regiune, tipul de energie produs, efectele asupra mediului și măsurile de reducere a poluării.

3) Veți analiza și organiza informațiile găsite și veți realiza o prezentare folosind imagini sau desene sugestive.

• Cum veți ști că ați reușit?

– Veți analiza proiectul cu ajutorul criteriilor de evaluare și îl veți prezenta colegilor și profesorului, iar ei vor face aprecieri.

Criterii de evaluare:

- prezentările sunt formulate clar;
- imaginile alese sunt sugestive;
- textele sunt scrise îngrijit;
- sunt respectate regulile gramaticale și de exprimare;
- materialul este corect din punct de vedere științific.

SUGESTIE

1) Folosiți pentru căutare **cuvinte cheie** care denumesc sursele de energie (hidrocentrale, centrale nucleare, ferme eoliene etc.); tipurile de energie (termică, eoliană, nucleare etc.).

2) **Folosiți informațiile învățate la celelalte discipline** și discutați cu profesorii acestor discipline (Geografie, Chimie, Biologie etc.), trimiteți e-mailuri organizațiilor ecologice din zona geografică aleasă.

3) **Scriveți textele după un plan de prezentare.**

De exemplu:

- *Surse de energie din regiune:* oferiți exemple cu cele mai importante surse din regiunea geografică și realizați o scurtă descriere a acestora, precizând ce fel de sursă este (poluantă/nepoluantă, epuizabilă/ inepuizabilă).

- *Tipul de energie produs:* precizați tipul de energie și explicați pe scurt cum se produce energia.

- *Efectele asupra mediului:* folosiți ceea ce ați învățat la Fizică, Chimie, Biologie și prezentați efectele.

- *Măsurile de reducere a poluării:* prezentați, de exemplu, ce surse de energie regenerabilă pot fi utilizate în zona respectivă, folosind informații învățate la Geografie.



Autoevaluare

- Am colaborat în cadrul echipei?
- Informațiile științifice sunt adecvate?
- Prezentarea materialelor echipei a fost apreciată de colegi?

Recapitulare

I. Completează spațiile libere, astfel încât afirmațiile să fie corecte.

- Cele două forme ale energiei mecanice în natură sunt și
- Energia electrică se poate obține din energie, energie, energie, energie
- Într-o baterie electrică energia este acumulată sub formă de energie
- Energia este sursă de energie pentru procesul de, întâlnit la plante.
- Centrala electrică ce utilizează energia potențială a unei căderi de apă se numește



II. Notează cu adevărat (A) sau fals (F) enunțurile de mai jos.

- Rolul barajului la o hidrocentrală este de a crește energia cinetică a apei.
- Termocentrala utilizează energia potențială a unei căderi de apă.
- La bordul ISS viața nu poate fi susținută.
- Energia radiantă poate fi transformată în energie chimică.
- Carbohidrații reprezintă sursa principală de energie pentru corpul uman.



