MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII



Fizică

Clasa a VIII-a

Victor Stoica
Corina Dobrescu
Florin Măceșanu
Ion Băraru

art Klett

Acest manual este proprietatea Ministerului Educației și Cercetării

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

116.111 - numărul de telefon de asistență pentru copii

MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII



Fizică

Clasa a VIII-a

Victor Stoica
Corina Dobrescu
Florin Măceșanu
Ion Băraru

art Klett

Manualul școlar a fost aprobat de Ministerul Educației Naționale prin ordinul de ministru nr. 5523/07.09.2020.

Manualul este distribuit elevilor în mod gratuit, atât în format tipărit, cât și în format digital, și este transmisibil timp de patru ani școlari, începând din anul școlar 2020 – 2021.

Inspectoratul Școlar .....

Școala/Colegiul/Liceul .....

ACEST MANUAL A FOST FOLOSIT DE:

Anul	Numele elevului	Clasa	Anul școlar	Aspectul manualului*			
				format tipărit		format digital	
				la primire	la predare	la primire	la predare
1							
2							
3							
4							

* Pentru precizarea aspectului manualului se va folosi unul dintre următorii termeni: ***nou***, ***bun***, ***îngrijit***, ***neîngrijit***, ***deteriorat***.

• Cadrele didactice vor verifica dacă informațiile înscrise în tabelul de mai sus sunt corecte.

• Elevii nu vor face niciun fel de însemnări pe manual.

Referenți științifici:
conf. univ. dr. **Adrian DAFINEI**, Facultatea de Fizică, Universitatea din București
prof. gr. I dr. **Delia-Constanța DAVIDESCU**, Liceul Internațional de Informatică, București

Redactor-șef: Roxana Jeler
Redactori: Irina Munteanu, Ionuț Popa
Corector: Theodor Zamfir
Design: Faber Studio
Tehnoredactor: Florin Paraschiv
Activități digitale interactive și platformă e-learning: Learn Forward Ltd. Website: https://learnfwd.com
Înregistrări și procesare sunet: ML Sistems Consulting
Voci: Camelia Pintilie
Credite video: Dreamstime, Pixabay
Filmări: SC Film Experience SRL
Ilustrații și fotografii: Dreamstime, Shutterstock, Victor Stoica, Corina Dobrescu, Florin Măcești, Ion Băraru

ISBN 978-606-076-464-9

Pentru comenzi vă puteți adresa Departamentului Difuzare
C.P. 12, O.P. 63, cod poștal 014880, sector 1, Bucureşti
Telefoane: 021.796.73.83, 021.796.73.80
Fax: 021.369.31.99
www.art-educational.ro

Toate drepturile asupra acestei lucrări sunt rezervate Editurii Art Klett.
Nicio parte a acestei lucrări nu poate fi reprodusă, stocată ori transmisă, sub nicio formă
(electronic, mecanic, fotocopiere, înregistrare sau altfel), fără acordul prealabil scris al Editurii Art Klett.

© Editura Art Klett, 2022

Cuvânt-înainte și indicații metodologice

Autorii au gândit conținutul acestui manual plecând de la modelul adoptat pentru studierea disciplinei fizică în învățământul preuniversitar: acela al studiului în „spirală“, în care noțiunile sunt analizate în raport cu nivelul dezvoltării elevilor; aceștia vor fi capabili să facă conexiuni între domeniile fizicii și să le extindă la alte domenii. Prin această abordare, elevilor le este formată deprinderea de a analiza și de a reflecta asupra propriilor acumulări cognitive.

Prin natura cunoașterii, fizica este o disciplină cu un profund caracter experimental. Din acest motiv, în toate etapele demersului didactic, abordarea experimentală este absolut necesară. Să nu uităm faptul că valabilitatea oricărei idei științifice este acceptată doar după confirmarea sa experimentală. Acesta este unul dintre motivele pentru care toate temele din programa de fizică au fost abordate în manual, în primul rând, experimental.

Dintre ariile tematice de bază ale fizicii, în clasa a VII-a s-au aprofundat noțiuni legate de fenomene mecanice. În clasa a VIII-a, elevii parcurg și aprofundează arii fundamentale ale fizicii care au fost parcurse în clasa a VI-a: *fenomene termice*, *fenomene electrice și magnetice*, *fenomene optice*, dar la un nivel superior, adecvat capacității de înțelegere, de abstractizare și corespunzător competențelor dobândite la fizică și la alte discipline.

Manualul are la bază demersul didactic al învățării bazate pe investigare. Observarea realității înconjurătoare are nu doar menirea de a atrage atenția asupra fenomenelor ce urmează a fi analizate, ci îndeplinește și rolul de a stârni curiozitatea și a motiva elevii pentru studiul acestora. Experimentele propuse pentru analiza fenomenelor respective pot fi realizate, în mare parte, cu resurse materiale la îndemână (*hands-on*) și care nu necesită un laborator specializat.

Cu toate că riscul producerii unor evenimente nedorite, ca urmare a activităților cu caracter experimental, este neglijabil, autorii au considerat necesar să atragă atenția asupra unor apecte care țin de protecția persoanelor și a mediului; acestea se regăsesc, concret, ca avertizări asociate modului de lucru și ca reguli generale de protecția muncii specifice laboratorului de fizică.

Manualul conține o serie de investigații, dezbateri, proiecte, portofolii și probleme propuse atât elevilor, cât și colegilor profesori.

Ce este absolut necesar și ce este opțional din manual? Răspunsul la această întrebare este în acord cu competențele specifice precizate de programa şcolară în vigoare. Conținuturile din paginile principale sunt utile tuturor eleviilor. Excepție fac acele conținuturi care reprezintă extinderi şi cele intitulate „Fizica aplicată“. Tot cu caracter opțional sunt şi conținuturile din coloanele laterale.

Conținuturile regăsite la extinderi sunt prevăzute explicit în programa școlară și sprijină „verificarea cantitativă experimentală sau teoretică a unor principii, teoreme şi legi fizice prin rezolvarea unor probleme/situații problemă“.

Multitudinea de experimente descrise în manual nu înseamnă obligatoriu efectuarea tuturor acestora; profesorul este cel care decide, în funcție de resursele materiale și de timp, care experimente sunt necesare colectivului de elevi pentru însușirea noțiunilor și pentru formarea competențelor specifice respective. Manualul se adresează tuturor elevilor și profesorilor din sistem, indiferent de nivelul de performanță vizat.

Speranța autorilor este ca manualul să îi incite pe elevi să își pună întrebări despre fenomenele din jur și să caute singuri răspunsuri.

Autorii

Prezentarea manualului

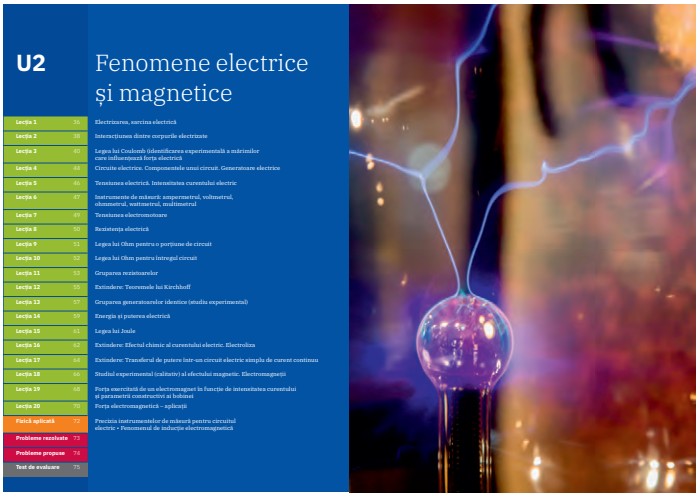
Manualul cuprinde:
varianta tipărită
+
varianta digitală, similară cu cea tipărită, care cuprinde, în plus, peste 100 de AMII, activități multimedia interactive de învățare

Modern, perfect adaptat formării și dezvoltării de competențe, manualul îi propune elevului de gimnaziu un model didactic bazat pe învățarea prin investigare.

Pe lângă abordarea fenomenelor și proceselor specifice fizicii, lucrarea prezintă, pentru fiecare temă, legătura acestora cu realitatea cotidiană. În acest fel i se oferă elevului șansa de a conecta experiența personală, imediată, din orizontul apropiat și local, cu mecanismele generale ale realității fizice din jur.

Manualul este structurat în 4 unități de învățare





Structura unității de învățare:

lecție de predare – învățare





Structura lecției: Un parcurs de învățare coerent și eficient în 7 pași didactici

Știu deja

Această secvență permite recapitularea unor cunoștințe învățate la fizică, în clasa a VII-a.

Observ

Elevul își pune primele întrebări referitoare la ceea ce urmează să descopere în noua lecție.

Experimentez

Experimentele, propuse în număr generos, pot fi realizate de către elevi și profesor cu dispozitive aflate la îndemână. Prin intermediul acestei rubrici elevii învață cum să descifreze informațiile fizice ascunse în fenomenele cotidiene. După experiment, urmează o concluzie, care oferă sinteza fenomenului studiat.

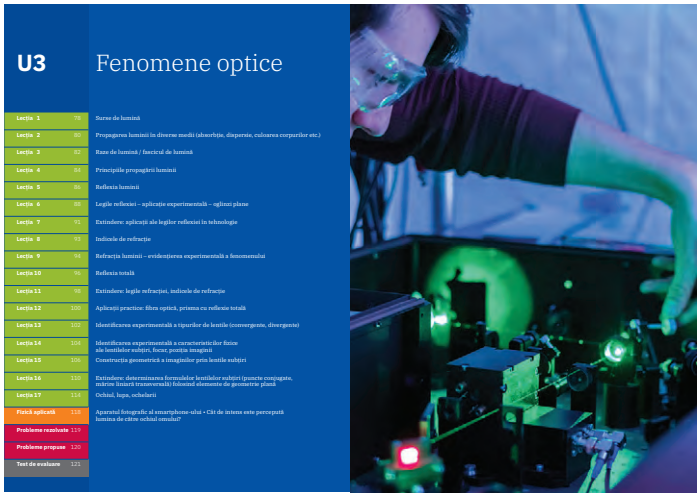
Manualul este structurat pe patru unități de învățare:

1. *Fenomene termice*, în care elevul află despre mișcarea browniană, caracteristicile stărilor de agregare și despre combustibili.
2. *Fenomene electrice și magnetice*, unde sunt prezentate mărimile fizice și legile ce caracterizează fenomenele electrice și magnetice, instrumentele de măsură corespunzătoare, dar și aplicații ale forței electromagnetice.
3. *Fenomene optice*, în care se vorbește despre propagarea luminii în diverse medii, principiile propagării luminii, tipuri de lentile.
4. *Extindere: Energia și viața*, în care sunt descrise forme și surse de energie.

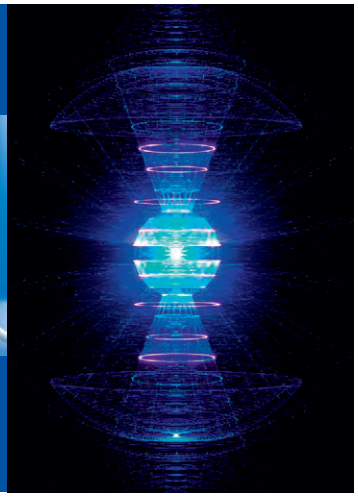
Activitate statică, de ascultare activă și observare dirijată a unei imagini semnificative

Activitate animată (filmuleț sau scurtă animație)

Activitate interactivă, de tip exercițiu sau joc, în urma căreia elevul are feedback imediat



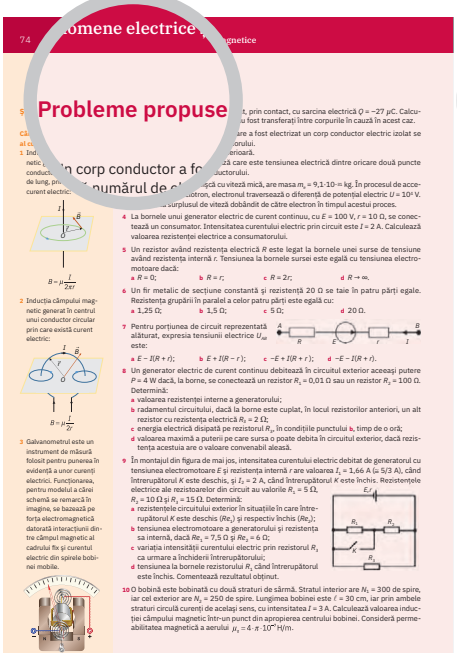




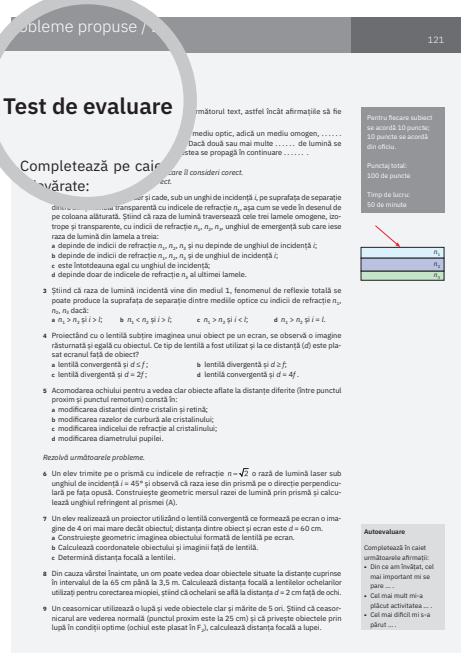
fizică aplicată



probleme



evaluare



Reține

În această secvență se regăsește sinteza lecției, care conține noțiunile necesare dezvoltării competențelor asumate prin programa școlară.

Aplic

Propune probleme rezolvate, pentru fixarea cunoștințelor, dar și probleme de rezolvat, pentru verificarea noilor cunoștințe dobândite în contextul de învățare a temei.

Portofoliu, Proiect, Investigație

Aici se regăsesc diferite tipuri de metode complementare de evaluare.

Știai că?

Această rubrică îi oferă elevului informații fascinante din lumea înconjurătoare, care sunt legate în mod direct de cunoștințele acumulate în lecție.

Cuprins

		Lecții	Competențe specifice
	8	Recapitulare. Test inițial	1.1, 1.2, 1.3, 2.1, 2.2, 2.3, 3.1, 3.2, 3.3, 4.1, 4.2
UNITATEA 1 Fenomene termice	12	L1: Mișcarea browniană (experimental). Agitația termică. Difuzia	
	14	L2: Stare de încălzire. Echilibru termic. Temperatura empirică. Căldura, mărime de proces	
	16	L3: Transmiterea căldurii (prin conducție, convecție, radiație)	
	19	L4: Extindere în tehnologie: Motorul termic (calitativ)	
	20	L5: Coeficienți calorici. Calorimetrie	
	24	L6: Stări de agregare, caracteristici	
	26	L7: Extindere: Transformări de stare	
	27	L8: Extindere interdisciplinară: Studiul schimburilor de căldură implicate de topirea gheții (călduri latente)	
	28	L9: Extindere în tehnologie: Stabilirea temperaturii de echilibru în sisteme neomogene	
	29	L10: Extindere: Combustibili	
	30	Fizică aplicată	
	31	Probleme rezolvate	
	32	Probleme propuse	
	33	Test. Autoevaluare	
UNITATEA 2 Fenomene electrice și magnetice (Electrostatica. Electrocinetica. Efectul magnetic al curentului electric)	36	L1: Electrizarea, sarcina electrică	1.1, 1.2, 1.3, 2.1, 2.2, 2.3, 3.1, 3.2, 3.3, 4.1, 4.2
	38	L2: Interacțiunea dintre corpurile electrizate	
	40	L3: Legea lui Coulomb (identificarea experimentală a mărimilor care influențează forța electrică)	
	44	L4: Circuite electrice. Componentele unui circuit. Generatoare electrice	
	46	L5: Tensiunea electrică. Intensitatea curentului electric	
	47	L6: Instrumente de măsură: ampermetrul, voltmetrul, ohmmetrul, wattmetrul, multimetrul	
	49	L7: Tensiunea electromotoare	
	50	L8: Rezistența electrică	
	51	L9: Legea lui Ohm pentru o porțiune de circuit	
	52	L10: Legea lui Ohm pentru întregul circuit	
	53	L11: Gruparea rezistoarelor	
	55	L12: Extindere: Teoremele lui Kirchhoff	
	57	L13: Gruparea generatoarelor identice (studiu experimental)	
	59	L14: Energia și puterea electrică	
	61	L15: Legea lui Joule	
	62	L16: Extindere: Efectul chimic al curentului electric. Electroliza	
	64	L17: Extindere: Transferul de putere într-un circuit electric simplu de curent continuu	
	66	L18: Studiul experimental (calitativ) al efectului magnetic. Electromagneții	
	68	L19: Forța exercitată de un electromagnet în funcție de intensitatea curentului și parametrii constructivi ai bobinei	
	70	L20: Forța electromagnetică – aplicații	
	72	Fizică aplicată	
	73	Probleme rezolvate	
	74	Probleme propuse	
	75	Test. Autoevaluare	
UNITATEA 3 Fenomene optice (Introducere. Reflexia. Refracția. Lentile subțiri. Instrumente optice)	78	L1: Surse de lumină	1.1, 1.2, 1.3, 2.1, 2.2, 2.3, 3.1, 3.2, 3.3, 4.1, 4.2
	80	L2: Propagarea luminii în diverse medii (absorbție, dispersie, culoarea corpurilor etc.)	
	82	L3: Raze de lumină / fascicul de lumină	
	84	L4: Principiile propagării luminii	
	86	L5: Reflexia luminii	
	88	L6: Legile reflexiei – aplicație experimentală – oglinzi plane	

	Lecții	Competențe specifice
	91 L7: Extindere: Aplicații ale legilor reflexiei în tehnologie **93** L8: Indicele de refracție **94** L9: Refracția luminii – evidențierea experimentală a fenomenului **96** L10: Reflexia totală **98** L11: Extindere: Legile refracției, indicele de refracție **100** L12: Aplicații practice: fibra optică, prisma cu reflexie totală **102** L13: Identificarea experimentală a tipurilor de lentile (convergente, divergente) **104** L14: Identificarea experimentală a caracteristicilor fizice ale lentilelor subțiri, focar, poziția imaginii **106** L15: Construcția geometrică a imaginilor prin lentile subțiri **110** L16: Extindere: Determinarea formulelor lentilelor subțiri (puncte conjugate, mărire liniară transversală) folosind elemente de geometrie plană **114** L17: Ochiul, lupa, ochelarii	
	118 Fizică aplicată	
	119 Probleme rezolvate **120** Probleme propuse	
	121 Test. Autoevaluare	
UNITATEA 4 Extindere: Energia și viața (Surse de energie)	**124** L1: Forme de energie **127** L2: Surse de energie **129** L3: Transformarea și conservarea energiei în diferite sisteme	1.1, 1.2, 1.3, 2.1, 2.2, 2.3, 3.1, 3.2, 3.3, 4.1, 4.2
	130 Fizică aplicată	
	131 Probleme rezolvate **132** Probleme propuse	
	133 Test. Autoevaluare	
134 Recapitulare finală		
136 Probleme recapitulative rezolvate		
140 Evaluare finală		
142 Răspunsuri		

Competențe generale

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

Sinteze din materia claselor a VI-a și a VII-a

1. Fenomene mecanice

Viteza medie a unui corp reprezintă distanța parcursă în unitatea de timp: $v_m = \frac{d}{\Delta t}$, $[v]_{SI}$ = m/s.

Accelerația medie este mărimea fizică ce caracterizează variația vitezei în unitatea de timp: $a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t}$, $[a]_{SI}$ = m/s².

Densitatea unei substanțe este: $\rho = \frac{m}{V}$, $[\rho]_{SI}$ = kg/m³ și $\rho_{amestec} = \frac{m_1 + m_2 + \ldots}{V_1 + V_2 + \ldots}$.

Lucrul mecanic al unei forțe constante: $L = F_x \cdot d = F \cdot \cos\alpha \cdot d$, $[L]_{SI}$ = J (joule).

Lucrul mecanic efectuat de greutatea constantă a unui corp nu depinde de forma drumului parcurs de corp: $L_G = \pm m \cdot g \cdot h$, unde h este diferența de nivel între poziția inițială și cea finală.

Puterea mecanică reprezintă lucrul mecanic efectuat în unitatea de timp: $P = \frac{L}{\Delta t}$, $[P]_{SI}$ = W (watt).

Teorema de variație a energiei cinetice: $\Delta E_c = L_{total}$.

Energia cinetică a unui corp: $E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$, $[E_c]_{SI}$ = 1 J (joule).

Energia potențială gravitațională a unui corp: $E_{pg} = mgh$, unde h este înălțimea la care se află corpul în raport cu un nivel de referință căruia i se atribuie prin convenție o energie nulă.

Energia mecanică a unui corp: $E = E_c + E_p$.

Teorema de variație a energiei mecanice: $\Delta E = L_{Fneconserv.}$. Forțe neconservative: forța de frecare, forța de tracțiune etc.

Legea conservării energiei mecanice. Energia mecanică a unui corp sau a unui sistem de corpuri se conservă dacă asupra sa acționează numai forțe conservative: $E_1 = E_2 = E_3 \ldots = E_n$.

2 Fenomene termice

Corpurile pot fi mai **calde** sau mai **reci**, starea lor numindu-se **stare termică**. Aceasta poate fi determinată obiectiv prin **măsurarea temperaturii** cu ajutorul **termometrelor**.

Corpurile sunt **izolatoare** termice sau bune **conductoare**.

Un efect al încălzirii corpurilor este **dilatarea**; răcirea duce la **contracție**.

Căldura schimbată de sisteme fizice poate fi **sensibilă**, adică determină modificarea temperaturii corpurilor, sau **latentă** (ascunsă), care determină **schimbarea stării de agregare**.

Recapitulare. Test inițial

I Completează spațiile libere astfel încât enunțurile să devină corecte.

Lucrul mecanic al unei forțe constante este egal cu ..... dintre modulul componentei forței, pe direcția mișcării, ce acționează asupra corpului și distanța parcursă de corp în timpul acestei acțiuni.

Energia potențială ..... a unui corp de masă m este egală cu: $E_{pg} = mgh$, unde g este accelerația gravitațională, iar h este înălțimea la care se află ..... în raport cu un nivel de referință căruia i se atribuie prin convenție o energie potențială nulă.

Presiunea este o mărime fizică scalară numeric egală cu forța ..... și uniform distribuită exercitată pe o suprafață de un metru pătrat.

Variația de presiune produsă într-un punct al unui lichid aflat în echilibru în câmp gravitațional se transmite ..... în tot volumul lichidului.

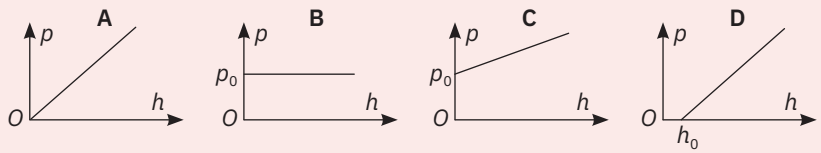
Temperatura este o mărime fizică ....., care descrie o stare de ..... termic; unitatea de măsură asociată acesteia este ..... . Funcționarea termometrului se poate baza pe fenomenul ..... .

II Răspunde la următoarele întrebări.

1. Ce este temperatura? Care este unitatea de măsură?
2. Cum se definește dilatarea? De cine depinde fenomenul de dilatare?
3. De cine depinde presiunea atmosferică?
4. Presiunea atmosferică exercitată asupra geamurilor de la clasa ta este foarte mare și totuși acestea nu se sparg. De ce?
5. Cum se enunță legea de conservare a energiei mecanice?
6. Dacă temperatura unui corp crește din ce în ce mai mult, atunci el se va dilata din ce în ce mai mult?
7. Dacă punem câteva frunze de plante medicinale într-o cană cu apă fierbinte constatăm că acestea au o stare de mișcare continuă. Cum explici?
8. Cum se formează o eclipsă de Soare?

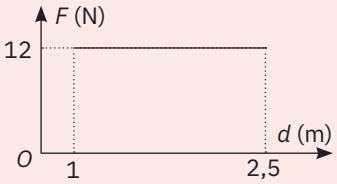
III Pentru fiecare dintre întrebările următoare, există un singur răspuns corect. Alege acest răspuns.

1. O piesă din metal, cu temperatura $t_1 = -10$ °C, este încălzită până la temperatura $T_2 = 400$ K. Cu cât a crescut temperatura corpului?
   a cu 137 K; **b** cu 263 K; **c** cu 390 K; **d** cu 410 K.
2. Este necesar ca instrumentele muzicale cu corzi să fie acordate din când în când?
   a Da, deoarece lungimea corzilor se poate modifica.
   b Da, deoarece corzile se subțiază în timp.
   c Nu, deoarece masa corzilor nu se modifică.
   d Nu, deoarece grosimea corzilor nu se modifică.
3. Atunci când este frig, oamenii au tendința să se ghemuiască. Care este explicația?
   a Hainele se strâng mai bine pe corp.
   b Hainele izolează termic mai bine.
   c Volumul corpului este mai mic.
   d Suprafața prin care se pierde căldură este mai mică.
4. Care dintre graficele de mai jos exprimă corect variația presiunii cu adâncimea, într-un lac cu apă sărată?



a A; **b** B; **c** C; **d** D.

5 Un elev reprezintă grafic dependența forței de tracțiune de distanța pe care aceasta își deplasează punctul de aplicație. Care este puterea mecanică dezvoltată de forța de tracțiune în timpul $t = 6$ s?

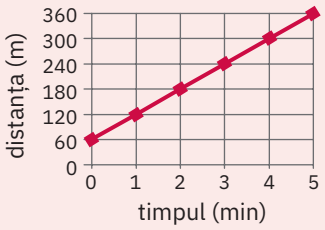


a 5,0 W; **b** 3,0 W; **c** 2,0 W; **d** 1,5 W.