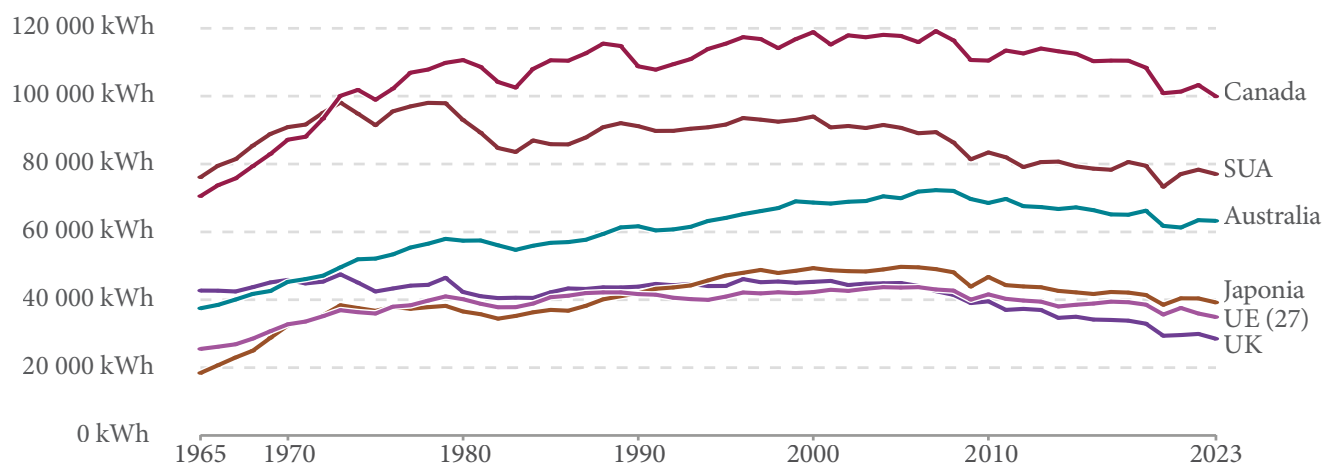
III. Încercuiește litera corespunzătoare răspunsului corect.

- 1 Care dintre sursele de energie enumerate mai jos emite cea mai redusă cantitate de gaze cu efect de seră:
a) soarele; b) gazele naturale; c) cărbunele brun; d) petrolul.
- 2 Panourile fotovoltaice produc de energie electrică:
a) poluantă; b) parțial nepoluantă; c) prietenoasă cu mediul (nepoluantă); d) parțial poluantă.
- 3 Pentru a produce energie, centrala nucleară utilizează:
a) petrol; b) gaz metan; c) uraniu; d) cărbune.
- 4 Motorul electric transformă energia electrică în energie:
a) termică; b) nucleară; c) mecanică; d) chimică.

IV. Analizează graficul din *Figura 10*.

- Ce observi că s-a întâmplat în fiecare țară, cu consumul de energie per persoană, după anul 2010?
- Estimează în ce an este atins vârful consumului de energie în Canada?
- Care a fost consumul de energie per persoană în anul 1990 în Uniunea Europeană?

Consumul de energie/persoană măsurat în kWh



Sursa: U.S. Energy Information Administration (2023); Energy Institute - Statistical Review of World Energy (2024); Population based on various sources (2023) OurWorldinData.org/energy

Figura 10 – Consumul de energie per persoană în perioada 1965 – 2023

V. Este influențată energia eoliană de cea solară? Argumentează!

I. Realizează corespondența termenilor din coloana A cu cei din coloana B. (10 puncte)

A	B
Termocentrală	Apa
Panou solar	Uraniu
Hidrocentrală	Combustibili fosili
Turbină eoliană	Raze solare
Centrală nucleară	Vânt
	Valuri

II. Completează spațiile libere, astfel încât afirmațiile să fie corecte. (4 p)

- 1 Sursele principale de energie verde sunt,,
- 2 Bateriile de litiu utilizate de ISS stochează energia electrică generată în timpul expunerii și o furnizează în perioadele de, asigurând, astfel, un flux constant de energie pentru stație.

III. Încercuiește litera corespunzătoare afirmației corecte. (16 p)

- 1 Energia eoliană este stocată în:
 - a) minereu de uraniu;
 - b) baterii și acumulatori;
 - c) barajul hidrocentralei;
 - d) turbina eoliană.
- 2 În centrala nucleară se utilizează: a) mișcarea maselor de aer; b) lumina soarelui; c) uraniu; d) combustibili fosili.
- 3 Transformarea energiei razelor solare în energie electrică are loc în:
 - a) hidrocentrală;
 - b) centrala nucleară;
 - c) panoul fotovoltaic;
 - d) turbina eoliană.
- 4 În mod obișnuit energia solară este transformată direct în:
 - a) energie termică;
 - b) energie mecanică;
 - c) energie nucleară;
 - d) energie electrică.