6 Două sfere omogene de mase m_1 și respectiv m_2 ($m_2 = m_1/5$) sunt lăsate liber de la aceeași înălțime. Care va fi relația dintre vitezele cu care ajung cele două bile la sol? (Se consideră frecările cu aerul neglijabile.)

a $v_1 < v_2$; **b** $v_1 = v_2$; **c** $5v_2 = v_1$; **d** $v_2 = 5v_1$.

7 Graficul mișcării unui elev în drumul de acasă la școală este redat în diagrama din figura alăturată. Din analiza graficului poți obține informații referitoare la mișcarea elevului. Care este varianta corectă?



a Distanța până la școală este de 360 de metri; elevul ajunge în 5 minute; a mers cu viteza de 1,2 m/s.

b Distanța până la școală este de 300 de metri; elevul ajunge în 5 minute; a mers cu viteza de 3,6 km/h.

c Distanța până la școală este de 360 de metri; elevul ajunge în 5 minute; a mers cu viteza de 4,32 km/h.

d Distanța până la școală este de 300 de metri; elevul ajunge în 5 minute; a mers cu viteza de 72 m/min.

8 Alege varianta corectă. Imaginea unui corp, formată într-o oglindă plană, are următoarele caracteristici:

a este reală, dreaptă, are aceeași înălțime ca și corpul;

b este virtuală, se vede invers, are aceeași înălțime ca și corpul;

c este virtuală, dreaptă, are înălțimea mai mică decât corpul;

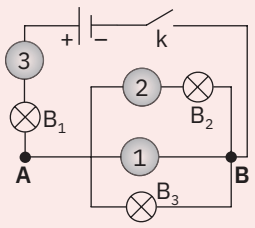
d este virtuală, dreaptă, are aceeași înălțime ca și corpul.

IV Rezolvă următoarele probleme.

1 **a** În schema alăturată, înlocuiește cifrele cu aparatele de măsură corespunzătoare.

b Considerând becurile identice și intensitatea curentului ce trece prin becul B_1 cu valoarea $I = 0{,}8$ A, precizează ce valoare are intensitatea curentului ce trece prin becurile B_2 și B_3.

c Ce se întâmplă dacă se unesc punctele A și B prin intermediul unui conductor?



2 Un cub omogen din lemn ($\rho = 0{,}6$ g/cm³) plutește la suprafața apei dintr-un vas, astfel că o porțiune $a = 6$ cm din latura cubului se află deasupra apei. Vasul are aria bazei $S = 400$ cm², iar apa are densitatea $\rho_0 = 1$ g/cm³. Determină:

a latura cubului;

b cu cât se modifică presiunea hidrostatică exercitată de apă pe fundul vasului când cubul se scoate din vas.

Punctaje:
I 2 puncte
II 4 puncte (8 × 0,5 p)
III 1 punct (8 × 0,125 p)
IV 2 puncte (2 × 1 p)
Se acordă 1 punct din oficiu.
Timp de lucru: 50 min.

Schimbarea stării de agregare se numește **transformare de fază**: vaporizare – transformarea din lichid în gaz; condensare sau lichefiere – transformarea din gaz în lichid; topire – transformarea din solid în lichid; solidificare – transformarea din lichid în solid; sublimare – transformarea din solid în gaz și desublimare – transformarea din gaz în solid.

Anomalia termică a apei constă în creșterea densității apei odată cu creșterea temperaturii, pentru temperaturi cuprinse în intervalul 0 °C și 4 °C.

3. Fenomene magnetice și electrice

Câmpul magnetic reprezintă regiunea din spațiu, aflată în vecinătatea unui magnet, în care acesta exercită interacțiuni magnetice.

Corpurile aflate în stare de electrizare sunt corpuri încărcate cu sarcină electrică. Un corp neelectrizat este în stare neutră.

Sarcina electrică este mărimea fizică ce caracterizează starea de electrizare a corpurilor. Corpurile se pot încărca cu două feluri de sarcină: sarcină pozitivă (+) sau sarcină negativă (–).

Conductoare electrice: substanțe care permit existența curentului prin ele. Exemple: metalele, mina de creion, corpul omenesc și animal, apa impură (soluții cu săruri/baze/acizi).

Izolatoare electrice: substanțe care nu permit existența curentului prin ele. Exemple: lemnul uscat, ceramica, porțelanul, cauciucul, plasticul, aerul etc.

Curentul electric: este o mișcare ordonată de sarcini electrice printr-un conductor electric.

Sensul convențional al curentului electric în circuitul exterior este de la borna pozitivă la borna negativă

4. Fenomene optice

Reflexia luminii este fenomenul de schimbare a direcției de propagare a luminii la suprafața de separare a două medii diferite, lumina întorcându-se în mediul din care a venit.

Imaginea unui obiect reprezintă mulțimea punctelor de intersecție a razelor de lumină ce pleacă de la obiect și traversează un sistem optic.

Refracția luminii este fenomenul de schimbare a direcției de propagare a luminii la trecerea dintr-un mediu transparent în alt mediu transparent.

U1 Fenomene termice



Lecția 1	12	Mișcarea browniană (experimental). Agitația termică. Difuzia
Lecția 2	14	Stare de încălzire. Echilibru termic. Temperatura empirică. Căldura, mărime de proces
Lecția 3	16	Transmiterea căldurii (prin conducție, convecție, radiație)
Lecția 4	19	Extindere în tehnologie: Motorul termic (calitativ)
Lecția 5	20	Coeficienți calorici. Calorimetrie
Lecția 6	24	Stări de agregare, caracteristici
Lecția 7	26	Extindere: Transformări de stare
Lecția 8	27	Extindere interdisciplinară: Studiul schimburilor de căldură implicate de topirea gheții (călduri latente)
Lecția 9	28	Extindere în tehnologie: Stabilirea temperaturii de echilibru în sisteme neomogene
Lecția 10	29	Extindere: Combustibili
Fizică aplicată	30	Experiment. Transmiterea căldurii • Transmiterea căldurii prin radiație termică. Cuptorul solar • Dilatarea gazelor. Efectul de coș
Probleme rezolvate	31	
Probleme propuse	32	
Test. Autoevaluare	33	



Mișcarea browniană (experimental). Agitația termică. Difuzia

Norme simple de protecție individuală și de grup în laboratorul de fizică

Pentru protecția voastră și a celor din jur, trebuie să respectați cu strictețe câteva reguli simple:

- Folosiți echipament de protecție: mănuși termoizolatoare, ochelari de protecție.
- Păstrați pe masa de lucru doar materialele necesare.
- Efectuați experimentele doar atunci când primiți consimțământul profesorului.
- Înainte de începerea unui experiment, documentați-vă despre modul de funcționare a dispozitivelor folosite și despre ordinea etapelor experimentului (modul de lucru).
- Utilizați cu maximă prudență sticlăria de laborator, aparatele și dispozitivele din laborator.
- Nu amestecați lichidele cu termometrul.
- Nu atingeți părțile circuitelor aflate sub tensiune.
- Dacă, accidental, este spart un vas de sticlă, termometru etc., anunțați imediat profesorul, apoi curățați cu grijă cioburile, substanțele scurse.
- Montați circuitele cu atenție, fixați cu grijă conductoarele de legătură la bornele aparatelor de măsură.
- Folosiți doar conductoare de legătură în perfectă stare de funcționare.
- Conectați circuitul la sursa de tensiune doar cu avizul profesorului.
- După terminarea experimentului, strângeți materialele și aparatele folosite și predați-le profesorului sau depozitați-le în locul indicat de profesor.
- Când lucrați cu surse de căldură (spirtiere, bec cu gaz), aveți grijă să nu vă ardeți, să nu răsturnați spirtiera sau vasele cu lichide fierbinți.
- Respectați cu strictețe indicațiile și recomandările profesorului.

Observ

În pauzele dintre cursuri, după ce elevii se agită în clasă, putem observa mișcarea particulelor de praf într-un fascicul luminos. Descrie această mișcare.

Ce se întâmplă cu gazele evacuate de o centrală termică în care se arde cărbune pentru producerea energiei electrice (imaginea 1)? Dar cu gazele de eșapament de la autovehiculele ce folosesc benzina sau motorina (imaginea 2)?

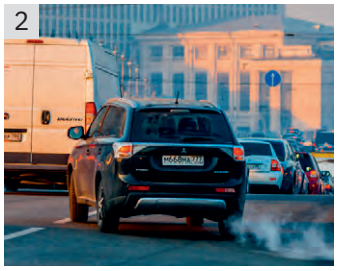
Ce crezi că va conține o probă de aer luată dintr-un mare oraș, precum București, Cluj-Napoca sau Timișoara? Cum explici că la o distanță mai mare de o uzină chimică nu se mai observă fumul evacuat prin coșurile de la diversele secții ce există în această uzină?

Cum explici că în drumul către școală simți mirosul asfaltului, deși nu se asfaltează pe strada ta (imaginea 3)?

1



2



3



Concluzie

În toate situațiile prezentate în imaginile precedente este vorba despre pătrunderea particulelor unui corp printre particulele altui corp. În proba de aer colectată și analizată în laborator vor fi identificate particulele ce sunt eliminate prin țevile de eșapament ale autovehiculelor ce folosesc benzină, motorină sau gaz lichefiat.

Experimentez

1 Difuzia în lichide

Materiale necesare: trei pahare Berzelius A, B, C, care conțin apă cu gheață (paharul A), apă de la robinet (paharul B) și apă caldă (paharul C), o pipetă ce conține puțină cerneală/colorant, un cronometru.



Modul de lucru

• Pune 2 – 3 picături de cerneală/colorant în fiecare dintre cele trei pahare și cronometrează timpul în care culoarea se uniformizează. • Notează timpii determinați într-un tabel de tipul celui alăturat. • Arată care este cauza uniformizării culorii în cele trei pahare.

Paharul	Timpul (s)
A (amestec de apă cu gheață)	
B (apă de la robinet)	
C (apă caldă)	

2 Difuzia vaporilor de parfum

Materiale necesare: parfum.

Modul de lucru

• Unul dintre elevi pulverizează 2 – 3 ml de parfum în fața clasei și anunță când începe această acțiune, astfel încât colegii săi să pornească cronometrul. • Ceilalți elevi cronometrează intervalul de timp scurs din momentul pulverizării până în momentul în care simt mirosul parfumului. • Comparați intervalele de timp măsurate de elevi. • Plasați pe un plan al clasei punctele în care mirosul parfumului (*vaporii de parfum*) a fost simțit simultan. Explicați ce ați constatat, identificând cauza fenomenelor observate.

3 Simularea mișcării browniene

Materiale necesare: o sursă de tensiune, un difuzor, conductoare electrice, biluțe din polistiren (cu diametrul de circa 1 cm), o bilă din polistiren cu diametru mai mare (3 – 5 cm), colorată diferit de biluțe, un tub cilindric transparent (poate fi obținut dintr-un PET de 10 litri).

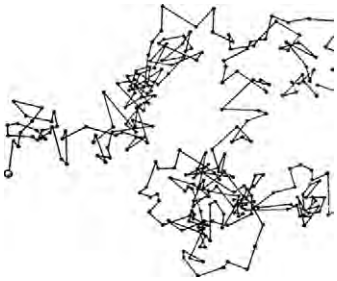
Modul de lucru

• Pune pe membrana difuzorului, așezat orizontal, tubul transparent și răstoarnă biluțele de polistiren în interiorul tubului. • Conectează difuzorul la sursa de tensiune și observă mișcarea biluțelor de polistiren. • Adaugă bila de polistiren cu diametrul mai mare și observă mișcarea acesteia. Descrie și explică mișcarea bilei. • Repetă pașii anteriori pentru diferite tensiuni aplicate difuzorului. **Atenție!** Asigură-te că nu depășești tensiunea maximă pe care o suportă difuzorul.

Concluzii

Timpul în care se realizează amestecul de la sine al moleculelor a două corpuri puse în contact, oricare ar fi starea lor de agregare, este diferit, în funcție de temperatură. Acesta se micșorează dacă temperatura este mai mare.

Botanistul scoțian Robert Brown, urmărind la microscop, pe lamele umede, granule de polen, a observat că acestea au o mișcare spontană, continuă și întâmplătoare, care se intensifică la creșterea temperaturii. Mișcarea granulelor de polen era produsă de ciocnirea acestora de către moleculele de apă. Modulul, direcția și sensul forței rezultante nu pot fi prevăzute, din această cauză traiectoria granulei de polen nu poate fi estimată; mișcarea particulei de polen este haotică.



Traiectoria unei granule de polen

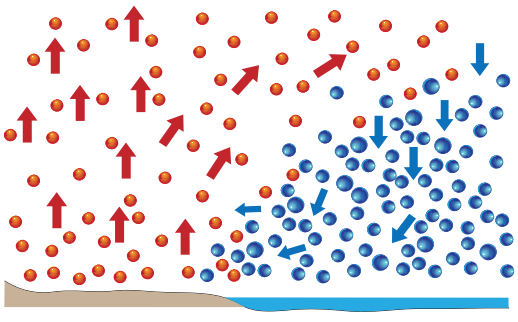
Picăturile de cerneală aruncate în același loc în apă se împrăștie spre exterior chiar dacă nimeni nu amestecă apa, dacă apa din pahar este liniștită (fără curenți). Același lucru se întâmplă și cu particulele de la o uzină chimică sau cu particulele provenite de la țevile de eșapament ale autovehiculelor.

Reține

Mișcarea browniană este mișcarea aleatorie a particulelor suspendate într-un fluid, care rezultă din coliziunea acestor particule cu moleculele fluidului.

Difuzia este fenomenul de pătrundere a moleculelor unui corp printre moleculele altui corp fără intervenție exterioară.

Oricare ar fi starea de agregare în care se află un corp, moleculele acestuia se află într-o mișcare spontană, continuă (nu încetează niciodată), complet dezordonată (haotică) și care se intensifică la creșterea temperaturii (vezi figura alăturată). Această mișcare este numită **agitație termică**.



Solul cald crește temperatura aerului

Apa rece scade temperatura aerului

Gradul de agitație termică este caracterizat de **energia termică**, care indică energia medie a particulelor din substanța analizată.

Aplic

1 Într-un bol din sticlă aprinde o bucățică de hârtie și urmărește mișcarea particulelor de fum printr-o lupă. Descrie și explică mișcarea acestora.

2 Într-un pahar Berzelius pune apă fierbinte și adaugă câteva fragmente de plante medicinale. Observă mișcarea fragmentelor. Descrie și explică mișcarea acestora.

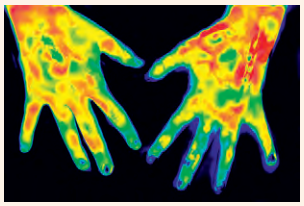
ȘTIAI CĂ?



Jean Perrin

În 1905, la aproape optzeci de ani după descoperirea lui Robert Brown, Albert Einstein a publicat o lucrare în care a modelat mișcarea polenului ca fiind realizată de molecule individuale de apă. Teoria mișcării browniene a adus dovezi pentru existența atomilor și moleculelor și a fost verificată în continuare experimental de către Jean Perrin în 1908. Perrin a fost distins cu Premiul Nobel pentru fizică în 1926 „pentru munca sa asupra structurii discontinue a materiei“.

ȘTIAI CĂ?



Termografia medicală este o procedură de investigație imagistică prin care se obține o hartă de temperaturi a corpului uman. Fie că se realizează prin contact direct cu corpul uman sau prin înregistrare la distanță, această procedură are drept scop vizualizarea zonelor cu temperatură normală, mai joasă sau mai înaltă decât cea normală, traducând astfel imagistic activitatea metabolică a țesuturilor. Cu ajutorul termografiei medicale, corelată cu dialogul și examenul clinic al pacientului, se poate pune un diagnostic orientativ sau de probabilitate, cu o acuratețe mergând până la 100%.

Stare de încălzire. Echilibru termic. Temperatura empirică. Căldura, mărime de proces

Observ

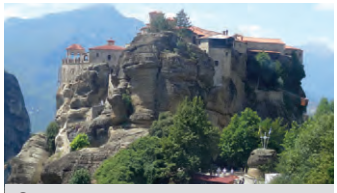
În clasa a VI-a ai aflat despre starea termică, contactul termic și echilibrul termic. Apreciază starea termică a locurilor sugerate de imaginile următoare. Poți estima o temperatură medie din fiecare loc sugerat de imagini?



1 Pinguini în Antarctica



2 Elefant în Kenya



3 Meteora, Grecia

Concluzie

Putem face estimări pe baza simțurilor, a cunoștințelor generale și a experienței proprii, însă pentru evaluarea corectă a fenomenelor este nevoie de cercetare și de concluzii științifice. Acestea ne arată că se poate evalua direct starea termică a corpurilor cu ajutorul mărimii fizice fundamentale numite **temperatură**.

Experimentez

1 Starea termică și termoscopul

Materiale necesare: trei pahare de unică folosință, acoperite cu câte un capac din carton, un termoscop, șervețele.

Modul de lucru

• Atinge cu degetul, pentru un timp scurt, fiecare pahar și ordonează paharele după starea lor de încălzire. • Repetă operația anterioară, însă acum ține palma un minut pe fiecare pahar; ordonează din nou paharele în funcție de cum ai apreciat starea lor de încălzire. • Îndepărtează capacul și pune termoscopul, pe rând, în fiecare pahar. Așteaptă până când lungimea coloanei de alcool din termoscop nu se mai modifică. Ordonează acum paharele după stările lor de încălzire. Compară concluziile tale cu cele ale colegilor tăi.



4 Stare termică

2 Starea termică și termometrul

Materiale necesare: două pahare de unică folosință, acoperite cu câte un capac din carton prevăzut cu un orificiu, un termometru, șervețele.

Modul de lucru

• Într-unul dintre pahare realizează un amestec de apă cu gheață, iar în celălalt pune apă caldă. • Măsoară temperatura apei din fiecare pahar, notează temperaturile t_1 și respectiv t_2. • Răstoarnă conținutul unuia dintre pahare în celălalt pahar, apoi pune termometrul în amestecul obținut și măsoară temperatura t. • Stabilește relația de ordine între temperaturile măsurate și formulează concluzii.



5 Stare termică. Echilibru termic

3 Echilibrul termic și căldura

Materiale necesare: un pahar de unică folosință (pentru lichide fierbinți) cu apă caldă, un vas mai larg cu apă rece, două termometre.

Modul de lucru

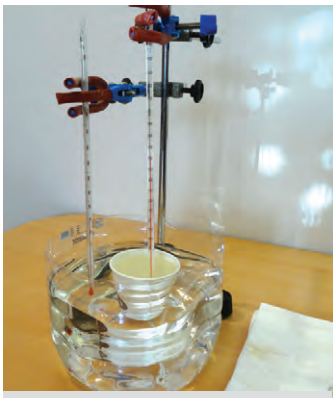
• Pune paharul cu apă caldă în vasul cu apă rece. În fiecare dintre cele două vase introdu un termometru. • Notează, într-un tabel precum cel alăturat, temperaturile indicate de

Timp (min)						
Temperatura (t_1 °C)						
Temperatura (t_2 °C)						

termometre din 3 în 3 minute, până când temperaturile celor două corpuri au aceeași valoare.
• Analizează rezultatele și formulează concluzii legate de evoluția temperaturilor celor două corpuri. Explică ce se întâmplă cu energia termică a celor două corpuri în acest proces.

Concluzie

• Aprecierea stării de încălzire prin contactul fizic bazat pe simțurile noastre oferă informații subiective, ce pot crea confuzii. • Corpurile cu stări de încălzire diferite, puse în contact fizic, **își modifică starea de încălzire**; corpul cald se răcește, iar corpul rece se încălzește. Stările termice ale celor două corpuri puse în contact evoluează până când starea lor de încălzire este aceeași; o numim **stare de echilibru termic**. • În timpul schimbării temperaturii corpurilor, are loc un schimb de energie termică spontan: corpul mai cald cedează energie corpului mai rece. Atunci când corpurile puse în contact termic ajung în starea de echilibru termic, schimbul de energie sub formă de căldură încetează.


6 Contact termic

Reține

Pentru evaluarea obiectivă a stării termice a unui sistem fizic sunt necesare instrumente de măsură bazate pe parametri fizici măsurabili.

Fiecărei stări termice de echilibru i se asociază o anumită temperatură. **Temperatura empirică** este mărimea fizică ce caracterizează starea de echilibru termic a unui corp/sistem fizic. Temperatura empirică se definește pe baza principiului tranzitivității echilibrului termic și prin alegerea a două stări de referință cărora li se atribuie două valori ale temperaturii. *Temperatura empirică a unui sistem nu poate fi determinată în mod absolut.*

Pentru măsurarea temperaturii se folosește **termometrul**. 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. De exemplu, la termometrul cu alcool, mărimea termometrică este lungimea coloanei de lichid. Termometrele pot fi etalonate în diverse scări de măsurare a temperaturii: scara Celsius, scara Fahrenheit etc.

Scara Kelvin propune, pe baze teoretice și experimentale precise, scara de temperatură absolută. Pentru această scară, temperatura de referință, de 0 K, este obiectivă și reprezintă starea unui sistem fizic în care mișcarea termică încetează. Din punct de vedere termodinamic, starea de 0 K nu poate fi atinsă, dar se poate ajunge la stări foarte apropiate.

Relațiile de legătură dintre temperaturile asociate unei stări de echilibru termic a unui corp, exprimate în scara Kelvin, respectiv în scara Celsius, și în scara Kelvin, respectiv în scara Fahrenheit, sunt: $T(\mathrm{K}) = t(^\circ\mathrm{C}) + 273{,}15 \cong t(^\circ\mathrm{C}) + 273$

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

Căldura (Q) este o formă a schimbului de energie între corpuri, datorată diferențelor de temperatură sau schimbării stării de agregare a corpurilor.

Căldura este o mărime fizică de proces, care caracterizează trecerea unui sistem fizic dintr-o stare termică în alta. Unitatea de măsură pentru căldură este joule (J), $[Q]_{SI}$ = J.

Aplic

1 Stabilește relațiile de legătură dintre temperaturile asociate unei stări de echilibru termic a unui corp exprimate în scara Fahrenheit și respectiv în scările Celsius și Kelvin. Determină, pentru temperatura de 20 °C, valorile temperaturii în scările Kelvin și Fahrenheit.

2 Documentează-te și definește caloria, o unitate de măsură tolerată a energiei termice.

INVESTIGAȚIE

Realizează experimentul prezentate mai jos, împreună cu colegii și sub supravegherea unui adult, apoi formulează concluzii referitoare la fenomenul observat. Documentează-te utilizând materialele de la bibliotecă sau site-uri precum wikipedia.org și găsește fenomene asemănătoare cu cele prezentate mai jos, pentru a pune în evidență stratificarea termică și inversiunea termică.

1 Stratificarea termică

Ai nevoie de două pahare identice din sticlă, unul plin cu apă fierbinte, iar celălalt cu apă rece și de o folie rigidă din plastic. Acoperă paharul cu apă fierbinte cu capacul din folia de plastic și așază-l cu grijă peste paharul cu apă rece. Trage cu grijă capacul dintre cele două pahare. Vei constata că apa nu se amestecă. Explică! Această stratificare termică este folosită la boilerele solare.



2 Inversiune termică

Aerul rece, cu densitate mai mare, încărcat cu vapori de apă, coboară în zonele joase unde se formează ceață, iar aerul cald cu densitate mai mică se ridică în zonele înalte. Un astfel de fenomen este specific anotimpului rece.

Transmiterea căldurii (prin conducție, convecție, radiație)

ȘTIAI CĂ?

Conductivitatea termică a unui corp reprezintă căldura transmisă transversal în unitatea de timp, prin unitatea de suprafață, pe distanța de 1 m, între două suprafețe ale corpului care au o diferență de temperatură egală cu 1 K.

Tabel cu conductivitatea termică pentru diferite materiale:

Denumirea materialului	Conductivitatea termică în Watt/°C·m la 25 °C în ordine crescătoare
aer	0,024
hârtie	0,05
lemn	0,13
PVC	0,19
acryl	0,2
teflon	0,25
apă	0,58
beton	1,05
sticlă	1,05
oțel	46
nichel	91
aluminiu	250
aur	310
cupru	401
argint	429

Observ

Când ai vizitat diferite obiective turistice, palate, castele, biserici vechi etc., ai observat grosimea foarte mare a zidurilor (imaginea 1). De ce a fost aleasă o astfel de soluție de construcție, care presupune costuri mari?

Într-o bucătărie, pe o porțiune a podelei este montată gresie, iar pe o altă porțiune este montat parchet din lemn (imaginea 2). Dacă mergem desculți pe cele două porțiuni ale podelei, vom simți că porțiunea cu gresie este mult mai rece decât porțiunea cu parchet din lemn.

La construcția pereților unei case se recomandă folosirea cărămizilor cu goluri (imaginea 3). Care crezi că ar fi explicația?

Vara, în zonele cu temperatură ridicată se recomandă să purtăm haine de culoare deschisă (imaginea 4). Explică de ce ar trebui să urmezi această recomandare.

1



2



3



4



Concluzii

- Zidurile cu grosime mare asigură o izolație termică mai bună, deoarece energia transmisă prin perete este mai mică atunci când peretele este mai gros.
- Cele două porțiuni ale podelei au aceeași temperatură; percepția este diferită deoarece gresia are conductivitatea termică mai mare decât parchetul din lemn. Corpul omenesc are temperatura de circa 37 °C, iar pardoseala de 22 – 24 °C; astfel, se produce un flux de căldură de la picioarele noastre către podeaua din gresie mai mare decât în cazul podelei acoperite cu parchet.
- Aerul închis în golurile cărămizilor este un foarte bun izolator termic; acesta împiedică transferul de căldură între cele două suprafețe ale peretelui.
- Persoanele îmbrăcate cu haine de culori deschise vor suporta mult mai ușor temperaturile ridicate, deoarece hainele de culoare albă reflectă lumina. Din acest motiv, prin hainele albe schimbul de căldură între mediul exterior și corpul uman este mai mic decât în cazul hainelor de altă culoare.

Experimentez

Transmiterea căldurii prin convecție

Materiale necesare: pahare de unică folosință, un pahar metalic/doză din aluminiu, un vas larg, termometre, un vas cu apă rece, un vas cu apă fierbinte, o spirală din hârtie, o lumânare

cu suport, un trepied, o tijă lungă, o tijă scurtă, cleme, o sfoară, o sticlă de la o lampă cu gaz, lumânări pastilă, spirtieră cu alcool tehnic, un tub din sticlă prevăzut cu o ramificație, șervețele.

Modul de lucru

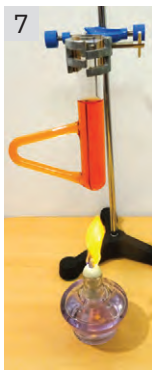
- Pune apă caldă într-un pahar de unică folosință. Ține paharul în mână, iar când simți că mâna ta se încălzește, pune paharul în alt pahar gol, apoi în altul gol și notează apoi o concluzie.
- Repetă experimentul cu pahare metalice. Notează concluzia.
- Pune apă rece într-un vas larg și apă caldă într-un pahar de unică folosință. Introdu paharul cu apă caldă în vasul larg ce conține apă rece. Introdu un termometru în pahar și notează din 2 în 2 minute temperatura apei.

Timp (min)	0	2	4	6	8	10	12	14	16
Temperatura (°C)	60								

- Reprezintă grafic temperatura indicată de termometru în funcție de timp.
- Fixează spirala de hârtie pe suport, ca în imaginea 5. Așază sub spirală lumânarea, astfel încât flacăra lumânării să nu atingă spirala. Notează observațiile și explică ce ai constatat.
- Așază sticla de lampă peste lumânarea pastilă aprinsă (imaginea 6). Apoi introdu în gâtul sticlei o lamă metalică, astfel încât să împartă spațiul în două părți, și aprinde lumânarea. Notează observațiile și explică ce ai constatat.
- Fixează tubul de sticlă, prevăzut cu ramificație, în suport. Pune apă colorată în tub și așază spirtiera sub tub, astfel încât flacăra să nu atingă direct tubul (imaginea 7). Notează observațiile și explică ce ai constatat.
- Înfășoară rezervorul unuia dintre termometre într-o pânză/hârtie/folie neagră, iar rezervorul unui alt termometru în folie din staniol. Montează termometrele cu ajutorul materialelor avute la dispoziție astfel încât să fie în poziție verticală. În vecinătatea termometrelor, la aceeași distanță de ele, pune spirtiera. Notează temperaturile indicate de cele două termometre, apoi aprinde spirtiera și notează peste câteva minute temperaturile indicate de termometre (imaginea 8).
- Pune între termometre și spirtieră un panou acoperit cu folie de aluminiu. Notează din nou temperaturile indicate de termometre. Notează observațiile și explică ce ai constatat.


5

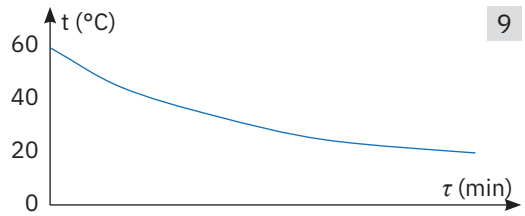

6


7


8

Concluzii

- Moleculele de apă transferă energie, prin ciocniri, moleculelor din peretele paharului. Această energie transferată scade pe măsură ce grosimea peretelui crește.
- Pe măsură ce diferența de temperatură dintre apa caldă și apa rece din vasul larg scade, energia transmisă este din ce în ce este mai mică. Temperatura evoluează în timp, conform graficului din figura 9.



9

- Aerul/apa din vecinătatea sursei de căldură își micșorează densitatea și se deplasează la înălțimi mai mari. Locul masei de aer/apă deplasate este luat de o alta, cu densitate mai mare, astfel încât procesul se repetă. În acest fel se formează curenții de convecție.
- Lumânarea peste care este așezată sticla de lampă se stinge, în lipsa curenților de aer. După introducerea lamei metalice până aproape de flacăra lumânării, aceasta nu se mai stinge, deoarece în acest caz se formează curenți de aer care vor aduce la flacără aer cu densitate mai mare, bogat în oxigen.

INVESTIGAȚIE



În imaginea de mai sus este prezentat un experiment prin care poți compara conductivitatea termică a mai multor materiale solide: fier, cupru, aluminiu etc. Realizează un dispozitiv experimental asemănător, format din: sursă de căldură (spirtieră de exemplu), tijă metalică cu suport, suport metalic în care se pot fixa tije din materiale diferite, tije din materiale diferite, dar cu lungimi și secțiuni egale, cronometru. Stabilește modul de lucru pentru a putea compara cât de repede ajung să se încălzească capetele libere ale tijelor. Ordonează apoi crescător materialele, în funcție de conductivitatea termică, adică în funcție de cât de repede se încălzesc. Compară rezultatul obținut cu tabelul de valori pentru conductivitatea termică de la pagina 16.

PROIECT

Dispozitive și aparate ce funcționează pe baza transmiterii căldurii

Documentează-te utilizând biblioteca, site-uri de internet precum wikipedia.org sau alte surse de informații și identifică câteva aparate și dispozitive fizice care utilizează diferite moduri de transmitere a căldurii. În cadrul proiectului, răspunde la următoarele cerințe și întrebări:

- Realizează o listă de aparate și dispozitive fizice care utilizează transmiterea căldurii prin conducție, convecție și radiație (cel puțin una din fiecare categorie).
- Cum este utilizat transferul de căldură în cazul fiecărui sistem fizic analizat?
- Care este utilitatea practică a sistemelor fizice analizate?

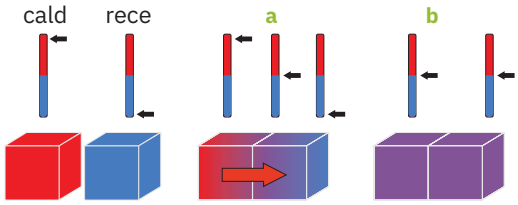
Tema poate fi realizată individual sau în echipă. Proiectul trebuie să conțină imagini sau filmulețe explicative.
Exemple: ventilatoarele de la computere, panouri solare, schimbătoare de căldură etc.



- Termometrele vor indica temperaturi diferite. Termometrul care are rezervorul înfășurat în hârtie neagră indică temperatură mai mare decât termometrul care are rezervorul înfășurat în staniol. Corpul negru absoarbe radiația termică. Când se pune panoul reflectant între termometre și spirtieră, radiația termică nu mai ajunge la acestea și termometrele nu își modifică temperatura inițială.

Reține

Căldura poate fi transferată de la un corp la altul prin: **conducție termică**, **convecție** și **radiație termică**.

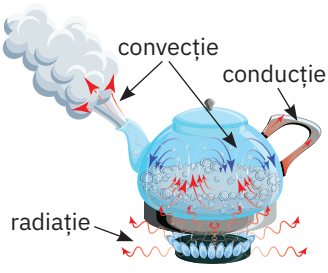


a – transfer de căldură de la cald la rece
b – transferul de căldură s-a terminat; temperatura se egalizează

1 **Conducția termică** reprezintă transferul de energie sub formă de căldură, prin ciocniri datorate agitației termice a moleculelor din mediul în care are loc transferul. Căldura transferată prin conducție termică printr-un perete în unitatea de timp:
   - este direct proporțională cu diferența de temperatură dintre suprafețele peretelui;
   - este direct proporțională cu suprafața peretelui;
   - este invers proporțională cu grosimea peretelui;
   - depinde de natura peretelui.

   Transmiterea căldurii prin conducție termică se produce în corpurile solide, iar în decursul acestui proces *nu* are loc un transport de masă prin substanță. Corpurile care nu transmit căldura prin conducție termică sau care interacționează termic cu mediul exterior foarte lent se numesc izolatoare termice.
2 **Convecția** reprezintă transferul energiei sub formă de căldură, prin curenți. Transmiterea căldurii prin convecție are loc în lichide și gaze, cu transport de substanță.
3 **Radiația termică**. Orice corp cald emite radiație termică. Când stai lângă un foc de tabără, spui că ajunge la tine căldură. Energia primită de tine de la foc este emisă prin radiație termică de la sursa de căldură și transmisă prin aer. În mod asemănător, orice corp aflat într-un mediu cu temperatură diferită de a corpului emite energie prin radiație termică. De exemplu: Soarele, caloriferul sau soba ce asigură încălzirea locuințelor etc.

Observație. Cele trei modalități de transmitere a căldurii pot avea loc simultan, în funcție de situația practică întâlnită. De exemplu, în cazul unui ceainic, în care se află apă, pus deasupra unei flăcări, știm că flacăra cedează căldură ceainicului prin radiație termică, mânerul ceainicului și straturile de apă se încălzesc prin conducție, iar aburul iese din ceainic prin convecție (vezi figura alăturată).



Aplic

1 Explică de ce conductele prin care circulă apa la un panou solar sunt vopsite în negru.
2 În zilele geroase, senzația de frig se accentuează atunci când bate vântul. Cum explici?
3 Mergi cu prietenii la un picnic. Cum trebuie să procedezi pentru a menține constantă temperatura alimentelor și băuturilor răcoritoare cât mai mult timp?
4 Pentru a se apăra de frigul iernii, vrăbiuțele (păsările, în general) își zbârlesc (își înfoaie/ridică) penele, iar animalele își zbârlesc părul. Cum explici?

Extindere în tehnologie: Motorul termic (calitativ)

Observ

Identifică, în imaginile următoare, tipurile de motoare montate pe cele două locomotive, respectiv pe avion. Care este combustibilul folosit de fiecare motor identificat? Ce tip de energie convertește fiecare motor în lucru mecanic? Precizează cel puțin un motiv pentru care s-a renunțat la prima generație de motoare cu care erau dotate la început locomotivele.

1 

2 

3 

Concluzie

Locomotivele cu aburi erau dotate cu motoare cu ardere externă; în cazul acestora, combustibilul era ars în exteriorul cilindrului cu piston. Locomotiva Diesel și avionul cu reacție sunt dotate cu motoare în care combustibilul se arde în interiorul cilindrului cu piston.

Motorul termic transformă în lucru mecanic o parte din energia termică obținută prin arderea unui combustibil. Renunțarea la motorul cu ardere externă s-a produs din cauza eficienței scăzute, precum și a poluării pe care o producea.

Experimentez

Motorul termic

Materiale necesare: o machetă a motorului cu ardere internă cu aprindere prin scânteie, o seringă de 20 ml, un vas cu apă fierbinte, un pistol de lipit cu plastic.

Modul de lucru

- Rotește ușor roata ce pune în mișcare pistonul din cilindru și observă ce se întâmplă de la deschiderea supapei de admisie până la deschiderea și închiderea supapei de evacuare.
- Pune 10 ml de apă rece în seringă. Deplasează pistonul până la jumătatea porțiunii goale. Folosește pistolul cu plastic topit și închide etanș orificiul seringii. Pune seringa în apă fierbinte și observă ce se întâmplă cu pistonul acesteia. Notează ce ai constatat și explică.

Reține

Motorul termic este un sistem termodinamic care este acționat termic, prin arderea unui carburant, și care efectuează lucru mecanic în anumite condiții.

Motorul termic convertește doar o parte din căldura obținută din arderea combustibilului (Q_1) în lucru mecanic (L); restul este cedată sistemului de răcire (Q_2). Lucrul mecanic este efectuat de presiunea exercitată de gazul de ardere asupra pistonului și este egal cu: $L = Q_1 - |Q_2|$, conform legii conservării energiei pentru motor.

Randamentul motorului termic este egal cu raportul dintre lucrul mecanic (L) efectuat de acesta și căldura absorbită (Q_1): $\eta = \frac{L}{Q_1} = \frac{Q_1 - |Q_2|}{Q_1}$; $\eta < 1$.

Aplic

Motorul termic ce funcționează cu benzină, al unui automobil Dacia Duster, are puterea P = 77 kW și randamentul în timpul deplasării pe autostrada București – Pitești η = 25%. Calculează căldura produsă prin arderea benzinei pentru deplasarea mașinii timp de 30 min.

PORTOFOLIU

Motorul termic

Motoarele termice sunt cunoscute încă din antichitate, iar în decursul timpului au fost construite o mare diversitate de astfel de motoare.

Tipuri de motoare termice:

1. Motorul cu ardere externă are sursa de căldură externă recipientului în care fluidul descrie ciclul termodinamic: motorul cu abur; motorul Stirling.

2. Motorul cu ardere internă funcționează după un proces de combustie suferit chiar de fluidul supus ciclului termodinamic: motor Otto (benzină); motor Diesel (motorină); motor Wankel; motorul cu reacție etc.

Alege unul dintre motoarele termice menționate mai sus și realizează un material de portofoliu, în care să răspunzi la următoarele întrebări:

- Când a fost motorul construit prima dată și de către cine?
- Cum funcționează? Descrie pe scurt principiul de funcționare a motorului termic.
- Unde a fost utilizat în trecut și unde este folosit la ora actuală (dacă este cazul)?
- Ce avantaje și dezavantaje are motorul termic? Poate fi înlocuit cu alt tip de motor?



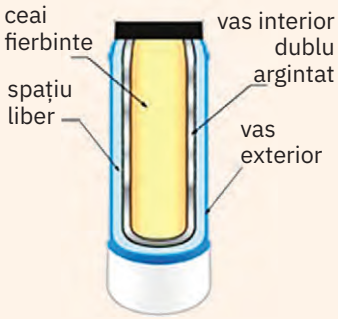
Coeficienți calorici. Calorimetrie

ȘTIAI CĂ?

Termosul este un vas care păstrează constantă temperatura unui lichid aflat în interior, pentru o perioadă lungă de timp, acționând ca un izolator termic față de mediul înconjurător.

Se obține din două vase cu pereți argintați, unul mai mic și altul mai mare, introduse unul în altul, între care rămâne un spațiu. Aceste două vase sunt introduse într-un al treilea vas, din plastic sau din metal, care are rol de protecție mecanică.

Lichidele fierbinți își păstrează mai multă vreme temperatura, dacă înainte de a le pune în termos, se clătește bine interiorul cu apă clocotită. Lichidele reci își păstrează mai multă vreme temperatura, dacă înainte de a le pune în termos, se clătește bine interiorul cu apă rece.



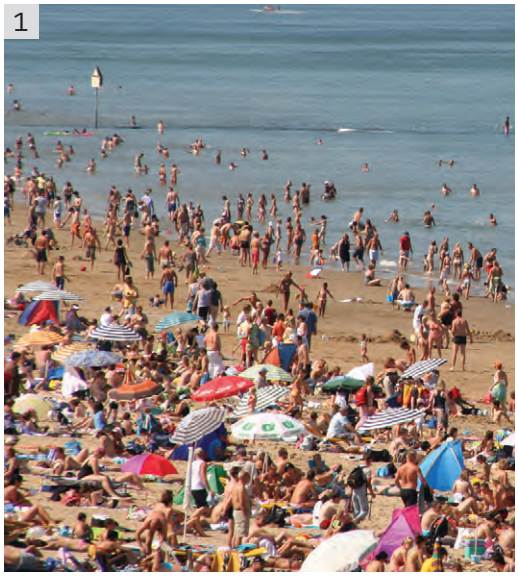


Observ

Din perspectiva a ceea ce ai învățat în acest capitol, identifică un motiv pentru care oamenii preferă să părăsească, pentru o vreme, ținuturile unde locuiesc, și să meargă la mare (imaginea 1). În imaginea 2 poți observa un termos pe sanie. Care este motivul alegerii termosului pentru păstrarea ceaiului?

Oala din imaginea 3 primește energie, sub formă de căldură, de la aragaz. Cum se modifică temperatura apei din vas? Dacă înlocuim oala cu una mai mare, dar de același tip, și o punem pe aceeași flacără (caz în care va primi aceeași căldură în unitatea de timp), ca în situația anterioară, variația temperaturii va fi aceeași într-un timp egal cu cel din cazul anterior?

1



2



3



Concluzie

Temperatura aerului vara la mare/ocean este mai mică decât în interiorul țării. Termosul îngreunează transferul de căldură de la ceai către exterior, astfel ceaiul își va menține temperatura aproape constantă un anumit interval de timp.

Oala de pe aragaz primește căldură; efectul acestui schimb de energie sub formă de căldură este creșterea temperaturii oalei și a conținutului. Dacă oala este mai mare, pentru a i se modifica temperatura cu aceeași valoare, trebuie să primească o cantitate de căldură mai mare în același interval de timp.

Experimentez

1 Căldura și volumul corpurilor

Materiale necesare: două pahare Berzelius de volume diferite, puse unul în altul, ce reprezintă *un calorimetru*, un vas cu apă rece, un vas cu apă caldă, ce conține trei corpuri solide din același material, de volume $V_1 < V_2 < V_3$, aflate la temperatura t_2, alte două corpuri din materiale diferite, dar de volume egale V_1, un termometru, un cilindru gradat de 100 ml, șervețele.

Modul de lucru

- Pune 200 ml de apă rece în „calorimetru“, și măsoară-i temperatura t_1.
- Scoate cu un clește corpul de volum V_1 și pune-l în calorimetru; după stabilirea echilibrului termic, măsoară temperatura t; calculează variația de temperatură a apei din calorimetru $\Delta t_1 = t - t_1$ și variația de temperatură a corpului $\Delta t_2 = t_2 - t$.
- Repetă pasul anterior și pentru celelalte corpuri de volume V_2 și V_3.
- Înregistrează valorile obținute într-un tabel de forma:

4



Corpul solid	t_1 (°C)	t_2 (°C)	t (°C)	Δt_1 (°C)	Δt_2 (°C)
V_1					
V_2					
V_3					

- Compară variațiile de temperatură $\Delta t_1 = t - t_1$ cu $\Delta t_2 = t_2 - t$ pentru fiecare corp.
- Cum se modifică variația de temperatură a apei din calorimetru (Δt_1) la creșterea volumului corpului solid?
- Repetă experimentul pentru corpurile 4 și 5 și notează datele într-un tabel asemănător cu cel anterior.
- Compară variația de temperatură a apei din calorimetru (Δt_1) la modificarea naturii corpului solid. Ce observi?

Concluzii

- Punând succesiv în apa din calorimetru corpuri din același material, dar cu volume diferite și încălzite la aceeași temperatură, se constată că variația de temperatură a aceleiași mase de apă din calorimetru este mai mare pentru volume mai mari ale corpului. Astfel, se poate spune că un corp cu volum mai mare cedează mai multă căldură.
- Variația de temperatură a apei din calorimetru se modifică în funcție de natura corpului încălzit la aceeași temperatură t_2.

Reține

Coeficienții calorici sunt mărimi fizice care caracterizează capacitatea unui corp de a-și modifica temperatura în urma schimbului de căldură cu mediul exterior. Coeficienții calorici sunt constante ale corpurilor sau ale substanțelor ce stabilesc o dependență cantitativă între căldura schimbată de un corp cu exteriorul și variația de temperatură a corpului.

1 **Capacitatea calorică a unui corp** este numeric egală cu energia schimbată sub formă de căldură de corp pentru a-și modifica temperatura cu un grad:

$$C = \frac{Q}{\Delta t};\ [C]_{SI} = \frac{[Q]_{SI}}{[\Delta t]_{SI}} = \frac{\text{J}}{\text{K}}.$$

Capacitatea calorică este o constantă termică a corpului și nu a substanței din care este făcut.

2 **Căldura specifică a unei substanțe** este numeric egală cu energia schimbată sub formă de căldură de unitatea de masă dintr-un corp realizat din acea substanță, pentru a-și modifica temperatura cu un grad:

$$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta t};\ [c]_{SI} = \frac{[Q]_{SI}}{[m]_{SI} \cdot [\Delta t]_{SI}} = \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}.$$

Căldura specifică depinde de natura substanței și de anumite condiții specifice.

ȘTIAI CĂ?

Fiecare substanță are o căldură specifică proprie. Căldura specifică pentru diferite substanțe

Substanța	t (°C)	c (J/kg·K)
Alamă galbenă	–	368
Alamă roșie	–	377
Aluminiu	–	895
Argint	–	235
Cupru	–	395
Fontă	–	540 – – 550
Gheață	0	2100
Oțel	–	448 – – 470
Platină	–	120
Plumb	–	125
Zinc	–	390
Alcool etilic	0	2290
Acetonă	–	2180
Apă de mare	17	3930
Apă	16	4184,6
Benzină	–	1720
Glicerină	18 – – 50	2430
Ulei de in	20	1840
Petrol lampant	–	2140 – – 2170

ȘTIAI CĂ?

Conținutul caloric al alimentelor

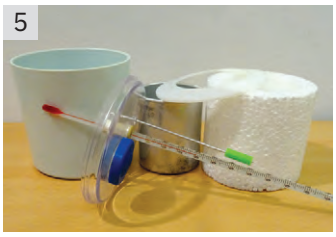
Caloria este o unitate de măsură a energiei și reprezintă cantitatea de energie necesară pentru a ridica temperatura unui gram de apă cu un grad Celsius, la o presiune atmosferică standard. Această unitate de măsură este utilă pentru a determina caloriile din alimente.

Producătorii de alimente obișnuiau să determine numărul de calorii folosind o „bombă calorimetrică". Acest proces implica așezarea alimentului într-un recipient închis, cufundat în apa din cel de-al doilea recipient. Apoi alimentul se ardea folosind energie electrică. După arderea completă, se măsura temperatura apei, pentru a se vedea cu câte grade crescuse și, astfel, câte calorii a produs alimentul.

La ora actuală nu se mai utilizează această metodă, ci una mai simplă, cunoscută drept sistemul Atwater, care presupune calcularea caloriilor disponibile cu ajutorul substanțelor nutritive din alimente, precum proteinele, carbohidrații, lipidele și alcoolul. Se folosesc tabele de referință standard pentru ingredientele comune, bazate pe densitatea lor energetică: 4 kilocalorii pentru proteine, 4 pentru carbohidrați, 3 pentru acizii organici, 9 pentru grăsimi, 7 pentru alcoolul potabil etc.

Experimentez

2 Calorimetrul


5

Ai pe masa de lucru un calorimetru (imaginea 5). Dezmembrează-l în părțile componente și identifică-le. Montează calorimetrul și explică de ce a fost construit în acest mod. De ce este nevoie de două vase, plasate unul în celălalt? Între cele două vase există un suport dintr-un anume material. Ce rol are acest suport și din ce material trebuie să fie realizat?

3 Determinarea căldurii specifice a unui corp solid


6

Materiale necesare: calorimetru, balanță, vas cu apă rece, pahare, clește, corpuri solide din același material cu mase diferite, termometru, vas cu apă fierbinte, spirtieră, șervețele (imaginea 6).

Modul de lucru

- Măsoară masa vasului interior al calorimetrului, m_0.
- Pune în calorimetru o masă m_1 = 150 g de apă și *măsoară-i temperatura* t_1.
- Măsoară masa fiecărui corp solid (m_2).
- Pune corpurile solide în vasul în care fierbe apa și măsoară temperatura (t_2).
- Scoate cu ajutorul cleștelui un corp solid și pune-l în calorimetru; la stabilirea echilibrului termic măsoară temperatura (t).
- Repetă măsurătorile pentru celelalte două corpuri și notează datele într-un tabel de forma:

Nr. mas.	m_0 (g)	m_1 (g)	m_2 (g)	t_1 (°C)	t_2 (°C)	t (°C)	c_x (J/kg·K)	$\bar{c}_x$ (J/kg·K)	δc_x (J/kg·K)	$\delta\bar{c}_x$ (J/kg·K)
1										
...										

Prelucrarea datelor experimentale:

- Știind valorile căldurilor specifice ale apei și materialului din care este construit vasul interior al calorimetrului (de obicei aluminiu), calculează căldura primită de calorimetru și de apă cu formula: $Q_{primit} = [m_0 \cdot c_{calorimetru} + m_1 \cdot c_{apă}](t - t_1)$. Calculează căldura specifică a materialului din care sunt făcute corpurile, considerând că pierderile de căldură cu mediul exterior în timpul experimentului sunt neglijabile: $c_x = \frac{|Q_{cedat}|}{m_2(t_2 - t)}$, unde $Q_{primit} = |Q_{cedat}|$ din conservarea energiei pentru sistemul format de calorimetru cu apă și corp.
- Calculează eroarea la fiecare determinare $\delta c_x = |c_x - \bar{c}_x|$, apoi calculează eroarea medie $\delta\bar{c}_x$.
- Calculează căldura specifică a corpului considerat, indicând sursele de eroare din cadrul acestui experiment.
- Consultând tabelele cu valori pentru căldura specifică a substanțelor solide, estimează natura materialului din care a fost făcut corpul.

Reține

Calorimetria este un capitol al fizicii ce se ocupă cu studiul metodelor și instrumentelor folosite pentru determinarea căldurii și căldurii specifice. Pentru determinarea căldurilor specifice prin metoda amestecurilor, se folosește calorimetrul. Corpurile introduse în calorimetru schimbă căldură doar între ele, sistemul fiind considerat izolat termic.

Pentru un sistem izolat termic de exterior, care este format din două subsisteme, putem scrie o ecuație de bilanț al căldurilor schimbate: $|Q_{cedat}| = Q_{primit}$, sau $Q_{cedat} + Q_{primit} = 0$, numită **ecuația calorimetrică**, unde căldura primită de subsistem este pozitivă, $Q_{primit} > 0$, iar căldura cedată de subsistem este negativă, $Q_{cedat} < 0$.

Calorimetrul este un dispozitiv care izolează termic corpurile din interiorul său față de mediul exterior. Cel mai simplu calorimetru este format dintr-un sistem de două vase (din lemn, metal etc.) concentrice, izolate termic între ele printr-un suport izolator termic (ebonită sau lemn) și aer (vezi figurile 7 și 8). Vasele sunt acoperite cu un capac izolator termic, care are un orificiu prin care se poate introduce un termometru și un alt orificiu prin care este introdus un agitator cu ajutorul căruia se poate uniformiza sistemul din interior. Calorimetrele mai avansate, cu ajutorul cărora se poate determina căldura degajată în diferite situații, au un încălzitor electric în interiorul vasului mic; între cele două vase este apă (figura 9).