IV. Notează cu adevărat (A) sau fals (F) enunțurile: (20 p)

- 1 Stația Spațială Internațională este un satelit artificial locuibil, care orbitează în jurul Pământului, în care lucrează un grup de astronauți în condiții speciale de *microgravitație*.
- 2 Producerea energiei electrice utilizând combustibili fosili nu este poluantă.
- 3 Energia obținută în urma variației nivelului apei din mări și oceane datorită mareelor este o energie prietenoasă cu mediul.
- 4 Conversia radiației solare în energie electrică prin efectul fotovoltaic se realizează în celule solare.

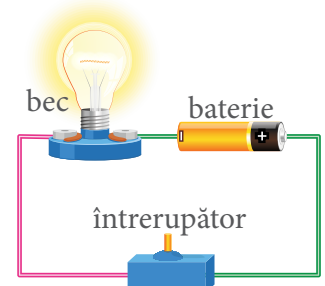


Figura 11 – Circuit electric

V. Pentru circuitul electric reprezentat în Figura 11, format dintr-o baterie, conductori de legătură și un bec incandescent, identifică formele de energie implicate și specifică transformările acestora dintr-o formă în alta. (20 p)

VI. Andrei citește indexul afișat pe contorul electric: 12 962 kWh. Știind că indexul din luna anterioară a fost 12 853 kWh, transformă în jouli consumul de energie din locuința lui Andrei pentru această lună. Dacă prețul unui kWh este de 0,68 lei, cât va plăti Andrei pentru energia consumată în luna curentă? (20 p)

• Observă la care dintre exerciții ai avut punctaj mai mic. Notează, pe caiet, ce dificultăți ai întâmpinat și care crezi că sunt lecțiile asupra cărora ar trebui să revii. Recitește-le!

Autoevaluare elev	Evaluare profesor
punctaj:	punctaj:

Bifează căsuța care sugerează cel mai bine cum consideri că te-ai descurcat la această evaluare: **foarte bine**, **bine**, **suficient de bine** sau **insuficient**.

☐

☐

☐

☐

Exersezi și progresezi

I. Copiază și completează spațiile libere din tabel:

Tip de energie	Sistemul în care are loc transformarea energiei	Energie rezultată
Termică		Mecanică
Radiantă		Electrică
Chimică	Centrală termoelectrică	
	Centrală nucleară	
	Motor termic	Mecanică
Mecanică	Generatorul electric	

II. Completează spațiile libere, astfel încât afirmațiile să fie corecte:

- 1 Gazele naturale utilizate în termocentrale drept combustibili presupun costuri de operare și emisii mai scăzute de comparativ cu petrolul și cărbunele.
- 2 Sursele de energie de care dispunem se împart în și
- 3 Hidrocentrala folosește energia a unei căderi de apă.
- 4 Producerea energiei electrice utilizând combustibili este poluantă și contribuie la fenomenul de

 III. Încercuiește litera corespunzătoare afirmației corecte.

- 1 Dintre surse de energie menționate, cea mai mare cantitate de gaze cu efect de seră este emisă de:
a) cărbunele brun; b) gazele naturale; c) energia solară; d) petrolul.
- 2 Amprenta de carbon reprezintă:
a) rezervele de carbon transformate în dioxid de carbon, atunci când țițeiul și gazul natural sunt arse pentru a obține energie electrică;
b) rezervele totale de carbon din pădurile de pe Terra;
c) emisiile totale (directe sau indirecte) de gaze cu efect de seră produse de către o persoană, organizație, eveniment etc;
d) emisiile de dioxid de carbon în atmosfera planetei de la toate întreprinderile industriale.

 IV. Notează cu adevărat (A) sau fals (F) enunțurile:

- 1 Energia mecanică poate fi transformată în energie termică și în energie radiantă.
- 2 Panourile fotovoltaice generează energie electrică utilizând energia cinetică a apei.
- 3 Arderea combustibililor fosili nu generează gaze cu efect de seră.