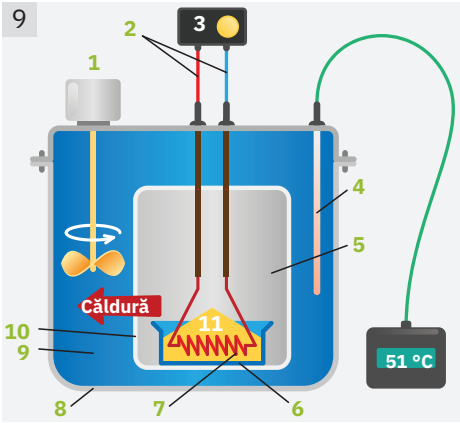
7



8



9



1 agitator
2 conductoare electrice
3 sursa de curent electric
4 termometru
5 oxigen
6 pahar cu mostră
7 încălzitor electric
8 container izolator
9 apă
10 vas interior
11 mostră

Aplic

Probleme rezolvate

1 Un vas de capacitate calorică $C = 1\,000$ J/K, ce conține o masă de apă $m = 2$ kg, este încălzit de la temperatura $t_1 = 15$ °C, la temperatura $t_2 = 85$ °C. Calculează căldura absorbită de oală și apă în procesul de încălzire. Consideră căldura specifică a apei $c = 4\,185$ J/kg·K.

Rezolvare

În procesul de încălzire, absorb căldură vasul și apa: $Q = Q_1 + Q_2 = C(t_2 - t_1) + mc(t_2 - t_1)$, $Q = (C + mc)(t_2 - t_1) = (1\,000 \text{ J/K} + 2 \text{ kg} \cdot 4\,185 \text{ J/kg·K})\ 70 \text{ K} = 655\,900$ J.

2 Într-un vas de capacitate calorică $C = 837$ J/K se află o masă de apă $m_1 = 10$ kg la temperatura $t_1 = 25$ °C. Calculează ce masă m_2 de apă cu temperatura $t_2 = 75$ °C trebuie introdusă în vas, pentru ca temperatura la echilibrul termic să fie $t = 50$ °C. Consideră căldura specifică a apei $c = 4185$ J/kg·K.

Rezolvare

Se identifică corpul care cedează căldură: apa caldă cu temperatura t_2.
Căldura cedată de apa caldă: $|Q_{cedat}| = m_2c(t_2 - t)$.
Corpurile care absorb căldură sunt apa rece și vasul.
Căldura cedată: $Q_{primit} = C(t - t_1) + m_1c(t - t_1) = (C + m_1c)(t - t_1)$.
Se scrie ecuația calorimetrică: $|Q_{cedat}| = Q_{primit} \Leftrightarrow m_2c(t_2 - t) = (C + m_1c)(t - t_1)$.
Se obține masa de apă introdusă în vas: $m_2 = \dfrac{(C + m_1c)(t - t_1)}{c(t_2 - t)} = 10{,}2$ kg.

Probleme propuse

1 Calculează căldura specifică a unui amestec format din mase egale de apă, alcool etilic și glicerină.
2 Calculează căldura specifică a unui amestec format din volume egale de apă, alcool etilic și glicerină.
3 Determină căldura specifică a unui corp din aluminiu.
4 Explică de ce clima unei insule este mai blândă decât clima dintr-o zonă de pe continent, de suprafață comparabilă cu suprafața insulei. Se consideră că atât insula, cât și zona de pe continent sunt situate la aceeași latitudine.

PROIECT

Utilizarea calorimetriei în practică

Documentează-te utilizând site-uri de internet precum wikipedia.org sau alte surse de informații și identifică aplicațiile practice ale calorimetriei. În cadrul proiectului, răspunde la următoarele întrebări și rezolvă cerințele:

- Identifică un proces fizic întâlnit în viața de zi cu zi pentru care se poate aplica ecuația calorimetrică.
- Analizează modul de transmitere a energiei sistemului fizic prin căldură pentru procesul urmărit și verifică bilanțul energiei termice.
- Găsește aparate și dispozitive ce utilizează principiile calorimetriei și descrie-le pe scurt.

Tema poate fi realizată individual sau în echipă.
Proiectul trebuie să conțină imagini sau filmulețe explicative.

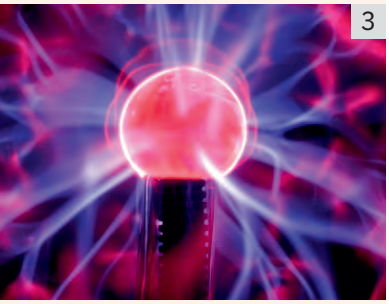
Stări de agregare, caracteristici



Focă pe o bucată de banchiză



Gheizer



Lampă

Observ

În clasa a VII-a ai aflat la chimie despre tabelul periodic al elementelor. Analizează acest tabel și identifică substanțe simple care se află în diverse stări de agregare (gaz, lichid, solid). Substanțele compuse se pot afla în mai multe stări de agregare? Exemplifică. Substanțele simple sau compuse își pot schimba starea de agregare? Prezintă exemple. Analizează imaginile 1 – 3 și identifică substanțe aflate în diferite stări de agregare.

Concluzie

Toate substanțele sunt alcătuite din molecule și atomi. În lecțiile de chimie ai învățat despre atom, moleculă, unitate atomică de masă, masă atomică relativă, masă moleculară relativă. Este util să-ți reamintești aceste noțiuni.

În figurile 1 și 2 se observă apa în cele trei stări de agregare: solidă, lichidă și gazoasă. În figura 3 este prezentă a patra stare de agregare: plasma.

Experimentez

Dilatarea și stările de agregare

Materiale necesare: o spirtieră, un trepied, o sită, o bilă metalică și un inel metalic, prin care bila poate trece la limită, un pahar Erlenmayer cu apă, prevăzut cu un tub trecut printr-un dop, un balon din sticlă și unul din cauciuc, o seringă, un vas larg cu apă, un termometru, o lamelă de sticlă, o ventuză, un dinamometru, un microscop, sare de bucătărie.



4



5



6

Modul de lucru

- Verifică dacă bila trece prin inel. Încălzește bila, poziționând-o deasupra spirtierei pentru 2 – 3 minute. Verifică dacă bila mai trece prin inel după încălzire. Denumește și explică fenomenul observat.
- Pune paharul Erlenmayer pe sita fixată de trepied deasupra spirtierei și apoi aprinde spirtiera (imaginea 4). Observă ce se întâmplă cu nivelul apei din tub. Explică!
- Pune termometrul în vasul cu apă caldă. Închide balonul de sticlă cu balonul din cauciuc. Pune balonul de sticlă în vasul cu apă caldă. Explică cele constatate!
- Trage pistonul seringii pe toată lungimea ei. Închide orificiul seringii cu degetul și apasă pe piston. Cum explici comprimarea aerului din seringă?
- Fixează ventuza pe lamelă. Toarnă puțină apă pe masă și așază lamela de sticlă. Trage cu dinamometrul pentru a desprinde lamela de masă. Explică cele constatate!
- Pune pe lamelă câteva granule din sarea de bucătărie și observă-le la microscop. Explică ce ai observat!

Concluzii

- În primele trei experimente are loc fenomenul de dilatare. Cum îl putem explica?
- Când un corp se dilată (își mărește volumul), spațiile intermoleculare se măresc, iar când un corp se contractă (volumul se micșorează), spațiile intermoleculare se micșorează. Între moleculele unei substanțe se manifestă forțe intermoleculare. Valorile forțelor intermoleculare sunt diferite de la o stare de agregare la alta și de la o substanță la alta.
- Lamela se desprinde de masă greu din cauza forțelor intermoleculare (imaginea 6).
- Cristalele de sare sunt alcătuite din mici formațiuni cubice cu fețe perfect netede, care se repetă. Se spune că sarea are o structură cristalină. Această structură este determinată de existența forțelor intermoleculare care au ajuns la echilibru.

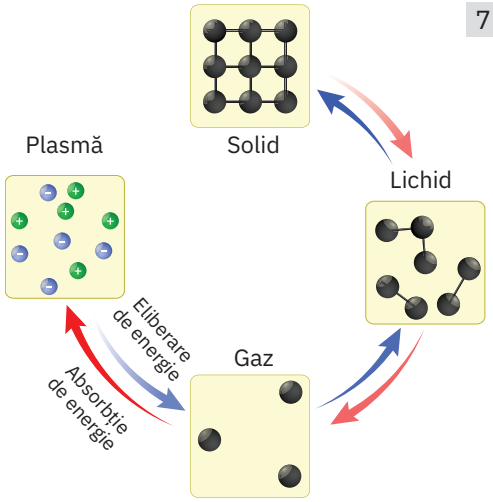
Reține

Proprietăți generale ale corpurilor aflate în cele trei stări de agregare: solid, lichid, gaz

- Corpurile aflate în **stare solidă** au formă și volum propriu; pot fi corpuri cristaline (sarea de bucătărie, cuarțul, grafitul, metalele) sau corpuri amorfe (ceara, sticla).
- Corpurile aflate în **stare lichidă** au volum propriu, nu au formă proprie, curg și sunt practic incompresibile, deoarece la suprafața liberă a lichidelor se manifestă forțe de tensiune superficială.
- Corpurile aflate în **stare gazoasă** nu au volum propriu, nu au formă proprie, sunt expansibile și compresibile. Gazele exercită o anumită presiune asupra corpurilor cu care vin în contact.

Forțele intermoleculare sunt de respingere la distanțe mici și de atracție la distanțe mari (este vorba despre distanțe de ordinul nm). Într-un gaz, forța repulsivă are în principal efectul de a împiedica două molecule să ocupe același volum. Cum distanțele dintre moleculele unui gaz sunt în general mari, forțele intermoleculare au un efect slab. Forța atractivă nu este învinsă de forța repulsivă, ci de agitația termică a moleculelor. Temperatura fiind măsura energiei termice, creșterea temperaturii reduce influența forței atractive. În schimb, forța repulsivă nu este afectată în mod esențial de temperatură. Când un gaz este comprimat, îi crește densitatea, iar influența forței atractive crește. Din acest motiv, dacă un gaz este suficient de dens, forțele de atracție pot deveni suficient de mari pentru a depăși tendința mișcării termice de a determina dispersarea moleculelor. În această situație, gazul poate condensa, schimbându-și starea de agregare, în stare lichidă sau solidă, în funcție de condițiile de mediu (presiune și temperatură) (figura 7).

7



Starea de agregare solidă. Între molecule se exercită forțe intermoleculare de valori mari. Majoritatea corpurilor aflate în stare solidă au o structură internă ordonată; pozițiile moleculelor se repetă periodic în spațiu, formează o structură cristalină. Distanțele intermoleculare sunt mici, de ordinul diametrului atomic/molecular. Moleculele au o mișcare de oscilație în jurul pozițiilor de echilibru.

Starea de agregare lichidă. Între molecule se exercită forțe intermoleculare de valori mici. Corpurile aflate în stare lichidă au o structură internă ce prezintă o ordine locală instabilă în timp. Distanțele intermoleculare sunt mici, de ordinul diametrului atomic/molecular. Moleculele au o mișcare de oscilație și de translație.

Starea de agregare gazoasă. Forțele intermoleculare au valori foarte mici și uneori pot fi neglijate. Corpurile aflate în stare gazoasă nu au o structură internă ordonată. Distanțele intermoleculare pot fi oricât de mari. Moleculele au o mișcare de rotație și de translație (mișcarea de translație fiind limitată doar de pereții vasului).

Aplic

1 Cui se datorează presiunea exercitată de un gaz asupra pereților vasului în care este închis?
2 O substanță se poate afla în toate cele trei stări de agregare: solid, lichid, gaz? Exemplifică.

PROIECT

Stări de agregare ale corpurilor întâlnite în viața cotidiană

Scopul proiectului
Identifică stările de agregare ale corpurile din viața de zi cu zi. Tema poate fi realizată individual sau în echipă.

Ce vei/veți face?
Vei/veți face un tabel cu stările de agregare și cu substanțele/corpurile din mediul înconjurător aflate în starea respectivă. În tabel vei/veți specifica și condițiile în care se află acestea (anotimp, climă, altitudine etc).

Ce vei/veți face?
Vei/veți explica importanța diverselor stări de agregare în viața cotidiană.

Cum vei/veți face?
1 Vei/veți analiza corpurile din mediul înconjurător.
2 Vei/veți face diferența dintre stările de agregare ale diferitelor corpuri observate.
3 Vei/veți prezenta colegilor rezultatele cercetării realizate și concluziile referitoare la importanța stărilor de agregare ale corpurilor din mediul înconjurător.

Cum vei/veți prezenta proiectul colegilor?
Vei/veți realiza o prezentare PowerPoint cu text, imagini, film.

Cum se evaluează proiectul?
Ce părere au colegii despre cele prezentate? Criterii: *calitatea documentării, selectarea informațiilor relevante, acuratețea prezentării*. Cere/cereți să ți/vi se acorde calificative, să ți/vi se pună întrebări și să ți/vi se facă sugestii.

Extindere: Transformări de stare


1

Observ

Identifică transformările de stare de agregare prezente în imaginile 1 – 3. Arată care este cauza transformărilor de stare identificate în imagini.

Concluzie

Gheața din paharele cu limonadă se va topi datorită fluxului de căldură transmis prin conducție, curenți de convecție și prin radiație termică. Apa din ibric fierbe primind căldură de la plită. Pe firele de iarbă s-a format brumă, din cauza temperaturii scăzute din timpul nopții, care a determinat ca vaporii de apă aflați în vecinătatea firelor de iarbă să se transforme în cristale de gheață.


2


3

Experimentez

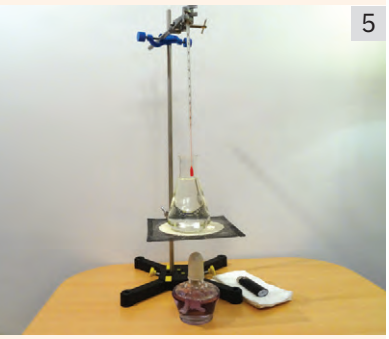
Transformări de fază

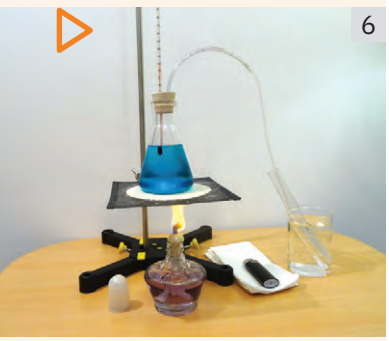
Materiale necesare: naftalină în eprubetă, pahar Erlenmayer cu apă, un termometru, un suport, o spirtieră, un chibrit, șervețele, un pahar Erlenmayer prevăzut cu dop, în care se pune un amestec de apă și alcool sanitar, un furtun pentru colectarea vaporilor, pahare Berzelius, o farfurioară/un cristalizor, o mască pentru gură și nas, ochelari de protecție.

Modul de lucru

1. **Încălzirea și topirea naftalinei.** Realizează montajul din figura 4, în care eprubeta cu naftalină este introdusă în paharul Erlenmayer cu apă. Utilizează o mască protectoare! Dă foc fitilului spirtierei (sub supravegherea profesorului sau a unui adult). Citește temperatura indicată de termometru la fiecare două minute. Înregistrează datele într-un tabel conceput de tine, în care notezi temperatura în funcție de timp, până când temperatura ajunge la 90 °C. Reprezintă grafic temperatura în funcție de timp, utilizând datele din tabel, și interpretează rezultatele.
2. **Fierberea apei.** Realizează montajul din figura 5. Dă foc fitilului spirtierei (sub supravegherea profesorului sau a unui adult). Citește temperatura indicată de termometru la fiecare două minute. Înregistrează datele într-un tabel în care să notezi temperatura în funcție de timp, până când temperatura ajunge la 100 °C. Reprezintă grafic temperatura în funcție de timp, utilizând datele din tabel, și interpretează graficul obținut.
3. **Distilarea alcoolului sanitar.** Realizează montajul din figura 6, apoi dă foc fitilului spirtierei (sub supravegherea profesorului sau a unui adult). Citește temperatura indicată de termometru din două în două minute. Înregistrează datele într-un tabel în care să notezi temperatura în funcție de timp, până când în vas rămâne jumătate din amestec. Formulează concluzii.


4


5


6

Reține

Transformarea stării termice este determinată de schimbul de căldură. Topirea, vaporizarea și sublimarea sunt procese termice care au loc cu absorbție de căldură, iar solidificarea, condensarea și desublimarea sunt procese termice ce au loc cu cedare de căldură. Căldura schimbată de un corp în timpul schimbării stării de agregare se numește **căldură latentă**.

Aplic

Reamintește-ți noțiunile învățate în clasa a VI-a și desenează o diagramă în care să evidențiezi stările de agregare (solid, lichid, gaz) și transformările de fază corespunzătoare. Pornind de la agitația termică și forțele intermoleculare, explică de ce în unele dintre fenomenele fizice identificate se primește căldură și în altele se cedează căldură.

Extindere interdisciplinară: Studiul schimburilor de căldură implicate de topirea gheții (călduri latente)

Observ

Comentează cu colegii imaginile 1 – 4. Care ar putea fi efectele schimburilor de căldură dintre corpuri? În ultimii ani se vorbește tot mai mult despre încălzirea globală. Identifică atât posibilele cauze ale încălzirii globale, cât și efectele acestui fenomen. Împreună cu colegii, gândește-te la soluții pentru stoparea încălzirii globale. Ce poate face fiecare dintre voi pentru a contribui la stoparea încălzirii globale?

Concluzie

Unul dintre efectele încălzirii globale este topirea calotelor glaciare și implicit creșterea nivelului Oceanului Planetar, care poate duce la inundarea unor teritorii și dispariția unor specii de animale. Un alt efect este deșertificarea unor zone geografice. Aceste schimbări climatice pot afecta negativ activitatea umană.

Experimentez

Topirea gheții

Materiale necesare: o spirtieră, un trepied, o sită, chibrituri, un pahar Berzelius, gheață, un termometru, șervețele.

Modul de lucru

- Scoate gheața din congelator, sparge-o și pune-o în paharul Berzelius; pune paharul pe sita de deasupra spirtierei și aprinde spirtiera (sub supravegherea profesorului).
- Citește temperatura indicată de termometru din două în două minute și înregistrează datele într-un tabel conceput de tine, în care să notezi temperatura în funcție de timp, până când temperatura ajunge la aproximativ 20 °C.
- Reprezintă grafic temperatura în funcție de timp, utilizând datele din tabel, și interpretează graficul obținut. Discută cu colegii și formulați o concluzie.

Reține

În timpul topirii, gheața primește căldură, numită **căldură latentă**. Căldura latentă absorbită în timpul topirii determină doar variația energiei potențiale a moleculelor, nemodificând temperatura, respectiv agitația termică.

Căldura latentă specifică se notează cu (λ) și este definită prin raportul dintre căldura latentă și masa corpului: $\lambda = \frac{Q}{m}$, $[\lambda]_{SI} = \frac{[Q]_{SI}}{[m]_{SI}} = \frac{\text{J}}{\text{kg}}$. În general, pentru o substanță aflată în aceleași condiții: $\lambda_{\text{topire}} = \lambda_{\text{solidificare}}$.

Aplic

1 Determină căldura absorbită de o bucată de gheață cu masa m = 200 g, căldura specifică c_g = 2 100 J/kg·K, aflată la temperatura t_1 = –20 °C, pentru a se transforma în apă la temperatura t_2 = 25 °C. Căldura specifică a apei este $c_{apă}$ = 4 200 J/kg·K.

2 În două vase identice se află mase egale de apă. Un vas conține apă rece, iar celălalt apă fierbinte. Vasele sunt scoase afară, unde temperatura măsurată în grade Celsius are valori negative. În care dintre vase apa va îngheța într-un timp mai scurt? Argumentează.

3 Temperatura aerului dintr-o cameră de volum V = 40 m³ este t_1 = 25 °C. În cameră se aduce un vas de capacitate calorică C = 400 J/K, ce conține o masă de gheață m = 500 g, la temperatura t_2 = –10 °C. Considerând sistemul izolat, căldura specifică a gheții c_g = 2 100 J/kg·K, căldura specifică a aerului c = 1 006 J/kg·K, densitatea medie a aerului ρ = 1,29 kg/m³, determină temperatura aerului din cameră la stabilirea echilibrului termic.

1


2


3


4


PORTOFOLIU

Încălzirea globală – consecințe și măsuri

Documentează-te utilizând biblioteca, site-uri de internet precum wikipedia.org sau alte surse de informații și identifică efectele încălzirii globale, cât și măsurile ce se impun. Scrie o lucrare pe această temă.

Extindere în tehnologie: Stabilirea temperaturii de echilibru în sisteme neomogene


1


2

Observ

În imaginea 1 se remarcă ceața care s-a format la suprafața unui lac, iar în imaginea 2, amestecul de gheață și apă în stare lichidă, rezultată din topirea gheții aflate în pahar.

Care crezi că sunt motivele pentru care s-a format ceața? Ce temperatură ar putea să aibă amestecul de apă și gheață?

Concluzii

Formarea ceții s-a datorat vaporilor de apă din apropierea suprafeței de apă din lac, care au condensat. Temperatura la suprafața apei din lac este practic aceeaşi cu a aerului şi a vaporilor de apă. Temperatura apei din pahar ar putea fi de 0,01 °C, dacă gheața a fost obținută din apă pură. În ambele situații, la echilibru termic, se regăsesc două stări de agregare ale aceleiaşi substanțe, apa.

Reține

În natură se întâlnesc numeroase situații de sisteme fizice (amestecuri) neomogene, care se află în echilibru; acestea pot fi considerate ca fiind alcătuite din subsisteme omogene numite faze. De exemplu, amestecul de apă şi gheață este un sistem neomogen, alcătuit din două faze: apa în stare lichidă şi gheață.

Experimentez

Umiditatea aerului

Materiale necesare: un smartphone, o aplicație care utilizează senzorii de temperatură și umiditate ai telefonului, un vas cu apă, un bol care să poată acoperi etanș telefonul și vasul.

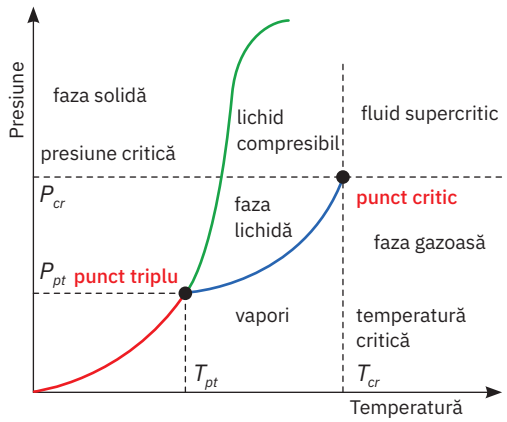
Modul de lucru: Cu ajutorul smartphone-ului, măsoară umiditatea relativă, în două situații: pentru aerul din cameră și pentru aerul aflat sub bolul cu care ai acoperit smartphone-ul. Realizează a doua măsurătoare după cel puțin un sfert de oră de la acoperirea smartphone-ului.

Concluzie

Pentru temperaturi aproximativ egale, cantitatea de vapori din aer este practic diferită. Vaporii rezultați prin evaporarea apei din vas sunt în echilibru termic cu apa. Astfel, cu toate că sistemul este neomogen, se poate vorbi de temperatura lui.

Reține

- Masa vaporilor de apă din aer poate fi mai mare sau mai mică, în funcție de temperatura şi de presiunea aerului, dar nu poate depăși o valoare maximă care corespunde unui procent de 100%.
- Figura alăturată este cunoscută sub numele de diagramă de fază presiune-temperatură Se remarcă cele trei faze, care vor fi în echilibru într-un singur punct, numit punct triplu. Pentru apă, acest punct corespunde temperaturii de 0,01 °C și presiunii mult mai mici de 101,325 kPa (aproximativ 613,3 Pa), la care există, în echilibru, apă lichidă, gheață și vapori. În zonele corespunzătoare fiecărei faze, sistemul fizic este omogen. Punctelor de pe curbe (care separă fazele) le corespund stări neomogene ale sistemului, în care acesta este format din două faze în echilibru. Dincolo de punctul critic, nu mai există nici fază lichidă, nici fază gazoasă; cele două faze se contopesc într-una singură, numită supercritică (fluid supercritic). În această fază, densitățile lichidului şi gazului sunt egale.



ȘTIAI CĂ?

Umiditatea

Umiditatea este cantitatea de vapori de apă conținută într-un volum de aer. Există trei moduri de a exprima umiditatea: umiditatea absolută, umiditatea relativă și umiditatea specifică. Umiditatea absolută este cantitatea de vapori de apă (în grame) conținută într-un volum de aer egal cu unitatea. Umiditatea relativă este raportul dintre presiunea parțială a vaporilor de apă în condițiile date și presiunea parțială a vaporilor în condiții de echilibru, la aceeași temperatură. Umiditatea relativă depinde de temperatură și presiune.

Extindere: Combustibili

Observ

Combustibilii fosili sunt utilizați pe scară largă în diverse activități, casnice și economice.
Identifică în imaginile 1 – 4 câteva utilizări ale combustibililor.
Având drept criteriu starea de agregare, elaborează o clasificare a combustibililor.
Găsește și alte criterii în funcție de care poți clasifica combustibilii.

Concluzie

Combustibilii se folosesc: în diverse procese tehnologice; carburant pentru autovehicule, nave fluviale și maritime, avioane etc.; la încălzirea locuințelor; pentru pregătirea alimentelor. În funcție de starea de agregare, putem clasifica combustibilii în: **a** combustibili solizi (lemn, cărbune etc.); **b** combustibili lichizi (motorină, benzină etc.); **c** combustibili gazoși (gaze naturale, gaz metan etc.). După modul de obținere, combustibilii sunt: naturali (lemn, cărbune, petrol etc); artificiali, obținuți în rafinării prin prelucrarea petrolului (benzină, motorină etc). Exemple de combustibili solizi: cocs, mangal, brichete de cărbune. Exemple de combustibili gazoși artificiali: gaze de rafinărie, gaz de cocserie, gaz de furnal.

Experimentez

Puterea calorică a unui combustibil

Materiale necesare: o spirtieră, o lampă cu gaz/lumânare, o sită, un trepied, un vas cu apă, o balanță, un pahar Berzelius, chibrituri, șervețele.