V. Precizează care sunt formele de energie și transformările energetice prezente în viața cotidiană, raportându-te la condițiile locuinței tale (încălzire, iluminat) și la prepararea hranei.

VI. Puterea calorică a unui combustibil este de 43 MJ/kg, iar în urma arderii sale este emisă în atmosferă o cantitate de 80 g/MJ de CO_2 , iar un al doilea combustibil generează prin ardere o energie de 36 MJ/kg, în urma arderii fiind emisă în atmosferă o cantitate de 60 g/MJ de CO_2 .

- a) Ce cantitate din al doilea combustibil este necesară pentru a genera aceeași energie ca și 2 000 kg din primul combustibil?
- b) Ce cantitate de CO_2 este emisă în atmosferă după arderea cantităților de combustibili menționate anterior?

Observ! 

Accesează manualul digital pentru a completa Fișa de observare a comportamentului.

Recapitulare finală



1 Notează cu adevărat (A) sau fals (F) enunțurile:

- a) Temperatura este o mărime fizică fundamentală.
- b) Temperatura unui corp este indicată de termometru imediat ce acestea sunt în contact termic.
- c) Căldura specifică este o caracteristică termică a substanței.
- d) Transmiterea căldurii prin convecție are loc cu transfer de substanță.

2 Încercuiește litera corespunzătoare afirmației corecte:

- A. Căldura specifică se măsoară în: a) J; b) J/kg · K; c) K; d) J/K.
- B. Corpurile solide: a) nu au formă și volum propriu; b) au formă și volum propriu; c) au formă dar nu au volum propriu; d) au volum propriu, dar forma nu este determinată.
- C. Unitatea de măsură pentru puterea calorică este: a) J · kg; b) J/K; c) J/kg; d) K/kg.
- D. Randamentul motorului termic poate fi exprimat prin relația:
a) Q_p/L ; b) $Q_p \cdot L$; c) $L/\Delta T$; d) $\frac{Q_p - |Q_c|}{Q_p}$.

3 Analizează graficul din Figura 1 și răspunde la întrebări.

- a) Care sunt corpurile care cedează căldură și cine primește această căldură?
- b) Ce valoare are temperatura de echilibru? Exprimă această temperatură în grade Celsius.
- c) Care este variația temperaturii corpului „2”?
- d) Presupunând că sistemul de corpuri este izolat adiabatic și că până la stabilirea echilibrului termic au schimbat o căldură $Q = 179,9 \text{ kJ}$, determină capacitatea calorică a corpului care primește căldură.

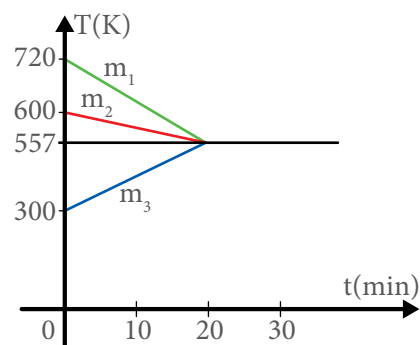


Figura 1 – Variația temperaturii în funcție de timp

4 Un motor termic care funcționează un timp $t = 3 \text{ h}$, dezvoltă o putere medie $P = 22,1 \text{ kW}$. Care este masa combustibilului folosit, știind că puterea calorică a acestuia este $q = 35,5 \text{ MJ/kg}$, iar randamentul motorului este $\eta = 40\%$?