Modul de lucru

1 **Încălzirea apei.** Pune în paharul Berzelius 100 de grame de apă și măsoară temperatura. Cântărește spirtiera și aprinde fitilul (sub supravegherea profesorului). Potrivește flacăra astfel încât vârful acesteia să ajungă la sita de sârmă pe care este așezat paharul. Când apa s-a încălzit cu 10 °C, stinge flacăra și cântărește din nou spirtiera. Aruncă apa din pahar și pune acum 150 de grame de apă rece; repetă operațiile anterioare. Repetă măsurătoarea pentru o altă masă de apă rece, de 200 de grame. Înregistrează datele într-un tabel conceput de tine, prelucrează datele și formulează o concluzie.

2 **Combustibili diferiți.** Repetă procedeul anterior, utilizând, în locul spirtierei, o lampă cu gaz sau o lumânare. Înregistrează datele într-un tabel, prelucrează-le și formulează o concluzie.

Concluzie

Căldura obținută prin arderea alcoolului tehnic din spirtieră este direct proporțională cu masa de combustibil consumat. Pentru a încălzi cu aceeași variație de temperatură mase egale de apă, masele combustibililor folosiți sunt diferite. Deci, căldura obținută prin arderea unui combustibil depinde de natura combustibilului.

Reține

Combustibilii sunt substanțe care prin ardere degajă căldură și încălzesc corpurile din jur. Mărimea fizică ce caracterizează un combustibil este *puterea calorică*: $q = \frac{Q}{m}$, $[q]_{SI} = \frac{[Q]_{SI}}{[m]_{SI}} = \frac{\text{J}}{\text{kg}}$.

Aplic

1 Să presupunem că locuiești într-o zonă rurală, la munte. După ce criterii îți vei alege lemnele necesare pentru încălzirea locuinței?

2 Pentru încălzirea locuinței, familia ta folosește o centrală termică pe gaze naturale. Documentează-te și propune familiei tale măsuri pe care trebuie să le ia pentru economisirea combustibilului și pentru diminuarea poluării mediului înconjurător.

1


2


3


4


Puteri calorice pentru diferiți combustibili

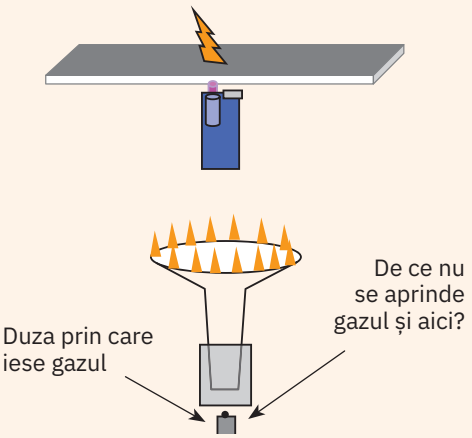
Combustibil	Puterea calorică (MJ/kg)
Alcool etilic	27
Alcool metilic	29
Benzină	46
Petrol	46
Petrol lampant	43,1
Cărbune brun	9,3 – 9,9
Cărbune mangal	29,7 – 33
Huilă	30,3
Lemn uscat	8,3 – 16,47
Gaz natural	35,5
Metan	39

Fizică aplicată

Experiment. Transmiterea căldurii

Materiale necesare: o bucată de pânză din bumbac întinsă pe un cadru, o brichetă, chibrituri.

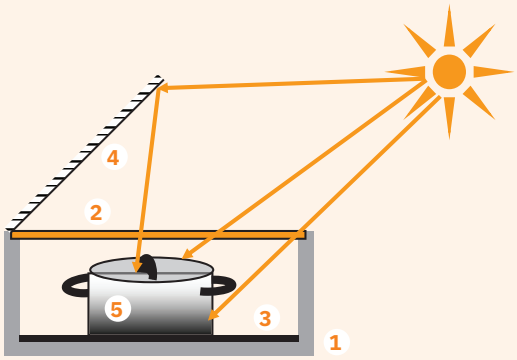
Modul de lucru: Sub bucata de pânză se pune bricheta din care iese gaz. Se aprinde gazul deasupra țesăturii și se deplasează bricheta. Se constată deplasarea flăcării pe pânză fără ca aceasta să se aprindă (vezi figura alăturată). Se poate solicita elevilor să urmărească construcția aragazului și să explice de ce nu se aprinde gazul sub arzător.



Explicație: Țesătura preia căldura, în acest fel gazul de sub aceasta nu ajunge la temperatura de aprindere. Pe baza acestui efect, Davy a inventat, în anul 1816, **lampa de iluminat**, folosită de către minerii care exploatau cărbune.

Transmiterea căldurii prin radiație termică. Cuptorul solar

Pe lângă captatoarele solare folosite pentru producerea apei calde menajere, se poate utiliza energia termică oferită de Soare și pentru prepararea alimentelor, utilizând un cuptor solar, prezentat schematic în figura alăturată. Acesta este alcătuit dintr-o cutie din material termoizolator (1), acoperită cu o placă (2) transparentă pentru radiația din infraroșu. În interiorul cutiei se așază o placă de culoare neagră (3). Pe o muchie a cutiei se pune o oglindă, ce poate fi rotită în funcție de poziția Soarelui, pentru a reflecta razele solare spre interiorul cutiei. Vasul (5) în care se introduce mâncarea este de preferat să aibă culoarea neagră.

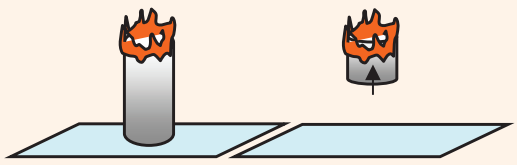


Dilatarea gazelor. Efectul de coș

Materiale necesare: un șervețel din hârtie, o bucată de pânză întinsă pe masă, chibrituri.

Modul de lucru: Se confecționează din șervețel un cilindru, se așază în poziție verticală pe fața de masă și se aprinde la partea superioară.

Explicație. Se constată că, înainte ca porțiunea ce arde să ajungă la fața de masă, aceasta se ridică brusc pe verticală și arde în aer. Acest lucru se datorează efectului de coș. Tubul desparte două straturi de aer care prezintă densități diferite. Diferența de presiune apărută între aerul exterior (mai dens) și aerul interior (mai ușor) face ca aerul interior să urce rapid. Acesta va fi presat de aerul rece ce pătrunde pe la partea inferioară a tubului. Efectul de coș este folosit pentru a asigura o circulație intensă a aerului în cuptoare: gazele rezultate prin ardere sunt conduse rapid în sus, astfel că prin partea inferioară a coșului pătrunde aer bogat în oxigen care întreține arderea.



Acest efect poate fi verificat și altfel: într-o scrumieră se arde hârtie și se obține în acest fel funingine. Un tub din sticlă termorezistentă se încălzește puternic și se aduce deasupra scrumului, la mică înălțime. Se constată că scrumul se ridică prin tub fiind antrenat de aerul cald ce urcă prin acesta. Principiul a fost folosit la construcția unei instalații de producere a energiei electrice, însă randamentul a fost foarte mic.

ȘTIAI CĂ?

Anomalia apei și navigarea în țările nordice



Suedezii s-au gândit să profite de comportarea deosebită a apei, pentru menținerea în stare de funcționare a căilor de navigație ale unor lacuri. Pentru ca apa de pe calea de navigație să nu înghețe în timpul lungilor ierni suedeze, au așezat pe fundul lacului furtunuri cu mici orificii în partea superioară, prin care se pompează aer comprimat. Aerul ce iese prin orificii antrenează apa de la fundul lacului, care are o temperatură de 4 °C, spre suprafața lacului, împiedicând formarea gheții.

Airbagul

Dacă pe o placă incandescentă se presară puțin azotat de natriu, se constată că în foarte scurt timp se dezvoltă o mare cantitate de gaz. (Din 70 de grame de substanță se produc, în câteva milisecunde, aproximativ 60 de litri de gaz.)
Aplicație. Această transformare rapidă de stare, solid – gaz, este folosită în construcția airbagurilor. În cazul unui impact, senzorii electronici sesizează apariția șocului și aprind patronul în care se află substanța (o combinație a azotului cu natriu) rezultând gazul care în câteva milisecunde umflă învelișul din material plastic în care se află.

Probleme rezolvate

1 Pentru determinarea căldurii specifice a unui corp metalic de masă m = 115,6 g, un elev pune într-un calorimetru de capacitate calorică C = 40 J/K o masă m_1 = 150 g de apă, la temperatura t_1 = 20 °C. El încălzește corpul până la temperatura t_2 = 100 °C și îl introduce repede în calorimetru. Când sistemul a ajuns la echilibru termic, el citește temperatura t = 25 °C. Determină căldura specifică și realizează diagrama calorimetrică [$t = f(Q)$].

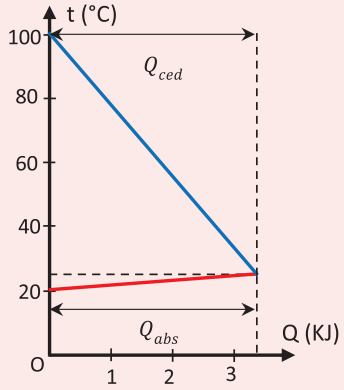
Rezolvare

Considerând că nu există pierderi de căldură, ecuația calorimetrică este: $|Q_{cedat}| = Q_{primit}$.

Corpul metalic, având temperatura mai mare, va ceda căldură, până la stabilirea echilibrului termic, calorimetrului (împreună cu accesoriile acestuia: agitator și termometru) și apei: $|Q_{cedat}| = mc_x(t_2 - t)$.

Calorimetrul și apa din el absorb căldura dată de relația: $Q_{abs} = C(t - t_1) + m_1c_{apă}(t - t_1) = (t - t_1)(C + m_1c_{apă})$.

Introducem expresiile celor două călduri în ecuația calorimetrică $mc_x(t_2 - t) = (C + m_1c)(t - t_1)$, de unde obținem: $c_x = \frac{(C+m_1c)(t-t_1)}{m(t_2-t)}$; c_x = 385 J/kg·K.



2 Un elev pune o bucată de gheață cu masa m = 0,2 kg și temperatura t_1 = –10 °C într-un vas de capacitate calorică neglijabilă, apoi îl pune pe un încălzitor. Bucata de gheață trece prin mai multe procese termice în care absoarbe căldura Q = 245,6 KJ. Determină temperatura finală și starea conținutului din vas și reprezintă diagrama calorimetrică. Pentru rezolvarea problemei trebuie să alegi constantele de care ai nevoie dintre următoarele: căldura specifică a gheții c_g = 2 100 J/kg·K, temperatura de topire a gheții t_0 = 0 °C, căldura specifică a apei $c_{apă}$ = 4 200 J/kg·K, căldura latentă specifică de topire a gheții λ_g = 335 KJ/kg și căldura latentă specifică de vaporizare a apei λ_v = 2260 KJ/kg, temperatura de vaporizare a apei t_v = 100 °C.

Rezolvare

Calculăm căldura absorbită de gheață în procesul de încălzire până la temperatura de topire: $Q_1 = mc_g(t_0 - t_1)$ = 4,2 KJ. Cum $Q_1 < Q$, rezultă că gheața se poate topi parțial sau integral.

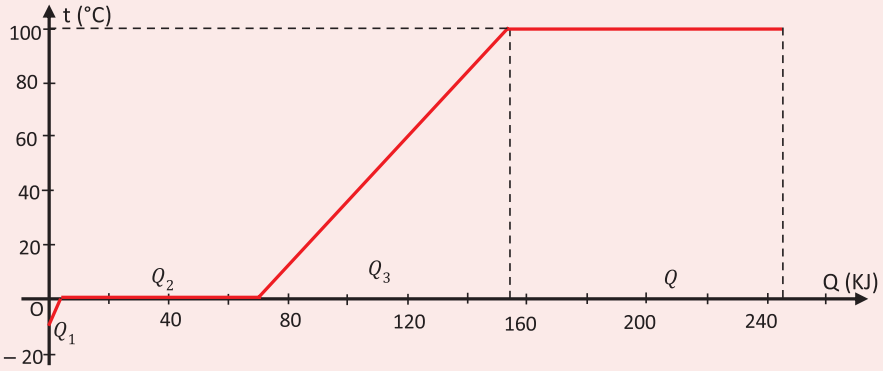
Calculăm căldura absorbită de gheața aflată acum la temperatura de topire, pentru a se topi: $Q_2 = m\lambda_g$ = 67 KJ, cum $Q_1 + Q_2 < Q$, rezultă că apa rezultată din topirea gheții se poate încălzi.

Calculăm căldura necesară apei pentru a ajunge la temperatura de vaporizare (fierbere): $Q_3 = mc_a(t_v - t_0)$ = 84 KJ. Calculăm suma $Q_1 + Q_2 + Q_3$ = 155,2 KJ < Q, *și* observăm că apa ajunsă la temperatura de vaporizare se poate vaporiza parțial sau total.

Calculăm căldura absorbită de apa aflată acum la temperatura de fierbere, pentru a se vaporiza: $Q_4 = m_v\lambda_v$ = 452 KJ. Cum numai $Q_4 > Q$, rezultă că apa se vaporizează numai parțial.

Calculăm acum masa de apă ce se vaporizează: $Q - (Q_1 + Q_2 + Q_3) = m_v\lambda_v$, de unde obținem $m_v = \frac{Q-(Q_1+Q_2+Q_3)}{\lambda_v} = 40$ g.

Vasul conține $M = m - m_v$ = 160 g de apă la temperatura t_v = 100 °C. Diagrama calorimetrică este reprezentată în figura alăturată.



Probleme propuse

PORTOFOLIU

Realizează un scurt eseu cu tema: „Surse alternative de energie regenerabilă“, plecând de la imaginile de mai jos.











Pentru rezolvarea problemelor următoare va trebui să cauți constantele termice necesare.

1 Temperatura unui corp este de 100 °F. Exprimă această temperatură în grade pe scara Celsius și în grade pe scara Kelvin.

2 Un corp aflat la temperatura de 0 °C este încălzit până când temperatura lui se dublează. Calculează temperatura finală a corpului; exprim-o în grade Celsius și în grade Kelvin.

3 O pilotă nouă izolează termic mai bine decât una veche. Cum explici?

4 Cum se transmite căldura între două corpuri aflate în vid?

5 Cum poți identifica sensul de curgere a apei printr-o conductă metalică, fără a tăia conducta?

6 În imaginea alăturată este reprezentată o secțiune printr-o ramă de termopan. Cum explici o astfel de soluție tehnică? De ce este o fereastră de acest tip mai eficientă decât una clasică, cu două rânduri de cercevele?



7 Nisipul de pe plajă are temperatura mai ridicată decât apa mării, deși sunt expuse la Soare în aceleași condiții. Cum explici?

8 Un lichid fierbe în condiții normale la temperatura t_1. Cum trebuie procedat pentru ca lichidul să fiarbă la o temperatură $t_1 < t_2$?

9 Un termometru își mărește temperatura de la t_1 la t_2 când este introdus într-un calorimetru de capacitate calorică C care conține o masă de apă m, la temperatura t. Determină capacitatea calorică a termometrului.

10 Un calorimetru de capacitate calorică $C = 40$ J/K conține o masă de apă $m_1 = 200$ g la temperatura $t_1 = 15$ °C. În calorimetru se introduce o sferă din aluminiu cu masa $m_2 = 300$ g și temperatura $t_2 = 90$ °C. Determină temperatura de echilibru termic.

11 Într-un calorimetru de capacitate calorică neglijabilă se amestecă apă rece cu temperatura $t_1 = 15$ °C și apă caldă cu temperatura $t_2 = 85$ °C. Știind că masa de apă obținută, $m = 400$ g, are temperatura $t = 45$ °C, determină masele de apă rece și caldă.

12 Un calorimetru de capacitate calorică $C = 200$ J/K conține $m_1 = 200$ g de apă la temperatura $t_1 = 50$ °C. În calorimetru se introduce un corp din plumb de masă $m_2 = 500$ g și temperatura $t_2 = 20$ °C. Determină temperatura de echilibru.

13 Determină căldura necesară unei mase $m = 400$ g de gheață, aflate la temperatura $t_1 = -15$ °C, pentru a obține apă la temperatura $t_2 = 80$ °C.

14 Într-un calorimetru de capacitate calorică $C = 60$ J/K, care conține apă la temperatura $t_1 = 25$ °C, se introduce gheață la temperatura $t_2 = -20$ °C. După stabilirea echilibrului termic, în calorimetru se află doar apă la temperatura $t_0 = 0$ °C. Calculează masa de gheață ce a fost introdusă în calorimetru.

15 Un calorimetru de capacitate calorică $C = 100$ J/K conține mase egale $m = 100$ g de apă și gheață. Calculează căldura necesară pentru ca în calorimetru în final să fie $m = 100$ g de apă la temperatura $t = 100$ °C.

16 Un elev a introdus un vas cu apă la temperatura $t_1 = 20$ °C într-o ladă frigorifică cu capac transparent și a constatat că după $\tau_1 = 20$ min apa a ajuns la temperatura $t_2 = 0$ °C. După încă $\tau_2 = 80$ min, apa s-a solidificat integral. Determină căldura latentă specifică de solidificare a apei.

Test

I Stabilește care dintre următoarele afirmații sunt adevărate (A) și care sunt false (F). Unde consideri că afirmația este falsă, înlocuiește cuvântul scris italic, astfel încât afirmația să devină adevărată.

a Două corpuri sunt în echilibru termic *când* au aceeași temperatură.

b Căldura transferată printr-un perete este *independentă* de aria peretelui.

c În timpul transformărilor de stare de agregare se modifică *doar* energia potențială a moleculelor.

d În timpul schimbării stării de agregare la presiune constantă, temperatura amestecului este *variabilă*.

e Căldura este transmisă prin radiații *numai* în prezența unui mediu între sursă și receptor.

f Temperatura este o mărime fizică *de proces*, ce descrie o stare de echilibru termic.

II Răspunde la următoarele întrebări:

1 Ce pun în evidență experimentele de difuziune și mișcarea browniană?

2 Apa fierbe la aceeași temperatură pe vârful a doi munți de înălțimi diferite, aflați în apropiere? De ce?

3 Când începe să ningă se face mai cald decât înainte. De ce?

4 Cum se modifică energia cinetică a moleculelor la schimbarea stării de agregare a unei substanțe?

5 Vara, când este foarte cald, suportăm mai ușor căldura dacă aerul este uscat decât atunci când aerul este cald, însă umed. De ce?

6 Mâna umedă se lipește de clanța de metal a ușii când afară este ger. De ce?

III La fiecare dintre întrebările următoare, doar unul dintre răspunsurile oferite este corect. Alege acest răspuns.

1 Într-un calorimetru de capacitate calorică neglijabilă se amestecă apă rece cu temperatura t_1 = 20 °C cu apă caldă cu temperatura t_2 = 60 °C. Dacă temperatura de echilibru este t = 50 °C, raportul maselor de apă caldă și apă rece este:
a 1,2; **b** 1,25; **c** 2,5; **d** 3.

2 Un calorimetru conține 200 de grame de apă ($c_{apă}$ = 4 180 J/kg·K), la temperatura de 20 °C. Pentru încălzirea calorimetrului până la temperatura de 70 °C este necesară căldura Q = 44,3 KJ. Capacitatea calorică a calorimetrului este:
a 8,86 J/K; **b** 8,36 J/K; **c** 50 J/K; **d** 0,05 J/K.

IV Rezolvă următoarele probleme:

1 Pentru încălzirea apei ($c_{apă}$ = 4 180 J/kg·K) cu Δt = 80 °C se folosește o instalație de încălzire în care se arde o masă m = 6,2 g de alcool etilic, cu puterea calorică q = 27 MJ/kg. Știind că pierderile de căldură sunt de 40%, determină masa de apă care a fost încălzită.

2 Într-un calorimetru de capacitate calorică C = 100 J/K se află în echilibru termic mase egale de apă și gheață. Căldura absorbită pentru a aduce conținutul calorimetrului la temperatura t = 50 °C este Q = 112,95 KJ. Calculează masa de gheață aflată inițial în calorimetru. Se cunosc: temperatura de topire a gheții t_0 = 0 °C, căldura specifică a apei $c_{apă}$ = 4180 J/kg·K, căldura latentă specifică de topire a gheții λ_g = 335 KJ/kg.

Punctaje:
I 3 puncte (6 × 0,5 p)
II 3 puncte (6 × 0,5 p)
III 1 punct (2 × 0,5 p)
IV 2 puncte (2 × 1 p)

Punctaj total:
10 de puncte
Se acordă 1 punct din oficiu.
Timp de lucru: 50 min.

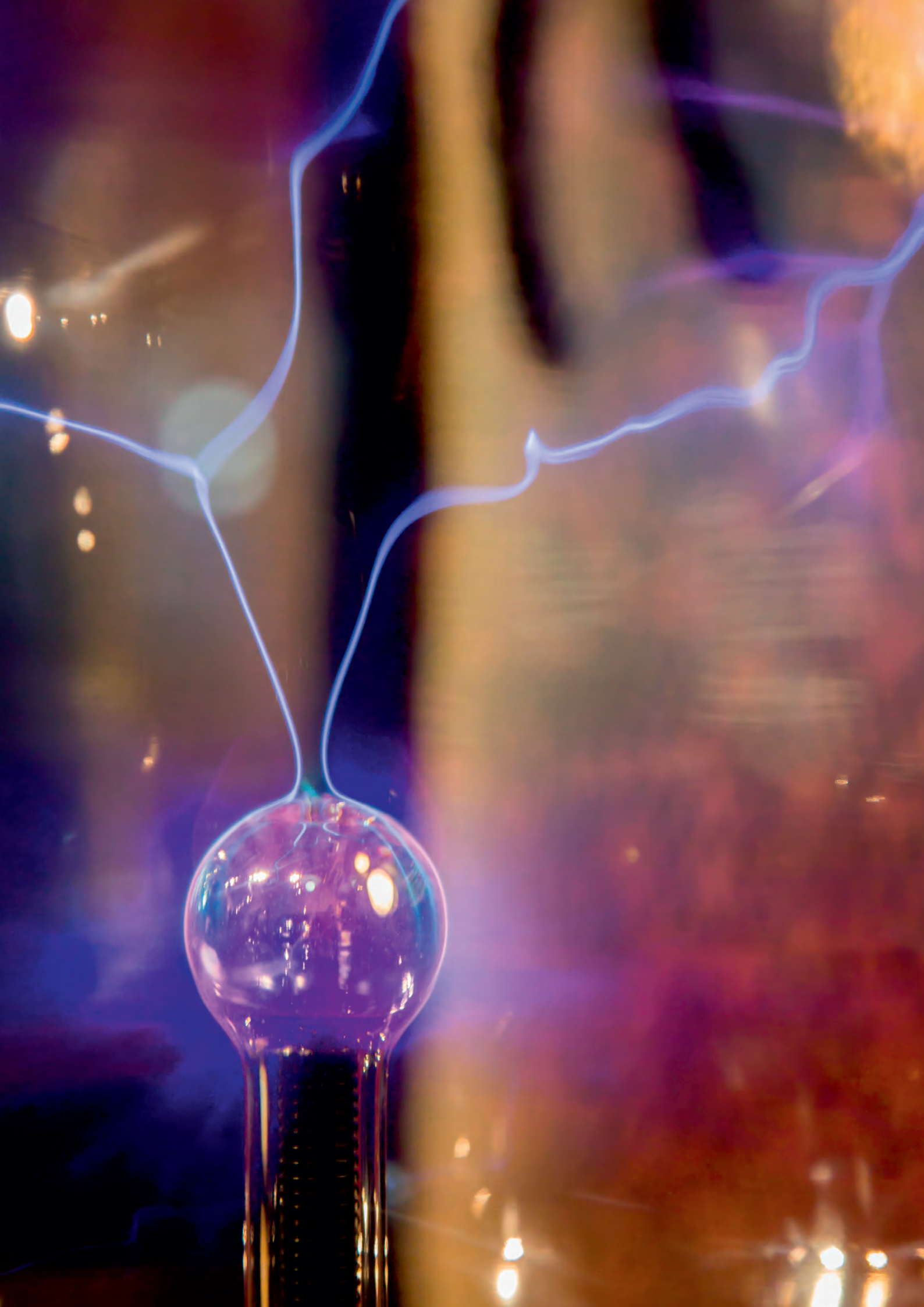
Autoevaluare

Completează în caiet următoarele afirmații:
- Din ce am învățat, cel mai important mi se pare ... .
- Cel mai mult mi-a plăcut activitatea ... .
- Cel mai dificil mi s-a părut ... .

U2

Fenomene electrice și magnetice

Lecția 1	36	Electrizarea, sarcina electrică
Lecția 2	38	Interacțiunea dintre corpurile electrizate
Lecția 3	40	Legea lui Coulomb (identificarea experimentală a mărimilor care influențează forța electrică)
Lecția 4	44	Circuite electrice. Componentele unui circuit. Generatoare electrice
Lecția 5	46	Tensiunea electrică. Intensitatea curentului electric
Lecția 6	47	Instrumente de măsură: ampermetrul, voltmetrul, ohmmetrul, wattmetrul, multimetrul
Lecția 7	49	Tensiunea electromotoare
Lecția 8	50	Rezistența electrică
Lecția 9	51	Legea lui Ohm pentru o porțiune de circuit
Lecția 10	52	Legea lui Ohm pentru întregul circuit
Lecția 11	53	Gruparea rezistoarelor
Lecția 12	55	Extindere: Teoremele lui Kirchhoff
Lecția 13	57	Gruparea generatoarelor identice (studiu experimental)
Lecția 14	59	Energia și puterea electrică
Lecția 15	61	Legea lui Joule
Lecția 16	62	Extindere: Efectul chimic al curentului electric. Electroliza
Lecția 17	64	Extindere: Transferul de putere într-un circuit electric simplu de curent continuu
Lecția 18	66	Studiul experimental (calitativ) al efectului magnetic. Electromagneții
Lecția 19	68	Forța exercitată de un electromagnet în funcție de intensitatea curentului și parametrii constructivi ai bobinei
Lecția 20	70	Forța electromagnetică – aplicații
Fizică aplicată	72	Precizia instrumentelor de măsură pentru circuitul electric • Fenomenul de inducție electromagnetică
Probleme rezolvate	73	
Probleme propuse	74	
Test. Autoevaluare	75	



ȘTIAI CĂ?