5 Sofia se pregătește pentru olimpiadă și efectuează experimente în laboratorul de fizică. Ea toarnă, într-un calorimetru cu capacitatea calorică $C = 700 \text{ J/K}$, o cantitate de apă cu masa $m = 4 \text{ kg}$, aflată la temperatura $t = 20^\circ \text{C}$. Ce cantitate de căldură trebuie furnizată sistemului de corpuri, pentru a transforma 30% din cantitatea de apă, în vapori. Se cunosc: temperatura de fierbere a apei $t = 100^\circ \text{C}$, căldura latentă specifică de vaporizare $\lambda_v = 2\,260 \text{ kJ/kg}$ și căldura specifică a apei $c_a = 4\,200 \text{ J/kgK}$.

6 Află ce cantitate de căldură trebuie să absoarbă un cub de gheață cu masa $m = 1 \text{ kg}$, aflat la temperatura $t_1 = -15^\circ \text{C}$ pentru a se obține apă la temperatura $t = 15^\circ \text{C}$. Se cunosc: căldura latentă specifică de topire a gheții $\lambda_t = 334\,000 \text{ J/kg}$, căldura specifică a gheții $c_{gh} = 2\,090 \text{ J/kgK}$ și căldura specifică a apei $c_a = 4\,200 \text{ J/kgK}$.

7 Randamentul unui motor Diesel este de 33 %. Pentru a parcurge distanța între două orașe, este consumată o cantitate de 19,5 l de motorină cu puterea calorică de $q = 44,80 \text{ MJ/kg}$. Care este lucrul mecanic efectuat de motor? Ce cantitate de căldură se pierde, fără a fi transformată în lucru mecanic?

8 Un fierbător electric cu puterea nominală de 1 kW încălzește, într-un minut, ceaiul dintr-o cană până la temperatura de fierbere. Cât timp ar funcționa normal un bec economic de 13,5 W care luminează bucătăria, alimentat de la aceeași sursă de tensiune ca și fierbătorul, cu energia înregistrată de contorul de electricitate pentru încălzirea ceaiului?

9 Printr-un conductor trece un curent electric a cărui intensitate variază în timp conform ecuației: $I = 8 + 2 \cdot t$. Reprezintă grafic intensitatea curentului în funcție de timp și calculează:

a) sarcina electrică a electronilor ce trec prin conductor în intervalul de timp cuprins între $t_1 = 1$ s și $t_2 = 4$ s; b) valoarea medie a intensității curentului electric în intervalul precizat la punctul anterior.

10 În *Figura 2* este reprezentat graficul intensității curentului electric în funcție de tensiunea aplicată la capetele a doi conductori, unul din aluminiu (1) și celălalt din cupru (2). Masa conductorului de aluminiu este de 8 ori mai mare decât masa conductorului din cupru. Aflați raportul lungimilor celor doi conductori dacă se cunosc rezistivitățile electrice (ρ_{Al} și ρ_{Cu}) și densitățile acestora (d_{Al} și d_{Cu}):

$$I = f(U), \rho_{Al} = 2,8 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m, \rho_{Cu} = 1,7 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m \text{ și } d_{Al} = 2700 \text{ Kg/m}^3, d_{Cu} = 8900 \text{ Kg/m}^3.$$

11 Circuitul electric din *Figura 3* este format dintr-o sursă cu t.e.m. $E = 27$ V și $r = 2 \Omega$ la capetele căreia se leagă gruparea de rezistențe. Rezistențele electrice ale celor trei rezistori sunt egale, iar ampermetrul este ideal. Dacă ambele întrerupătoare sunt închise, ampermetrul indică un curent $I = 1$ A. Să se afle:

a) rezistența electrică a unui rezistor R ;
b) intensitatea curentului electric indicată de ampermetru dacă ambele întrerupătoare sunt deschise.

12 Patru elemente galvanice care au fiecare o t.e.m. 1 V de și o rezistență internă de $0,5 \Omega$ sunt legate în serie și debitează curent pe un circuit electric format din doi rezistori cuplați în paralel. Dacă $R_1 = 10 \Omega$ și $R_2 = 40 \Omega$, să se afle:

a) intensitatea curenților din circuit;
b) raportul energiilor disipate pe cei doi rezistori.

13 Explică de ce, privind de pe plajă Luna care apune, vedem pe suprafața vălurită a mării o dără luminoasă, în timp ce pe suprafața perfect liniștită a unui lac se poate observa o singură imagine a Lunii.

14 Un fascicul de lumină trece din sticlă în apă. Dacă se cunosc indicii de refracție ai celor două medii, $n_{sticlă} = 3/2$ și $n_{apă} = 4/3$, între vitezele de propagare a luminii în cele două medii există relația:

a) $v_{sticlă} = v_{apă}$; c) $v_{sticlă} = 8v_{apă}/9$;
b) $v_{sticlă} = 4v_{apă}/3$; d) $v_{sticlă} = 3v_{apă}/2$.

15 Cu ajutorul unui laser pointer, Andrei trimite o rază de lumină pe un material transparent (*Figura 4*), care are inscripționat indicele de refracție $n = \sqrt{3}$. Dacă unghiul de incidență al razei de lumină pe material este $i = 60^\circ$ și lumina este trimisă din aer ($n_{aer} = 1$), atunci unghiul dintre raza reflectată și cea refractată este:

a) 0° ; b) 60° ; c) 90° ; d) 120° .

16 Imaginea unui obiect liniar, perpendicular pe axa optică principală a unei lentile, este reală și egală cu obiectul. Distanța dintre obiect și imagine are valoarea de 80 cm. Convergența lentilei exprimată în dioptrii este:

a) 1,25; b) 1,50; c) 2,50; d) 5.

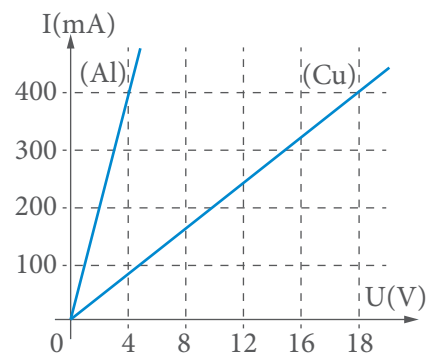


Figura 2 - Grafic intensitate curent electric

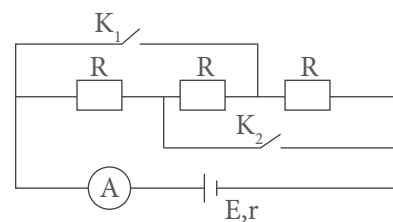


Figura 3 - Circuit electric

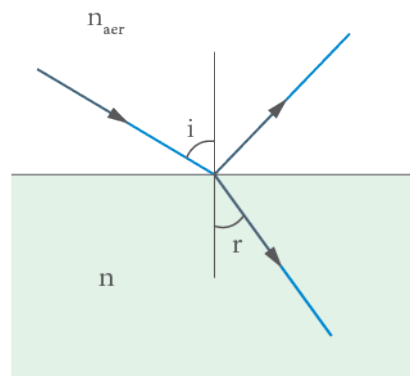


Figura 4 - Reflexia și refracția luminii

Evaluarea Portofoliului

Accesează manualul digital pentru a afla cum să îți evaluezi portofoliul.

Evaluare finală

Timp de lucru 50 de minute

Din oficiu: 10 puncte

- 1 Completează spațiile libere, astfel încât să obții enunțuri corecte. (10p)
- a) Moleculele oricărui corp, indiferent de starea lui de, se află într-o spontană, continuă, complet dezordonată (haotică) și care se intensifică la temperaturii.
- b) Două corpuri cu stări de încălzire, când sunt puse în contact termic, ajung după un anumit interval de timp într-o stare de, caracterizată prin temperatură.
- c) Căldura schimbată de un corp în timpul topirii se numește și nu presupune variația corpului.
- d) Sursele de energie verde sunt surse și, în timp ce sursele de energie bazate pe sunt și epuizabile.