Fenomenele electrice naturale (de exemplu, descărcările atmosferice din timpul furtunilor) au stârnit curiozitatea oamenilor încă din cele mai vechi timpuri. Grecii antici au observat proprietatea chihlimbarului (*electron*, în limba greacă) de a atrage bucățele de iarbă uscată dacă este frecat cu o bucată de blană. Pe la mijlocul secolului al XVII-lea a fost introdus în știință termenul „electricitate“, iar în 1752 Benjamin Franklin a descoperit, folosind un zmeu în timpul unei furtuni, că trăsnetele sunt descărcări electrice. În zilele noastre electricitatea ocupă un rol determinant în activitățile umane.



O bucată de rășină fosilizată: chihlimbar

Electrizarea, sarcina electrică

Observ

Pentru a înțelege fenomenele electrice, ai nevoie de câteva obiecte cu care se pot realiza experimente edificatoare: bile din polistiren (simple și acoperite cu folie din aluminiu), balonașe umflate, baghete sau tuburi din metal, sticlă și ebonită (sau un material plastic comun), o bucată de blană sintetică (figura 1).

Atenție! *Pentru ca experimentele de electrostatică să reușească, trebuie să ai grijă ca obiectele utilizate, dar și mediul în care lucrezi să fie foarte uscate.*

Freacă ușor un balon cu blana artificială și separă-le (figura 2). Apoi apropie lent blana de balon. Repetă experimentul, dar freacă cele două obiecte mai intens. Apropie de bucățele mici de hârtie pe rând blana și balonul. Descrie ce observi în fiecare situație.

1



Concluzii

Din experimentul realizat rezultă că forța de interacțiune dintre corpurile electrizate depinde de intensitatea procesului de electrizare (de mărimea sarcinii acumulate prin frecare) și de distanța dintre corpurile electrizate. Se mai observă că: un corp electrizat interacționează și cu corpuri care nu sunt încărcate electric; starea de electrizare dispare lent, fără intervenție din exterior (neutralizare sau descărcare electrică); dacă atingem cu mâna un corp electrizat sarcina lui dispare instantaneu.

Descărcările electrice sunt uneori foarte violente. Ați observat poate, în timpul furtunilor atmosferice, apariția unor descărcări electrice între nori și sol (trăsnet), dar și între doi nori (fulger).

2



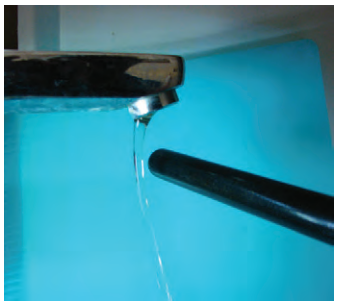
Reține

Prin frecarea reciprocă a celor două corpuri, acestea capătă o proprietate pe care nu au avut-o până atunci. Numim noua proprietate fizică a corpurilor **stare de electrizare**. Corpurile aflate în această stare sunt **corpuri electrizate**, iar procesul prin care au devenit electrizate se numește proces de **electrizare**. Mărimea fizică scalară aleasă ca măsură a stării de electrizare poartă numele de **sarcină electrică** și este notată de regulă cu q (sau Q). Unitatea de măsură pentru sarcina electrică este: $[q]_{SI}$ = 1 C (coulomb).

Experimentez

1 Bagheta electrizată și apa

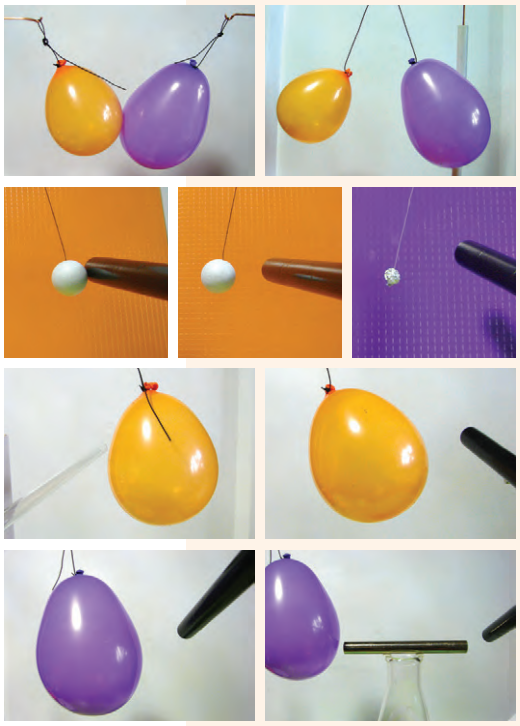
Freacă o baghetă din plastic de blana sintetică și apropie bagheta de un fir subțire de apă de la un robinet. Vei vedea că jetul de apă deviază la trecerea pe lângă bagheta electrizată.



Concluzie

Fenomenele electrice se manifestă în mediile solide, lichide și gazoase. Altfel spus, au caracter universal. Cunoașterea legilor în care sunt implicate sarcini electrice a dus la dezvoltarea fără precedent a științei, tehnicii și la progresul tehnologic.

2 Baloane și pendul electrostatic



Am văzut că, la electrizarea prin frecare, cele două corpuri electrizate se atrag reciproc. În imaginile alăturate sunt prezentate două baloane electrizate: în stânga se atrag, în dreapta se resping! Rezultă în mod necesar că există cel puțin două stări de electrizare! Vom aprofunda aceste fenomene.

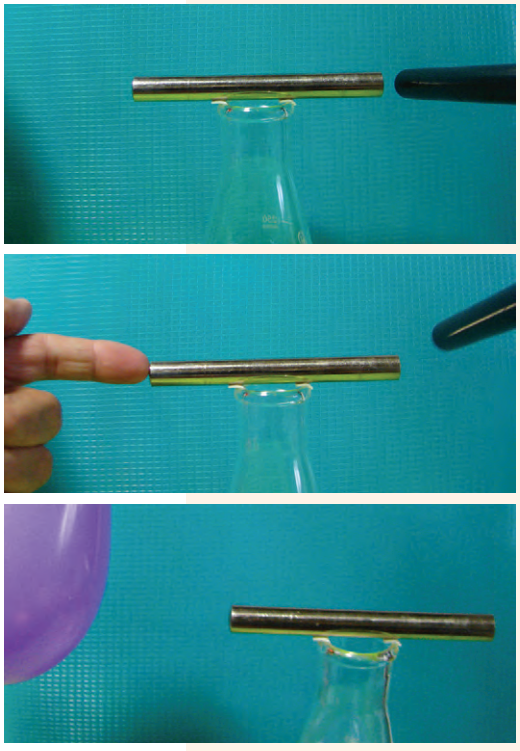
Folosește un pendul electric cu bila din polistiren și o baghetă din ebonită. Electrizează bagheta prin frecare cu blana artificială și apropie-o de bilă. Observi că bila este atrasă de baghetă. Menține contactul cât timp se poate. La un moment dat, bila este respinsă de baghetă! Dacă este folosită o bilă cu înveliș metalic, se petrece același fenomen, doar că respingerea este instantanee! Aceleași manifestări se observă și dacă se utilizează o baghetă de sticlă.

Electrizează un balon și două baghete diferite. Apropie baghetele pe rând de balon. Ce observi?

Concluzie

Există două tipuri de sarcini electrice (rezultate prin frecarea de același material a ebonitei, respectiv a sticlei); prin frecare, corpurile se electrizează diferit și se atrag; prin contact, corpurile se electrizează la fel și se resping.

3 Corpuri electrizate



Iată un alt experiment interesant! O baghetă de ebonită electrizată atrage un balon electrizat (vezi figurile alăturate). Între baghetă și balon se interpune o bară metalică, iar balonul este din nou atras, ca și cum capătul dinspre balon al barei metalice ar fi electrizat la fel ca bagheta de ebonită. Dacă se îndepărtează bagheta de ebonită, balonul nu mai este atras. Acest aspect nu se observă la substanțe precum sticla sau ebonita, unde sarcinile produse prin electrizare sunt localizate. Un corp la care, dacă apare o modificare electrică într-un punct, apar modificări electrice în toate punctele lui se numește conductor electric. Sunt cunoscute ca fiind conductoare electrice metalele, soluțiile ionice, gazele ionizate etc. Ebonita, sticla, majoritatea materialelor plastice sunt izolatoare.

Să acordăm atenție următoarelor experimente, pentru care folosim obiectele de la experimentul anterior.

Pasul 1: se apropie bagheta de ebonită electrizată prin frecare de un capăt al tijei metalice neutre, fără a atinge tija.

Pasul 2: se atinge cu degetul capătul opus al tijei.

Pasul 3: se îndepărtează întâi degetul, apoi bagheta de ebonită.

Pasul 4: se apropie balonul electrizat de tijă. Se observă că este respins, deci tija metalică a fost încărcată electric cu sarcină diferită de aceea a baghetei de ebonită.

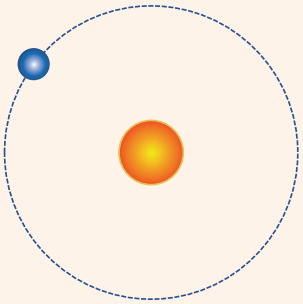
Aceasta este electrizarea prin influență: un corp este electrizat fără să fie atins de un alt corp electrizat și fără frecare.

Reține

Electrizarea corpurilor se poate face prin frecare, prin contact sau prin influență. Din experiența științifică de secole rezultă că există doar două tipuri de sarcini electrice. Prin convenție, s-a acceptat ca sarcina cu care se electrizează sticla prin frecare să fie denumită sarcină pozitivă, iar sarcina obținută pe ebonită prin frecare să fie denumită sarcină negativă. *Corpurile electrizate cu sarcini de semn contrar se atrag electric, iar cele cu sarcină de același semn se resping.*

ȘTIU DEJA

Atomii și moleculele



Un model atomic

În 1897, fizicianul J.J. Thomson, prin studiul descărcărilor electrice în gaze, a descoperit o particulă foarte mică, purtătoare de sarcină electrică negativă, pe care a numit-o electron. Deoarece atomul este neutru din punct de vedere electric, s-a ajuns la concluzia că atomul trebuie să conțină și entități încărcate pozitiv. Cercetările realizate de E. Rutherford au condus la ideea de model atomic planetar: în centrul atomului se află un nucleu pozitiv, iar electronii se mișcă în jurul acestuia. Nucleul este constituit din protoni și neutroni.

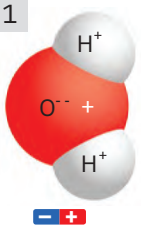
Sarcina electronului este egală în modul cu sarcina protonului; aceste sarcini se numesc elementare. Orice corp poate avea ca sarcină electrică numai un multiplu întreg al sarcinii elementare. De exemplu, orice atom al elementelor din tabelul periodic are în nucleu un număr de Z protoni și în jurul nucleului un număr de Z electroni, unde Z este numărul de ordine al elementului din tabel. Așadar sarcina electrică a unui atom este $Q = Q_p + Q_e = Z(e) + Z(-e) = 0$.

Interacțiunea dintre corpurile electrizate

Observ

Corpurile izolatoare sunt alcătuite din molecule complexe, care pot constitui dipoli electrici. Pentru a înțelege acest concept, privește molecula de apă, formată din doi atomi de hidrogen și un atom de oxigen. Analizează figura 1 și observă poziția centrului sarcinilor pozitive în raport cu centrul sarcinilor negative. Explică ce reprezintă un dipol.

1



Concluzie

În figura 1 se vede că centrul sarcinilor pozitive nu coincide cu cel al sarcinilor negative, ceea ce conduce la constituirea moleculei într-un dipol electric, simbolizat sub imaginea moleculei de apă.

Reține

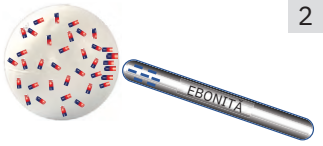
Din punct de vedere electric, există *corpuri conductoare* și *corpuri izolatoare* (sau dielectrice). În corpurile conductoare, o parte dintre electronii periferici ai atomilor se află în mișcare continuă în toată masa corpului. O sarcină electrică ce ajunge pe o zonă a corpului se răspândește uniform în întregul corp (nu este localizată).

Experimentez

1 Polistirenul și ebonita

Materiale necesare: baghetă din ebonită, bilă din polistiren, folie din aluminiu.

2



3



Modul de lucru

- În figura 2 se observă o baghetă de ebonită electrizată, apropiată de o bilă de polistiren, care este izolator.
- Observă ce se întâmplă dacă, după frecarea baghetei cu blana, bagheta este apropiată de bila de polistiren. Explică fenomenul observat.
- Apropie bagheta din ebonită de o bilă acoperită cu folie metalică și observă ce se întâmplă. Explică.
- Analizând fenomenele observate și noțiunile recapitulate anterior, desenează și explică interacțiunea dintre o baghetă de sticlă și cele două bile ale unor pendule electrostatice.

Concluzie

Prin frecarea cu blana, unii electroni de pe blană au trecut pe ebonită, rămânând grupați în zona frecată, unde au format o sarcină negativă semnificativă. Prin apropiere de bila de polistiren, o parte dintre moleculele polare din bilă, din apropierea suprafeței bilei, care nu erau orientate ordonat, s-au orientat cu polul pozitiv al dipolului către bagheta cu sarcină negativă, constituind o sarcină pozitivă semnificativă. Conform celor deja cunoscute, cele două sarcini macroscopice de semn contrar se atrag, rezultând și atragerea bilei către baghetă.

Dacă apropiem bagheta de ebonită de o bilă cu înveliș metalic, așa ca în figura 3, electronii liberi din metal, cei mai apropiați de baghetă, sunt respinși aproape instantaneu, astfel încât pe ansamblu se creează o sarcină pozitivă semnificativă în partea dinspre baghetă a bilei și una negativă în partea opusă, sarcinile nete fiind egale în modul. Deoarece sarcina pozitivă este mai aproape de bagheta electrizată negativ, bila va fi atrasă de baghetă.

Dacă bagheta de ebonită atinge pe fiecare dintre cele două bile, o parte dintre electronii aflați în exces pe baghetă trec pe bile, care devin încărcate cu aceeași sarcină ca și bagheta (negativă); în final corpurile se vor respinge.

2 Electroscopul

Materiale necesare: Pentru studierea fenomenelor legate de electrizare este foarte util un dispozitiv numit electroscop. Există multe tipuri de electroscop, dar toate au aceleași elemente principale, prezentate în figura 4. Bila, tija, carcasa și lamelele sunt metalice, iar suportul este izolator. Lamelele se pot mișca în jurul punctelor de suspendare.

Modul de lucru

- Electrizează prin frecare mai multe baghete din materiale diferite (ebonită, sticlă, plexiglas etc.) și apropie-le succesiv de bila electroscopului.
- Electrizează pozitiv un electroscop și apoi electrizează prin frecare diferite corpuri din laborator, apoi determină sarcina acumulată pe corpuri. Realizează un inventar al corpurilor studiate.
- Explică electrizarea prin contact utilizând o baghetă de sticlă electrizată prin frecare.
- Descrie fenomenele observate și explică aceste procese, plecând de la noțiunile de electrizare și noțiunea de atom, electron etc.

Concluzie

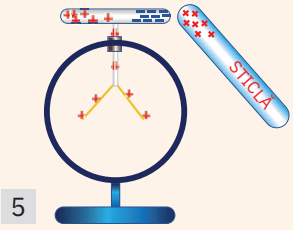
Apropiind baghetele electrizate de bila electroscopului, lamelele acestuia se depărtează. Dacă o baghetă este electrizată, atunci ea are mai multă sarcină electrică de un anume semn; prin contactul cu bila electroscopului, se va produce o uniformizare a sarcinii electrice de același semn, pentru partea metalică a electroscopului. Astfel, lamelele se vor electriza cu sarcini electrice de același semn și din acest motiv se vor respinge.

Am văzut cum se încarcă electric prin influență o tijă metalică. Iată explicația electronică.

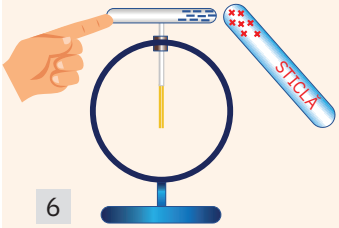
Când apropiem (fără să atingem) bagheta de sticlă (electrizată prin frecare) de un capăt al unei bare metalice, care a fost montată în locul bilei electroscopului, o parte dintre electronii liberi din porțiunile metalice se aglomerează în apropierea baghetei cu sarcină pozitivă (figura 5). Păstrând poziția baghetei, atingem cu un deget capătul opus al barei: sarcinile pozitive sunt „neutralizate“ de electronii proveniți din corpul nostru (figura 6). Acum îndepărtăm întâi degetul și apoi și bagheta de sticlă. Sarcinile negative venite din exterior se vor împrăștia în toată zona metalică, ca în figura 7.



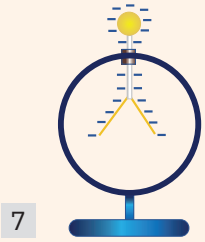
4



5



6


7

Reține

- **Electrizarea** este procesul prin care un corp neutru devine **corp cu sarcină electrică netă**.
- Prin convenție, s-a decis că **sticla** se electrizează **pozitiv** și **ebonita**, **negativ**.
- Atomul conține electroni, care au sarcină electrică negativă, și protoni, care au sarcină electrică pozitivă. Sarcinile electrice ale ambelor particule au cea mai mică valoare numerică, numită **sarcină elementară**.
- Orice corp poate avea ca sarcină electrică un multiplu întreg de sarcini elementare.
- O proprietate generală a substanței este că ea conține entități care poartă sarcini electrice. Corpurile aflate în interacțiune pot schimba purtători de sarcină electrică.
- Corpurile încărcate cu **sarcini de același semn se resping**, iar cele încărcate cu **sarcini de semne contrare se atrag**.

Aplic

1 Un nucleu de carbon are masa de aproximativ $m_c \cong 20 \cdot 10^{-27}$ kg. Câți neutroni are nucleul?
2 Calculați sarcina electrică a nucleului de oxigen.
3 Calculați sarcina electrică a unui atom de titan. Este adevărat că această sarcină este egală cu aceea a atomului de indiu? Justificați răspunsul.
4 Evaluați sarcina electrică totală a unui ion provenit dintr-un atom de azot care a pierdut doi electroni.
5 Când ne scoatem pulovărul, este posibil să apară unele mici scântei (descărcări electrice). S-a constatat că sarcina electrică transferată ar putea fi $Q = 3{,}2 \cdot 10^{-9}$ C pentru o mică scânteie. Câți electroni au traversat mediul în timpul descărcării electrice?

ȘTIAI CĂ?

Generatoarele electrostatice sunt de obicei utilizate pentru a observa în siguranță fenomenul de electrizare și forțele electrice. Un generator electrostatic poate produce tensiuni electrice înalte, care sunt utilizate pentru o varietate de aplicații practice, cum ar fi tuburi cu raze X, acceleratoare de particule, spectroscopie, aplicații medicale, sterilizarea alimentelor și experimente de fizică nucleară. Generatoare electrostatice, cum ar fi generatorul Van de Graaff, sunt de folos în cercetarea fenomenelor fizice.
În 1878, inventatorul britanic James Wimshurst a realizat o mașină electrostatică relativ simplă, compusă din două discuri izolate și fixate pe un scripete, care le permite să se rotească în sensuri opuse. Discurile au mici plăcuțe metalice pe părțile orientate spre exterior, două perii cu capăt dublu care produc electrizarea, două perechi de colectoare de sarcină electrică, două borcane Leyda care stochează sarcina electrică, o pereche de electrozi între care se poate obține un arc electric (vezi imaginea de mai jos).



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

Observ

Până acum am studiat tipul de sarcini electrice și modul în care interacționează corpurile electrizate. Fizicienii au aprofundat cercetările și au descoperit legi importante pentru știință și tehnică. Pentru aceasta au inventat aparate care produc sarcini electrice mai mari și care se mențin pe corpurile electrizate mai mult timp. Un astfel de aparat este generatorul electrostatic cu bandă, inventat de fizicianul american Robert J. Van de Graaff în anul 1931. Aparatul de laborator din figura 1 funcționează astfel: o bandă din material plastic acționată mecanic din exterior este electrizată în partea de jos și transportă sarcini electrice la sfera metalică superioară mare, care se încarcă pozitiv. Partea de jos a aparatului este legată la pământ și la o sferă metalică mică, prevăzută cu mâner izolator.

1


Identifică în imaginea alăturată elementele componente ale aparatului și explică modul de funcționare al acestuia. **Atenție!** Pericol de electrocutare! Lucrați sub supravegherea unui adult!

Concluzie

Sistemul poate produce o electrizare puternică a celor două sfere metalice, cu sarcini electrice foarte mari care pot determina descărcări electrice între cele două sfere, chiar dacă se află la distanțe relativ mari, de 10 centimetri una de alta.

Experimentez

Interacțiuni electrostatice

Materiale necesare: generator Van de Graaff, pendul electrostatic, riglă, raportor.

Modul de lucru

- Pune în funcțiune generatorul și electrizează bilele.
- Electrizează, prin contact cu sfera generatorului electrostatic, bila unui pendul electrostatic. Plasează pendulul electrostatic la o anumită distanță față de bila mare a generatorului. Ce fenomene se produc? Explică.
- Măsoară atât distanța dintre centrul sferei generatorului și bila pendulului, cât și unghiul dintre firul pendulului și verticală.
- Depărtează pendulul de generator și observă cum se deplasează bila pendulului electrostatic. Explică fenomenul observat. Măsoară noua distanță dintre pendul și centrul bilei mari, cât și unghiul de deviație al pendulului față de verticală.
- Determină, pentru cele două cazuri, raportul distanțelor, $\frac{r_1}{r_2}$, pătratul acestui raport, $\left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2$, și raportul tangentelor celor două unghiuri, $\frac{tg\alpha_1}{tg\alpha_2}$. Analizează aceste rezultate și formulează o concluzie.
- Desenează poziția de echilibru a pendulului și găsește condiția de echilibru.
- Formulează concluzii referitoare la forța electrostatică, pentru cele două cazuri.

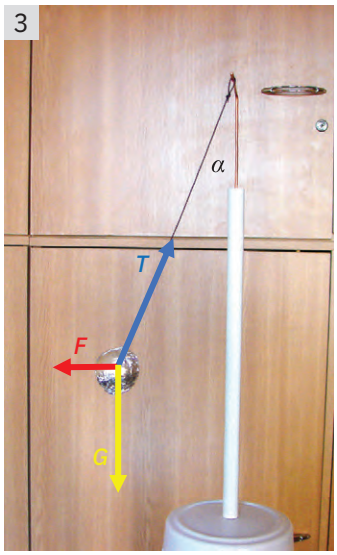
2


Concluzie

În urma contactului, cele două corpuri interacționează prin forțe de respingere (figura 2). Unghiul de deviere al firului pendulului este mai mare dacă sfera generatorului este

încărcată electric mai mult sau dacă distanța dintre cele două corpuri electrizate este mai mică.

Imaginea poate fi utilizată pentru măsurători efective privind unele caracteristici ale forței de interacțiune dintre corpurile electrizate. La echilibrul bilei pendulului, se pot scrie relațiile (figura 3): $T\sin\alpha - F = 0$ și $T\cos\alpha - G = 0$. De aici rezultă: $tg\,\alpha = \frac{F}{G}$, unde F reprezintă forța de respingere electrostatică, G – greutatea bilei pendulului, T – tensiunea din fir, iar α, unghiul făcut de firul pendulului cu verticala. Pentru aceleași sarcini implicate în experiment, dar pentru distanțe diferite dintre centrele corpurilor electrizate, se obține $\frac{F_1}{F_2} = \frac{tg\,\alpha_1}{tg\,\alpha_2}$. Calcule simple arată că raportul forțelor electrice este invers proporțional cu raportul pătratelor distanțelor.

3


Exemplu. Măsurători efectuate în laborator au arătat că, pentru o distanță dintre corpuri $r_1 \cong 26{,}3\,\text{cm}$, unghiul $\alpha_1 \cong 30°$, iar pentru $r_2 \cong 20\,\text{cm}$, $\alpha_2 \cong 45°$.

Reține

Fizicianul Charles-Augustin de Coulomb a studiat minuțios interacțiunile dintre corpurile electrizate utilizând o balanță specială (de torsiune); în anul 1785, și-a publicat concluziile, în care formula **legea lui Coulomb**:

Două corpuri electrizate, considerate punctiforme în raport cu distanța dintre ele, interacționează în vid cu o forță direct proporțională cu produsul sarcinilor și invers proporțională cu pătratul distanței dintre ele. Altfel spus, $F = k\frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$, unde q_1 și q_2 sunt sarcinile corpurilor electrizate, r este distanța dintre corpuri, iar k este o constantă care are **în vid** valoarea de: $k = 9\cdot 10^9 \frac{N\cdot m^2}{C^2}$.

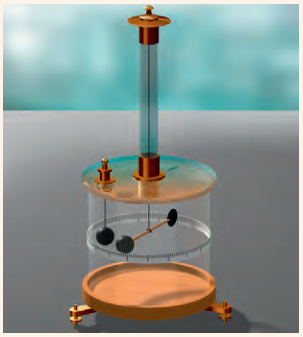
Observație. Pentru aer, constanta are practic aceeași valoare ca și pentru vid. Pentru alte medii, aflate între cele două sarcini, constanta diferă, este mai mică, ceea ce înseamnă că diferite medii influențează interacțiunile electrice în sensul micșorării intensității forțelor electrice. Pentru vid, constanta se poate scrie $k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$, unde mărimea $\varepsilon_0 = 8{,}856\cdot 10^{-12}\frac{C^2}{Nm^2}$ este permitivitatea electrică absolută a vidului, o constantă universală.