- 2 Alexandra se apropie cu viteza v de oglinda plană, verticală, fixată pe peretele din fața ei. Distanța dintre ea și imaginea ei în oglindă: (5p)

a) scade cu viteza v ; b) crește cu viteza v ; c) scade cu viteza $2v$; d) crește cu viteza $2v$.

- 3 Graficul de la Figura 5 reprezintă dependența inversului valorii măririi liniare transversale, funcție de valoarea distanței dintre un obiect și o lentilă convergentă. (5p)

Convergența lentilei este:

a) $2,5 \text{ m}^{-1}$; b) $4,5 \text{ m}^{-1}$; c) 5 m^{-1} ; d) $7,5 \text{ m}^{-1}$.

- 4 Un obiect luminos cu înălțimea de 1 cm este situat perpendicular pe axa optică a unei lentile convergente cu distanța focală de 20 cm, la distanța de 40 cm față de aceasta. În acest caz mărimea imaginii este: (5p)

a) 2 cm; b) 1 cm; c) -2 cm; d) -1 cm.

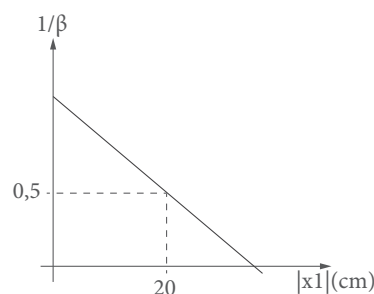


Figura 5 – Grafic dependență valori

- 5 Andrei amestecă într-un vas de capacitate calorică neglijabilă o masă de apă și o masă de gheață, aflate la temperaturile $t_1 = 50^\circ\text{C}$, respectiv $t_2 = -20^\circ\text{C}$.

Calculează raportul dintre cele două mase m_2/m_1 , pentru ca, la echilibru termic, fiecare substanță să își păstreze starea de agregare. Se cunosc: căldura specifică a apei $c_a = 4\,200 \text{ J/kgK}$ și căldura specifică a gheții $c_{gh} = 2\,090 \text{ J/kgK}$. (20p)

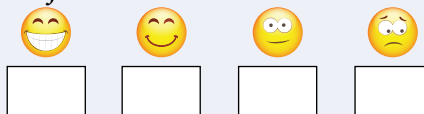
- 6 Se grupează în serie $n = 10$ generatoare identice, fiecare cu t.e.m. $E = 4,5 \text{ V}$ și $r = 0,5 \Omega$ pentru a alimenta două becuri, care au aceeași tensiune nominală $U_n = 9 \text{ V}$. Cele două becuri sunt legate în paralel și au puterile nominale $P_1 = 4,5 \text{ W}$ și $P_2 = 13,5 \text{ W}$. Să se afle rezistența rezistorului R care trebuie introdus în circuit, înseriat cu gruparea în paralel a becurilor, pentru a asigura funcționarea normală a acestora. (20p)

- 7 La ora de fizică, Maria trebuie să rezolve următoarea problemă: Are la dispoziție o cantitate de apă aflată într-un vas de masă neglijabilă și două corpuri cu volume egale, dar confecționate din materiale diferite, unul de porțelan și celălalt dintr-un metal oarecare. Raportul densităților lor este $2/11$, iar al căldurilor specifice este 2. În care caz se încălzește mai mult apa din vas, atunci când se introduce corpul de porțelan sau corpul de metal? (25p)

• Observă la care dintre exerciții ai avut punctaj mai mic. Notează, pe caiet, ce dificultăți ai întâmpinat și care crezi că sunt lecțiile asupra cărora ar trebui să revii. Recitește-le!

Autoevaluare elev	Evaluare profesor
punctaj:	punctaj:

Bifează căsuța care sugerează cel mai bine cum consideri că te-ai descurcat la această evaluare: **foarte bine**, **bine**, **suficient de bine** sau **insuficient**:



FIZICĂ

clasa a VIII-a