Observ

Consideră o sferă metalică aflată în vid, electrizată cu o sarcină electrică $+Q$ și fixată. Un observator nu poate să știe că sfera este electrizată doar privind-o. Starea de electrizare poate fi remarcată utilizând elemente ajutătoare, cum ar fi o biluță foarte mică, de sarcină electrică $+q$, numită *corp de probă*, lăsată liberă în apropierea sferei electrizate. Prin convenție, s-a stabilit ca sarcina corpului de probă să fie pozitivă. În figura 4 sunt reprezentate forțele de interacțiune dintre cele două corpuri; modulul acestora este: $F = \frac{Qq}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$. Desenează în caiet posibilele traiectorii ale corpului de probă lăsat liber în apropierea sferei electrizate pozitiv. Cum

4


ȘTIAI CĂ?



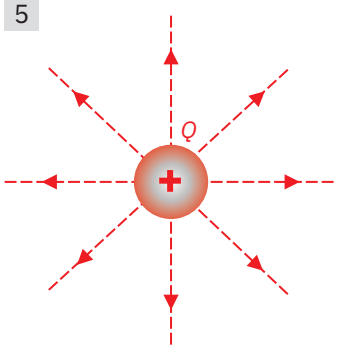
În 1785, fizicianul francez Charles-Augustin de Coulomb a publicat primele sale trei rapoarte despre electricitate și magnetism, unde și-a enunțat legea. Acest lucru a fost esențial pentru dezvoltarea teoriei electromagnetismului. Coulomb a folosit o balanță de torsiune (vezi imaginea de mai sus) pentru a studia forțele de respingere și atracție ale particulelor încărcate electric.
Balanța de torsiune constă dintr-o bară orizontală suspendată la mijloc cu un fir subțire. Firul acționează ca un arc de torsiune foarte slab. În experimentul lui, Coulomb a folosit o tijă izolatoare care avea fixată la un capăt o bilă acoperită cu metal, suspendată cu un fir de mătase. Bila era electrizată cu o sarcină electrică cunoscută, după care era adusă în apropiere o altă bilă încărcată cu sarcină electrică de aceeași polaritate. Cele două bile încărcate se resping, răsucind firul sub un anume unghi, care putea fi citit pe o scală a instrumentului. Știind ce forță este necesară pentru a răsuci firul cu un unghi dat, Coulomb a putut să calculeze forța dintre bile și să obțină legea pentru forța electrostatică.

se modifică aceste traiectorii dacă sfera este electrizată negativ? Desenează traiectoriile și în acest caz și specifică sensul deplasării corpului de probă. Ce semnificație fizică au aceste traiectorii?

Concluzie

Dacă sarcina electrică a corpului cercetat ar fi fost negativă, sensurile forțelor ar fi fost opuse celor din figura 4. Se poate concluziona că în spațiul din jurul unui corp electrizat există ceva care se observă doar când aducem un corp de probă! Această formă de existență a materiei se numește *câmp electric*. Sursa câmpului electric o constituie sarcinile electrice; acesta se manifestă prin apariția forțelor electrice care acționează asupra corpurilor electrizate (interacțiunea corp – câmp).

5



Reprezentarea câmpului electric din jurul sarcinilor generatoare de câmp a dus la crearea conceptului de *linie de câmp.* Dacă eliberăm din repaus corpuri de probă în jurul corpurilor punctiforme electrizate și considerate fixe, vom constata că acestea se deplasează radial față de corpul analizat. Traiectoriile acestor corpuri de probă alcătuiesc ceea ce se numește spectrul câmpului electric, adică totalitatea liniilor de câmp electric.

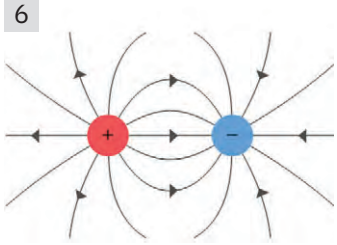
Reține

- Corpurile electrizate cu sarcini electrice de același semn se resping, iar cele electrizate cu sarcini de semne diferite se atrag. Modulul forței este exprimat de legea lui Coulomb.
- Sarcinile electrice sunt *sursa câmpului electric*, o formă de existență a materiei caracterizată prin interacțiuni electrice.
- Câmpul electric este reprezentat vizual prin linii de câmp; un corp de probă eliberat în câmpul electric al unui corp electrizat se deplasează pe aceste linii.
- Forța de interacțiune electrică pentru două sarcini electrice date, aflate la o distanță dată, este maximă în vid și mai mică în orice alt mediu.

Aplic

1. Realizează o diagramă ca în figura 4, dar pentru cazul în care corpul analizat are sarcina electrică negativă, $-Q$.
2. Desenează, după modelul din figura 5 spectrul unei sarcini electrice negative.
3. Explică spectrul câmpului electric a două sarcini electrice de semne contrare, prezentat în figura 6.
4. Desenează, după modelul din figura 6, spectrul câmpului electric a două sarcini electrice pozitive, apoi a două sarcini electrice negative.

6

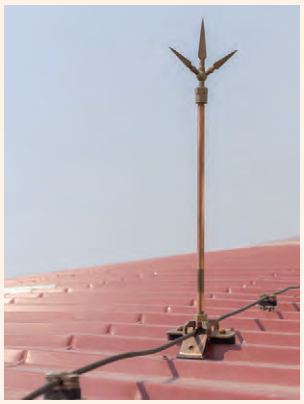


Observ

Lucrul mecanic al forței electrice. Dacă eliberăm un corp de probă în câmpul electric creat de un corp electrizat dat (pe care îl considerăm fixat), corpul de probă se deplasează (vezi figura 7). În deplasarea corpului de probă de la punctul a la punctul b, forța electrică efectuează un lucru mecanic, dar își micșorează modulul de la valoarea F_a la F_b. Amintește-ți definiția lucrului mecanic din clasa a VII-a și dedu lucrul mecanic efectuat de

PORTOFOLIU

Paratrăsnetul

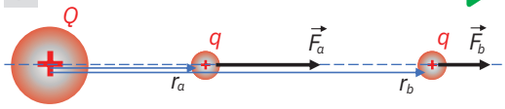


Documentează-te utilizând site-uri de internet precum wikipedia.org sau alte surse de informații și găsește informații despre utilitatea paratrăsnetului. Realizează o lucrare în care să răspunzi la următoarele întrebări:

- Cine inventat paratrăsnetul?
- Ce este un paratrăsnet și ce rol are?
- În ce scop este folosit paratrăsnetul?
- Unde este utilizat un paratrăsnet?
- Ce alte sisteme utilizate în ziua de astăzi funcționează pe același principiu fizic?

forța electrică la deplasarea sarcinii electrice de la a la b.

7



Concluzie

Lucrul mecanic efectuat de forța electrostatică în acest caz este:

$$L = F_{medie}(r_b - r_a) = \sqrt{F_a F_b}(r_b - r_a) = \sqrt{\frac{Qq}{4\pi\varepsilon_0 r_a^2}\cdot\frac{Qq}{4\pi\varepsilon_0 r_b^2}}(r_b - r_a) = q\left(\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r_a} - \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r_b}\right).$$

Termenii din această relație: $V_a = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r_a}$ și $V_b = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r_b}$ se numesc potențialele electrice în punctele *a*, respectiv *b*. Lucrul mecanic are expresia: $L = q(V_a - V_b) = qU_{ab}$, unde $U_{ab} = V_a - V_b$ se numește tensiune electrică sau diferență de potențial electric.

Reține

Potențialul câmpului electric creat de sarcina electrică Q la distanța r este: $V = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r}$.

Tensiunea electrică între două puncte ale câmpului electric este egală cu lucrul mecanic necesar transportării unității de sarcină între acele puncte: $U_{ab} = \frac{L_{ab}}{q} = V_a - V_b$.

În Sistemul Internațional de unități, tensiunea și potențialul electric se măsoară în volți (cu simbolul V).

Între două puncte ale câmpului electric există o tensiune de un volt dacă pentru a deplasa o sarcină de un coulomb se cheltuiește un lucru mecanic de un joule.

Observații

În viața cotidiană întâlnim utilizarea unor tensiuni de valori destul de diferite: de la 5 V, la telefoanele inteligente, 12 V la automobile, 220 V la rețelele casnice, 5 000 V la trenurile electrice, până la sute de mii de volți la fulgere și trăsnete.

Este necesar să acordăm o atenție deosebită corpurilor sau sistemelor aflate la diferite tensiuni electrice, care pot reprezenta pericol de electrocutare!

Reține următoarele aspecte:

- Dacă, oriunde în spațiu, un corp încărcat cu sarcină electrică se deplasează, înseamnă că în acea zonă există câmp electric.
- Sarcina electrică pozitivă liberă se deplasează întotdeauna în sensul liniilor de câmp.
- Sarcina electrică pozitivă liberă se deplasează întotdeauna sub o tensiune electrică dintre două puncte, de la un potențial mai mare la un potențial mai mic.

Aplic

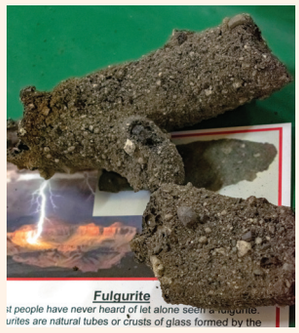
1. Calculează forța de atracție dintre elementele constitutive ale atomului de hidrogen, știind că diametrul atomului este de aproximativ 10^{-10} m, iar valoarea absolută a sarcini electronului este $e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C.
2. Calculează lucrul mecanic necesar accelerării din repaus a unui electron aflat sub o diferență de potențial $U = 5$ V. Ce viteză capătă electronul? Se știe masa electronului: $m_e = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ kg.
3. Studiază posibilitatea ca, având două corpuri punctiforme electrizate, fixate la o distanță dată, să adaugi un al treilea corp electrizat, ce poate fi în echilibru. Scrie condițiile de echilibru.

ȘTIAI CĂ?

Fenomene electrice atmosferice periculoase

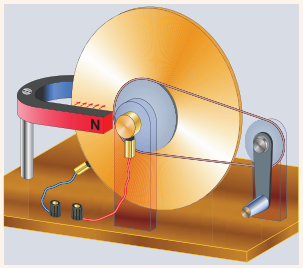
Revista *National Geographic* a publicat un studiu din care reiese că activitatea electrică din atmosferă este de foarte mare importanță:

- frecvența trăsnetelor pe Terra este de 100 pe secundă;
- tensiunea descărcării este de aproximativ un miliard de volți;
- anual mor aproximativ 2 000 de oameni din cauza trăsnetelor;
- în America mor mai mulți oameni din cauza trăsnetelor decât din cauza tornadelor și a uraganelor la un loc;
- la contactul cu solul, datorită uriașei energii transportate, un trăsnet produce modificări structurale în cazul când, de exemplu, lovește o zonă cu silicați: apar forme de aglomerări tubulare neregulate, denumite fulgurit.



Circuite electrice. Componentele unui circuit. Generatoare electrice

ȘTIAI CĂ?



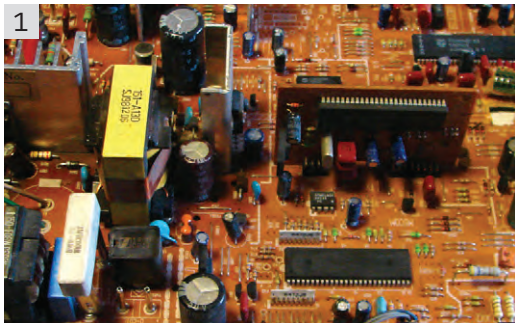
Generatorul electric este un dispozitiv care transformă energia mecanică în energie electrică pentru utilizare într-un circuit extern. Sursele de energie mecanică pot fi: turbine cu abur, turbine cu gaz, motoare cu combustie internă, turbine eoliene sau cu manivelă. Primul generator electromagnetic, numit discul lui Faraday, a fost inventat în 1831 de către savantul britanic Michael Faraday; acesta era alcătuit dintr-un disc de cupru care se poate roti între polii unui magnet potcoavă.

Observ

Viața cotidiană ar fi de neconceput fără aparate și dispozitive electrice, fără energia electrică în general.

În figura 1 este prezentată o placă cu circuite electrice care se află în componența multor aparate răspândite în toată lumea. Toate aceste produse ale ingineriei și tehnicii sunt parcurse de curent electric, care le face să funcționeze.

1



În timpul unei descărcări electrice (în natură sau în laborator) are loc o deplasare de purtători de sarcină electrică. În circuitele electrice, au loc deplasări dirijate de purtători de sarcini electrice, care se numesc curenți electrici.

2



La constituirea curentului electric participă electronii liberi – în metale, ionii – în lichide, respectiv ionii și electronii – în gaze. De exemplu, în locuința ta curenții electrici sunt dirijați prin conductoare electrice de către surse de energie electrică, denumite generatoare electrice.

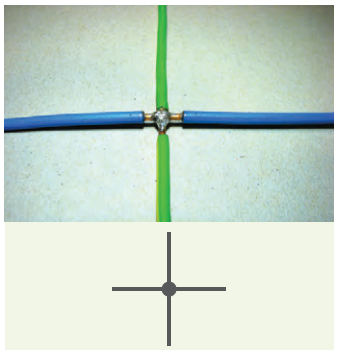
În figura 2 sunt prezentate elemente de circuit pe care poate le-ai întâlnit sau pe care le vei întâlni. Privește cu atenție și pune în corespondență obiectele din imagine cu următoarele cuvinte: banane, baterii, bec de lanternă, bec economic, bec industrial, celule fotovoltaice, conductori, crocodili, fasung, instrument de măsură, **întrerupător pe fir, întrerupător PT**, microcomutator, motor electric, multimetru analog, multimetru digital, potențiometru, priză, releu electric, rezistență de încălzitor, rezistență de putere, rezistență semireglabilă, rezistori pentru circuite, siguranță fuzibilă, triplu **ștecăr**.

Concluzii

Cu elementele prezentate mai sus se pot realiza diverse tipuri de circuite, pentru care se realizează mai întâi o schemă electrică, în care componentele electrice sunt codificate cu ajutorul unor simboluri acceptate unanim.

Reține

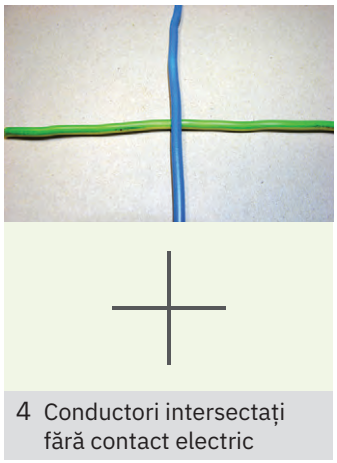
În ilustrațiile 3 – 9 sunt prezentate imaginea, simbolul și denumirea unor elemente de circuit.



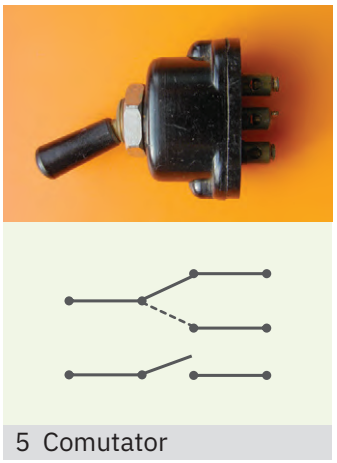
3 Conductori lipiți

În figura 10 este reprezentat cel mai simplu circuit electric, format dintr-un generator și un consumator (un bec electric). Săgeata curbilinie arată sensul curentului electric prin circuit: este sensul în care s-ar deplasa purtătorii de sarcină electrică pozitivi, liberi. În conductorii metalici, electronii se deplasează în sens opus.

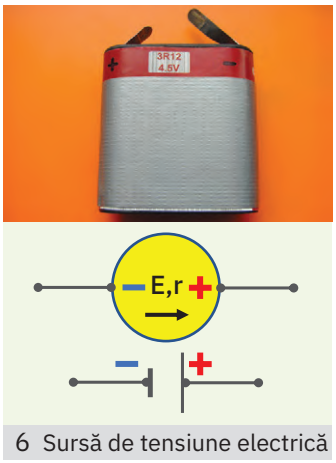
Generatorul electric asigură deplasarea continuă a purtătorilor de sarcină prin circuit atâta timp cât comutatorul este pe poziția „închis“. Dacă sarcinile pozitive sunt „împinse“ prin borna pozitivă a generatorului, acestea sunt „atrase“ prin borna negativă înapoi și apoi reintroduse în circuit. Generatorul creează în circuit o tensiune electrică; acesta nu este o „sursă de curent“. Curentul apare doar când elementele de circuit sunt conectate la un generator!



4 Conductori intersectați fără contact electric



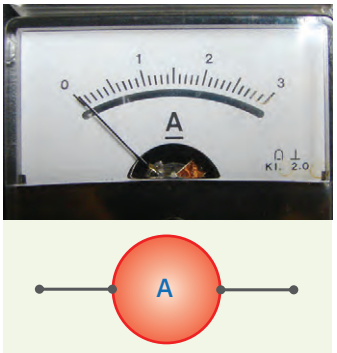
5 Comutator



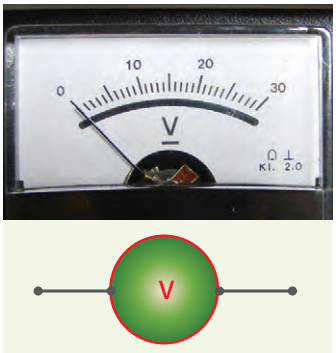
6 Sursă de tensiune electrică



7 Bec



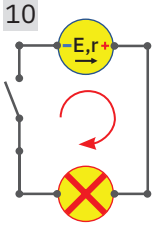
8 Ampermetru



9 Voltmetru

În general, un generator electric transformă un tip de energie: mecanică, chimică, electromagnetică (lumina solară) în energie electrică. Energia mecanică este necesară pentru a acționa turbine care rotesc generatoare electrice, iar energia solară și cea chimică se transformă direct în energie electrică.

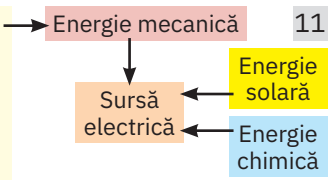
10



Aplic

1 În figura 11 sunt prezentate posibilități de a se obține energia necesară unui generator electric pentru a întreține curentul într-un circuit. Organizați o dezbatere științifică cu privire la această diagramă, alcătuind cel puțin cinci echipe de elevi care să susțină prin dialog argumentat varianta considerată optimă pentru construirea surselor electrice. Aveți în vedere cât mai mulți factori referitori la tehnologie, protecția mediului, eficiență economică etc.

Gaze naturale
Cărbune
Petrol
Reactor nuclear
Apă în mișcare
Vânt
Biomasă
Apa geotermală



11

2 **a** Cercetează cu atenție locuința ta și identifică elemente de circuit care nu apar în figura 2. Alcătuiește o listă și explică pe scurt la ce folosesc acele elemente. Descrie pe scurt din ce circuit electric fac parte atunci când sunt puse în funcțiune. Prezintă rezultatele la școală și solicită părerea colegilor despre această temă. Cere ajutorul profesorului dacă există lucruri pe care nu le-ai înțeles.

b Cum este sensul curentului electric în interiorul sursei de tensiune? Explică!

c În ce raport se află numărul de electroni care ies din sursa de tensiune cu cei care intră?

d Într-o soluție de clorură cuprică se află două feluri de purtători de sarcină electrică. Care sunt aceștia? Cum se vor mișca ei dacă într-o cuvă în care se află această soluție se introduc două conductoare electrice conectate la o baterie electrică?

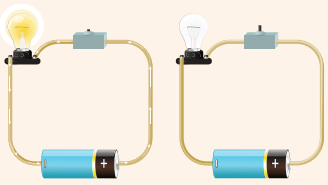
e Ați observat că există o tendință tot mai accentuată să se recupereze în centre speciale bateriile uzate. Găsiți câteva argumente solide pentru utilitatea acestei activități.

ȘTIAI CĂ?

Deșeurile electrice reprezintă 5 – 6% din totalul deșeurilor unei comunități. Așa cum gunoiul menajer nu este păstrat în casă, nici echipamentele electrice vechi sau stricate nu trebuie depozitate în gospodărie ori aruncate la întâmplare. Acestea trebuie colectate și reciclate corect pentru a proteja mediul înconjurător, pentru a elimina riscul pe care îl prezintă potențialul lor toxic și pentru a proteja resursele naturale ale Pământului. Echipamentele electrice pot avea în componența lor elemente nocive pentru mediu și sănătatea populației, metale grele sau gaze periculoase, elemente care eliberate în aer, apă sau sol au efecte dăunătoare, pe termen lung, asupra hranei noastre, a apei pe care o bem sau a aerului pe care îl respirăm.
Majoritatea deșeurilor electrice sunt constituite din componente ce conțin materiale ce pot fi recuperate și reintroduse în industrie, ca materii prime secundare, pentru a preveni exploatarea irațională a resurselor primare.



Tensiunea electrică. Intensitatea curentului electric



Observ

În schemele electrice alăturate este reprezentat un circuit electric închis și deschis. Identifică elementele de circuit figurate și explică ce semnificație are mărimea fizică notată cu *U*.

Concluzie. În schemele alăturate se observă un bec, un întrerupător și o baterie cu tensiunea electrică *U*. Știm că un câmp electric produce deplasarea purtătorilor de sarcină electrică pozitivă în sensul liniilor de câmp, forțele electrice efectuând un lucru mecanic. Și în cazul circuitelor electrice au loc deplasări de sarcini electrice determinate de existența unui câmp electric produs de o baterie electrică sau un generator electric. Pentru deplasarea sarcinilor electrice între două puncte ale unui circuit electric este necesar un lucru mecanic, care este efectuat de forțele electrice. Astfel, se poate defini tensiunea electrică.

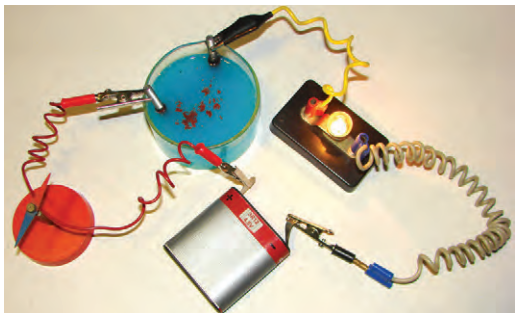
Reține

Tensiunea electrică între două puncte ale unui circuit este mărimea fizică egală cu lucrul mecanic efectuat de câmpul electric pentru deplasarea unității de sarcină între acele două puncte: $U = \frac{L}{q}$, $[U]_{SI}$ = V (volt).

Observație. Diferența dintre lucrul mecanic efectuat de o sarcină electrică care generează un câmp electric și transportă un corp de probă și lucrul mecanic efectuat într-un circuit electric este că într-un circuit electric lucrul mecanic este efectuat de către generatorul de tensiune. Acesta asigură în permanență existența unei tensiuni la bornele sale, care determină existența unui câmp electric în conductor și astfel, sub acțiunea forțelor electrice, purtătorii de sarcină se deplasează ordonat, constituind curentul electric.

Experimentez

Efectele curentului electric



Materiale necesare: baterii electrice, un bec potrivit, vas cu o soluție concentrată, ac magnetic, fire de conexiune, întrerupător.

Modul de lucru: Realizează circuitul din imaginea alăturată. Ca să conectezi soluția, folosește două monede prinse cu crocodili. Apropie acul magnetic de un conductor. Închide circuitul și notează observațiile.

Concluzie: Efectul termic al curentului electric: filamentul se încălzește și poate deveni incandescent; efectul chimic: în soluție apare o efervescență; efectul magnetic: acu magnetic deviază. Dacă se folosește o baterie cu tensiune mai mare, Efectele sunt mai intense. Pentru a evidenția intensitate curentului electric s-a introdus mărimea fizică numită *intensitatea curentului electric*.

Reține

Intensitatea curentului electric este mărimea fizică fundamentală numeric egală cu sarcina electrică ce trece printr-o secțiune transversală a unui conductor, în unitatea de timp: $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$; $[I]_{SI}$ = A (amper).

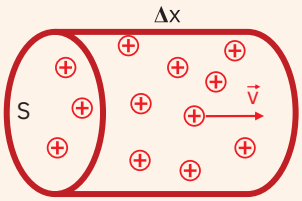
Aplic

Pe becul cu filament al unei lanterne sunt imprimate valorile 0,25 A și 1,5 V. Ce sarcină electrică străbate becul în 0,5 h de funcționare normală? Ce lucru mecanic este efectuat în acest timp?

INVESTIGAȚIE

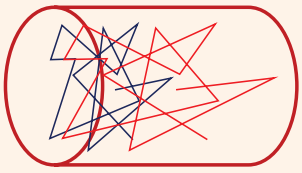
Semnificația intensității curentului electric

În figura de mai jos este prezentată o porțiune microscopică de volum ΔV a unui mediu conductor (purtători identici de sarcină *q*) cu lungimea Δx și aria transversală *S*.



Cunoscând concentrația de purtători: $n = \frac{\Delta N}{\Delta V} = \frac{\Delta Q}{q\Delta V}$ și viteza medie de deplasare $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$, arată că intensitatea curentului electric se poate scrie: $I = nSvq$.

Deplasarea purtătorilor de sarcină printr-un conductor se face cu o viteză mică, de ordinul centimetrilor pe secundă, numită „viteză de drift".



Calculează concentrația electronilor care, parcurgând un conductor cu $S = 1\ mm^2$ și având viteza de drift $v = 1$ cm/s, formează un curent de 0,16 A.

Instrumente de măsură: ampermetrul, voltmetrul, ohmmetrul, wattmetrul, multimetrul

Observ

Pentru a măsura valorile mărimilor fizice cu ajutorul cărora se poate analiza un circuit electric, se utilizează instrumente de măsură electrice. Există două clase mari de instrumente: analogice și electronice, cu afișaj digital. Analizează imaginile de mai jos și identifică instrumentele de măsură prezentate. În care dintre imagini se observă instrumente de măsură analogice, respectiv digitale și cum se numesc. Ce mărimi fizice măsoară instrumentele identificate?

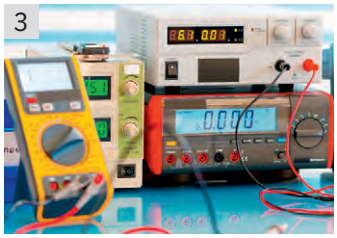
1



2



3



Concluzie

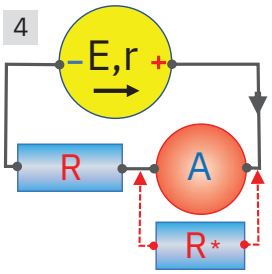
Instrumentele analogice (imaginile 1 și 2) au mecanisme cu ac indicator, iar cele electronice (imaginea 3) folosesc circuite electronice complexe, care prelucrează informațiile primite de la sistemul analizat și oferă datele prelucrate pe un ecran cu afișaj digital. Ampermetrul măsoară intensitatea curentului electric, voltmetrul măsoară tensiunea electrică, ohmmetrul măsoară rezistența electrică, wattmetrul măsoară puterea electrică, iar multimetrul măsoară mai multe mărimi fizice, în funcție de setarea aparatului.

Experimentez

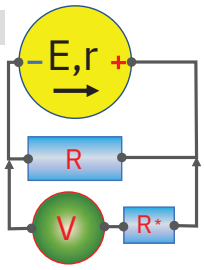
Instrumente de măsură utilizate într-un circuit electric

Materiale necesare: baterie de 4,5 V, fire de legătură, ampermetru, voltmetru, ohmmetru, wattmetru, multimetru, rezistori.

4



5



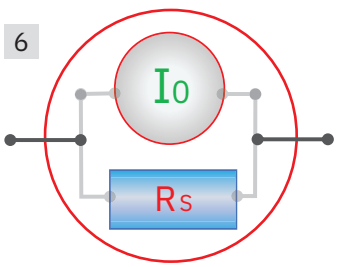
Modul de lucru: Realizează circuitul electric din figura 4, cu baterie, rezistor și ampermetru, apoi conectează capetele altui rezistor (cu rezistența de câțiva ohmi) la bornele ampermetrului. Ce observi? Realizează circuitul din figura 5 cu bateria, rezistorul R și voltmetrul conectat în paralel, apoi conectează rezistorul R* în serie cu voltmetrul. Ce observi? Determină rezistența unui rezistor măsurând intensitatea curentului cu ampermetrul, tensiunea electrică cu voltmetrul și apoi direct cu ohmmetrul. Formulează concluzii. Conectează apoi în circuit wattmetrul. Ce indică acesta? Explică.

Concluzii: Indicația ampermetrului scade în urma conectării rezistorului R* la bornele sale. • Indicația voltmetrului scade în urma conectării rezistorului R* în serie cu el. • Rezistența măsurată cu ohmmetrul este aproximativ egală cu cea determinată cu ampermetrul și voltmetrul, din cauza erorilor de măsură la cele două instrumente. • Wattmetrul (imaginea 2) indică puterea electrică consumată de elementul de circuit. Unitatea de măsură a puterii este wattul (W); aceasta este egală cu produsul dintre valorile tensiunii și intensității: $P = U \cdot I$.

Reține

Ampermetrul este un instrument complex (vezi figura 6), cu rezistența totală internă mică, și care se montează în serie cu elementele de circuit, pentru ca tot curentul din latură să treacă prin el. Pentru a extinde domeniul de măsură al unui

6

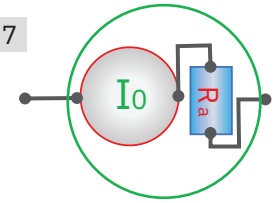


ȘTIAI CĂ?

Aparatul de măsură analogic

Un instrument de măsură analogic are o scală gradată și un ac indicator. Principiul de funcționare este următorul: un cilindru din fier moale este magnetizat de un magnet permanent; cadrul mobil, format dintr-o bobină cu fir de cupru foarte subțire, de care este fixat rigid un ac indicator, odată parcurs de curentul care trece prin instrument, deviază în concordanță cu efectul magnetic al curentului electric. Deviația acului este proporțională cu intensitatea curentului electric și dispare atunci când curentul electric este nul (revenirea se face datorită arcului spiralat). Elementele definitorii ale instrumentului de măsură sunt: rezistența bobinei, R_0, curentul maxim admis, I_0, când aparatul este montat ca ampermetru, iar acul deviază la diviziunea maximă, și U_0, tensiunea maximă admisă când instrumentul este montat ca voltmetru, iar acul deviază la diviziunea cea mai mare. Între aceste mărimi există relația: $U_0 = I_0 R_0$.
Bobina instrumentului este confecționată dintr-un conductor de cupru extrem de subțire pentru care curentul maxim admis este foarte mic (la curenți mari se topește!). De exemplu, un ampermetru poate accepta fără să aibă defecțiuni un curent la cap de scală de $I_0 = 100\ \mu A$!

ampermetru de n ori, se conectează în paralel cu acesta un rezistor numit șunt, care are rezistența electrică $R_S = \frac{R_0}{n-1}$, unde R_0 este rezistența ampermetrului, iar intensitatea măsurată este $I = n \cdot I_0$.

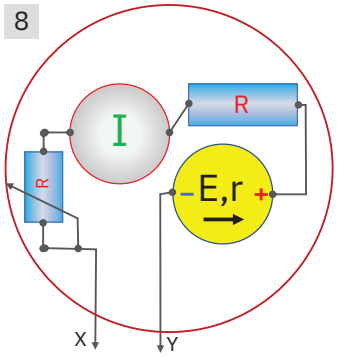
7


Voltmetrul este un instrument complex (figura 7), cu rezistență internă mare, care se montează în paralel cu o porțiune de circuit pentru a măsura tensiunea de la capete. Pentru a extinde domeniul de măsură al unui voltmetru de n ori, se conectează în serie cu acesta un rezistor numit rezistor adițional, care are rezistența electrică $R_a = R_0\,(n-1)$, unde R_0 este rezistența voltmetrului, iar tensiunea măsurată este $U = n \cdot U_0$.

Aplic

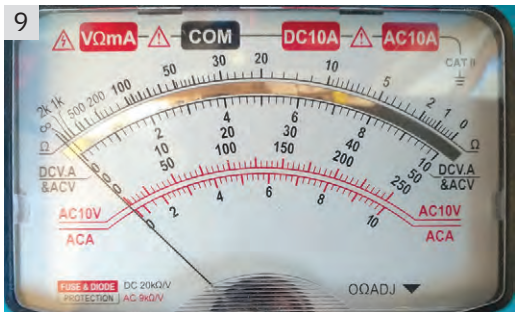
Probleme rezolvate

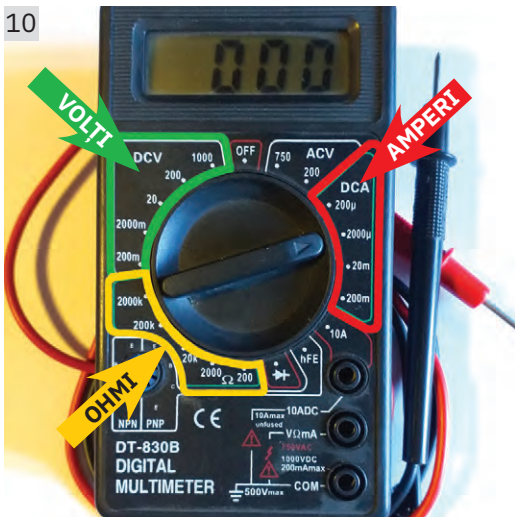
1 Ohmmetrul. Măsurarea directă a rezistențelor se face utilizând ohmmetrul. Ce elemente de circuit conține un astfel de aparat și cum se utilizează?

8


Rezolvare. Ohmmetrul conține o baterie, un instrument de măsură, o rezistență de protecție și un potențiometru (figura 8). Pentru măsurarea unei rezistențe se procedează astfel: se pun în scurtcircuit bornele X, Y ale ohmmetrului și se reglează potențiometrul până când acul indicator ajunge la cap de scală $R_{măsurat} = 0$. La capătul opus se află inscripționat $R = \infty$ (corespunde situației în care la borne nu se conectează nimic). Între aceste puncte sunt marcate, pe o scară neliniară, valori corespunzătoare diferitelor rezistențe R_{XY}, care corespund de fapt curenților indicați de instrument. Potențiometrul este necesar deoarece bateriile se depreciază în timp și parametrii lor E, r nu rămân constanți.

2 Multimetrul. Analizează imaginile 9 și 10 și explică ce este un multimetru? Ce mărimi fizice se pot măsura cu astfel de aparat? Cum se utilizează?

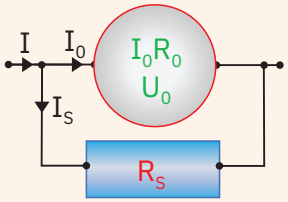
9


10


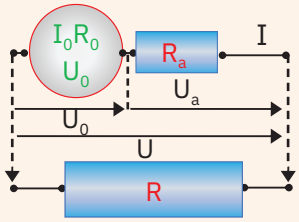
Rezolvare. În practică se folosesc atât instrumente de măsură analogice (imaginea 9), cât și digitale (ampermetru, voltmetru, ohmmetru, wattmetru, multimetru) care, prin construcție, pot măsura pe scale diferite mărimi electrice diferite. În figura 10 se observă un multimetru digital. Comutatorul rotativ permite atât selectarea mărimilor de măsurat, cât și valoarea maximă posibilă care poate fi afișată. Multimetrul din imagine are multiple facilități, dintre care câteva sunt indicate cu săgeți. Borna COM a instrumentului se conectează la borna „minus“, iar cea de deasupra la borna „plus“. Pentru conductorii conectați la „plus“, o convenție recomandă folosirea de conductori în culori „calde“ (roșu, portocaliu), iar pentru cei conectați la borna „minus“, culori „reci“ (albastru, negru). Acest lucru, acceptat unanim, facilitează citirea schemelor electrice din diverse aparate.

ȘTIAI CĂ?

Șuntul ampermetrului și rezistența adițională a voltmetrului



Trebuie să măsurăm un curent de n ori mai mare decât curentul I_0. Șuntul este astfel parametrizat încât curentul prin instrument să fie chiar curentul maxim admis. Se poate scrie setul de trei ecuații: $I = nI_0$; $I = I_0 + I_S$; $I_0R_0 = I_SR_S$: rezultă $R_S = \frac{R_0}{n-1}$; rezistența ampermetrului după conectarea șuntului: $R_A = \frac{R_0}{n}$.



Trebuie să măsurăm o tensiune de n ori mai mari decât tensiunea maximă admisă de voltmetru. Se poate scrie setul de trei ecuații: $U = nU_0$; $U = U_0 + U_a$; $\frac{U_0}{R_0} = \frac{U_a}{R_a}$.

Rezultă: $R_a = R_0(n-1)$.

Având în vedere că instrumentul și rezistența adițională sunt cuplate în serie, rezistența totală a voltmetrului este: $R_v = nR_0$.

Tensiunea electromotoare

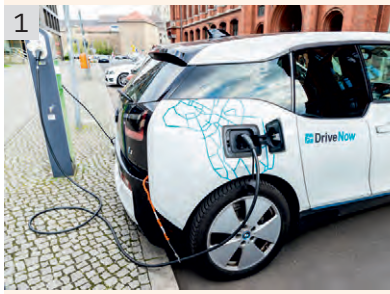
Observ

În activitățile cotidiene, pentru alimentarea circuitelor electrice se folosesc diferite tipuri de surse electrice. În imaginile alăturate sunt prezentate câteva dintre acestea. Identifică tipul sursei electrice, specifică unde este utilizată și ce tensiune electrică poate genera.

Concluzie

Rețeaua de energie electrică este utilizată pentru alimentarea cu tensiune electrică (U = 220 V) a clădirilor, a stațiilor de încărcare a mașinilor electrice (imaginea 1), a trenurilor, a tramvaielor etc. Bateriile de unică folosință pot asigura tensiuni electrice diferite (1,5 V; 4,5 V; 9 V; 12 V) și sunt utilizate la ceasuri, jucării, lanterne (imaginea 2) etc. O altă categorie de surse electrice sunt acumulatoarele (imaginea 3) care se pot reîncărca și sunt utilizate la automobile (U = 12 V), la telefoanele mobile (imaginea 4) etc.

1



2



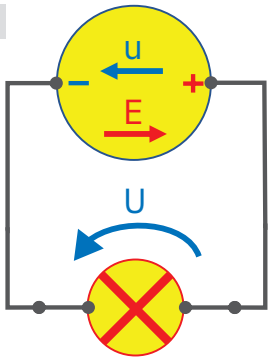
Experimentez

Măsurarea tensiunii electrice cu voltmetrul

Materiale necesare: o baterie cu tensiune mică, un bec potrivit, conductori de legătură, un voltmetru.

Modul de lucru: Măsoară tensiunea la bornele bateriei (circuit deschis), cu borna „plus“ a voltmetrului la borna pozitivă a bateriei. Apoi realizează circuitul simplu din figura 5 și măsoară din nou tensiunea la bornele sursei, cu becul luminând. Notează valorile tensiunii măsurate în cele două cazuri și formulează o concluzie.

5



3



4



Concluzie

Tensiunea la borne în circuitul deschis este mai mare decât tensiunea la borne în circuitul închis. Cum explicăm acest aspect? Pentru a determina trecerea curentului electric prin circuit este necesar un lucru mecanic efectuat asupra purtătorilor de sarcină electrică din circuit. Acesta este efectuat de către sursa electrică. Lucrul mecanic total este compus din lucrul mecanic efectuat în exteriorul sursei și lucrul mecanic efectuat în interiorul sursei: $L = L_{ext} + L_{int}$. Împărțind această relație la sarcina electrică transportată se obține: $\frac{L}{q} = \frac{L_{ext}}{q} + \frac{L_{int}}{q}$. Fiecare dintre acești termeni reprezintă câte o tensiune electrică.

Reține

- **Tensiunea electromotoare a sursei** este egală cu lucrul mecanic necesar transportării unității de sarcină electrică prin întregul circuit: $E = \frac{L}{q}$.
- **Tensiunea la bornele sursei** este egală cu lucrul mecanic efectuat pentru a transporta unitatea de sarcină electrică prin circuitul exterior sursei, de la un potențial mai mare la un potențial mai mic: $U = \frac{L_{ezt}}{q}$.
- **Tensiunea internă a sursei** este egală cu lucrul mecanic necesar transportării unității de sarcină prin interiorul sursei: $u = \frac{L_{int}}{q}$.
- **Bilanțul tensiunilor** pentru o sursă de tensiune: $E = U + u$.

Observație: Este important de reținut că, în cazul surselor de tensiune constantă sau al alimentatoarelor din laboratoarele de fizică (imaginea 6), tensiunea internă este foarte aproape de zero, deci nu va fi luată în considerare în cele ce urmează.

6



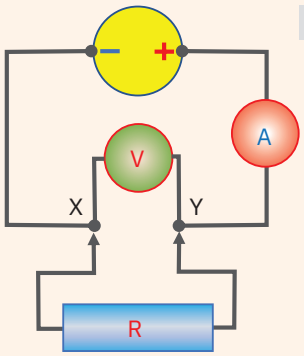
Rezistența electrică


1


2



3



4

Observ

În anumite situații, este necesară schimbarea valorii rezistenței electrice chiar în timpul funcționării unui anumit circuit complex. Dacă în urmă cu peste 100 de ani se folosea reostatul cu ploturi (cutia mare din figura 1), iar mai apoi reostatul cu manetă (figura 2), acum se folosește pentru uz general reostatul cu cursor (figura 3). Ce rol are un rezistor într-un circuit electric? Ce fenomene fizice se pot produce într-un rezistor parcurs de curent electric?

Concluzii

Un rezistor are rolul de a limita curentul electric. Experiența arată că diferite elemente de circuit se manifestă diferit în circuitele electrice. De exemplu, dacă rezistoare diferite sunt alimentate la aceeași tensiune, intensitatea curentului ce trece prin ele va fi diferită datorită structurii interne microscopic diferite a elementelor, geometriei externe, temperaturii etc., care influențează deplasarea sarcinilor prin circuit, în sensul încetinirii lor.

Experimentez

Determinarea rezistenței electrice

Materiale necesare: o sursă de tensiune care poate furniza diferite tensiuni, diferiți conductori, becuri, un voltmetru, un ampermetru, fire de legătură.

Modul de lucru: Realizează montajul electric din figura 4 conectând între punctele X și Y diferiți conductori, notați generic cu R. Folosește conductori cu diferite lungimi, de natură diferită, cu diametre diferite, becuri (care pot lumina sau nu, chiar dacă sunt parcurse de curent electric) sau conductori utilizați la reșouri (de exemplu, un set de nichelină pentru plită). Notează valorile indicate de aparatele de măsură în tabelul alăturat. Ce semnificație fizică poate avea raportul R din tabel? Explică. **Atenție!** În experimentele pe care le faci ai nevoie de conductori suficient de lungi, cărora să le aplici tensiuni mici (de ordinul volților). Când folosești becuri, citește cu atenție informațiile inscripționate pe acestea, pentru a folosi tensiuni de alimentare potrivite și instrumente reglate potrivit.

Nr. det.	Tipul de conductor	U (V)	I (A)	$R = \frac{U}{I}$
1				
...				

Concluzie: Experiențele efectuate de-a lungul timpului au dus la concluzia că raportul dintre tensiunile de la capetele unei porțiuni de circuit (fără surse!) este o măsură utilă a modului în care acea porțiune se manifestă la trecerea curentului electric; acest raport a fost denumit rezistență electrică.

Reține

Rezistența electrică este mărimea fizică ce caracterizează proprietatea conductorilor de a se opune trecerii curentului electric; aceasta este dată de formula: $R = \frac{U}{I}$, $[R]_{SI} = \Omega = V/A$.

Între două puncte ale unei porțiuni de circuit (fără surse), rezistența electrică este de un ohm (1 Ω) dacă, aplicând acelei porțiuni o tensiune de 1 V, aceasta va determina trecerea unui curent de 1 A.

Aplic

Un metru de conductor din cupru, având aria secțiunii transversale de un milimetru pătrat, are rezistența electrică de aproximativ o sutime de ohm. Ce rezistență ar avea un astfel de conductor care ar înconjura Pământul pe la Ecuator? Ce masă de cupru ar fi necesară pentru realizarea acestuia? Documentează-te pentru a afla raza Pământului și densitatea cuprului.

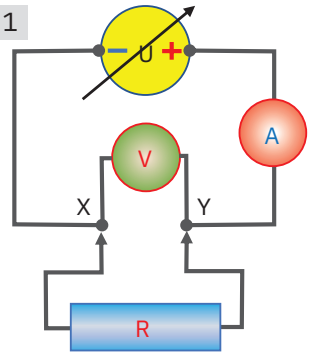
Legea lui Ohm pentru o porțiune de circuit

Experimentez

Caracteristica curent – tensiune pentru o porțiune de circuit

Materiale necesare: o sursă de tensiune ce poate furniza tensiuni diferite, un rezistor, un ampermetru, un voltmetru, fire de legătură.

1



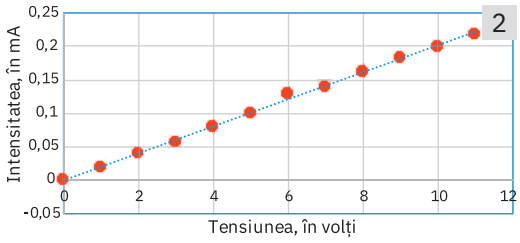
Modul de lucru

Realizează circuitul prezentat în schema electrică din figura 1. Tensiunea din circuit este furnizată de un alimentator și poate fi variată, iar rezistorul cercetat rămâne în circuit pentru mai multe determinări. Acesta poate fi conductor metalic sau rezistor cu peliculă de carbon, de tipul celor utilizate în circuitele electronice. Se aplică tensiuni mici, în consecință și curenții măsurați vor avea intensități mici. Se evită astfel încălzirea rezistorului. Notează valorile indicate de aparatele de măsură și notează-le într-un tabel de tipul celui alăturat. Reprezintă grafic intensitatea curentului electric în funcție de tensiune. Analizează acest grafic și formulează o concluzie.

Nr. det.	U (V)	I (mA)	R (Ω)
...			
5	5	100	50
...			

Concluzie

2



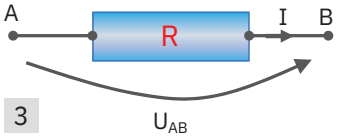
Din analiza acestui experiment, rezultă că valoarea numerică a rezistenței electrice este aproximativ aceeași, indiferent de tensiunea aplicată sau de curentul care o parcurge, adică este o caracteristică a rezistorului. Acest aspect rezultă și din dependența aproximativ liniară dintre curent și tensiune, ilustrată în figura 2. Liniaritatea graficului este o indicație pentru faptul că rezistența electrică, în condițiile experimentului, este practic o mărime constantă. Un conductor a cărui caracteristică este liniară se numește conductor ohmic. Un grafic foarte util în studiul elementelor de circuit este *caracteristica curent – tensiune* a elementului respectiv; acesta va fi utilizat frecvent, deoarece oferă informații importante cu resurse minime.

Reține

Intensitatea curentului electric care străbate o porțiune de circuit fără surse este direct proporțională cu tensiunea electrică aplicată acelei porțiuni (legea lui Ohm): $I = \frac{U}{R}$.

Observații. Pe o porțiune de circuit neramificată și fără surse de tensiune circulă un curent electric dacă la capetele porțiunii există o diferență de potențial, adică o tensiune electrică; sensul convențional al curentului electric este sensul de deplasare al purtătorilor de sarcină electrică pozitivă de la un potențial pozitiv mai mare la un potențial mai mic; porțiunea de circuit este caracterizată de o rezistență electrică; pentru această porțiune (figura 3) este valabilă legea lui Ohm, din care rezultă o relație foarte utilă în analiza circuitelor: $U_{AB} = V_A - V_B = IR$.

3



Aplic

Reia experimentul anterior, dar în locul rezistorului cuplează un bec electric cu filament, cu tensiunea de alimentare potrivită. Reia măsurătorile și reprezintă caracteristica curent – tensiune. Ce observi? Explică forma graficului.

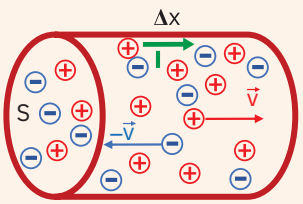
ȘTIAI CĂ?

Sensul convențional al curentului electric

Dacă în metale, din care sunt construite majoritatea covârșitoare a conductorilor, purtătorii de sarcină electrică sunt electronii, de ce se consideră sensul curentului electric sensul vitezei purtătorilor de sarcină electrică pozitivă? Ca să înțelegem acest lucru, trebuie să prelucrăm expresia intensității curentului electric: $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = Snqv$.

Putem scrie această expresie astfel: $\frac{I}{S} = nqv = j$, unde j este o mărime denumită densitate de curent și se măsoară în A/m². Această mărime fizică este vectorială, iar orientarea sa arată sensul curentului electric. Se poate scrie: $\vec{j}_+ = nq\vec{v}$, pentru sarcini pozitive, iar pentru sarcinile negative ($-q$), care se deplasează în sens opus (viteză negativă), se scrie: $\vec{j}_- = n(-q)(-\vec{v}) = nq\vec{v}$. Sensul este deci același ca în cazul sarcinilor pozitive. Legile fizicii pe care le veți studia țin cont de această abordare unitară cu privire la sensul curentului electric.

Purtători de sarcini cu semne contrare dau curent de același sens!



Legea lui Ohm pentru întregul circuit

INVESTIGAȚIE

Determină intensitatea curentului de scurtcircuit al unei baterii chimice realizând următorii pași:

- Măsoară tensiunea la borne în circuit deschis.
- Realizează un circuit simplu cu un bec și măsoară tensiunea la borne și intensitatea curentului prin bec.
- Determină rezistența becului.
- Folosește legea lui Ohm pentru întreg circuitul și află rezistența internă a sursei.
- Acum determină curentul de scurtcircuit.
- Prezintă pe o pagină schemele electrice utilizate, relațiile folosite și valorile numerice rezultate. Compară baterii de la diferite firme, utilizând acest algoritm simplu, și realizează o ierarhizare pe baza unui criteriu ales de tine. Ce dificultăți ai întâmpinat în decursul experimentului și cum le-ai rezolvat?



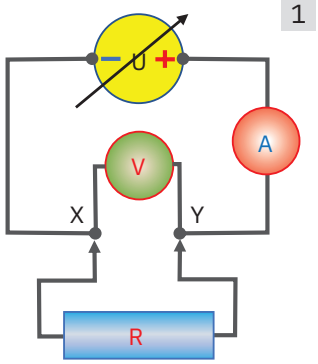
Experimentez

Caracteristica curent – tensiune pentru întregul circuit

Materiale necesare: o baterie de 4,5 V; 4 – 5 rezistori cu rezistențe electrice cunoscute; un ampermetru, un voltmetru; fire de legătură.

Modul de lucru: Realizează un circuit simplu, format dintr-o baterie și un ampermetru conectate în serie. Conectează voltmetrul la bornele bateriei aflate în circuit deschis, apoi notează valorile în caiet. Determină cu aceste valori tensiunea electromotoare: $E = U$ și rezistența internă: $r = \frac{U}{I}$ a bateriei. Realizează un circuit simplu (vezi figura 1), conectând un ampermetru în serie cu rezistorul. Notează datele într-un tabel de tipul celui alăturat.

1



Nr. det.	E (V)	r (Ω)	I (mA)	R (Ω)	$\frac{E}{R+r}$
1					
...					

Compară valoarea intensității curentului, I, cu valoarea raportului $\frac{E}{R+r}$. Repetă determinările pentru 4 – 5 rezistori diferiți. Analizează rezultatele și formulează o concluzie.

Concluzie: Analizând rezultatele obținute anterior, se constată că intensitatea este egală cu raportul dintre tensiunea electromotoare și rezistența totală a circuitului simplu.

Reține

Legea lui Ohm pentru întregul circuit: Intensitatea curentului electric printr-un circuit simplu este direct proporțională cu tensiunea electromotoare a sursei și invers proporțională cu rezistența totală a circuitului: $I = \frac{E}{R+r}$, unde rezistența totală a circuitului este $R_{tot} = R + r$.

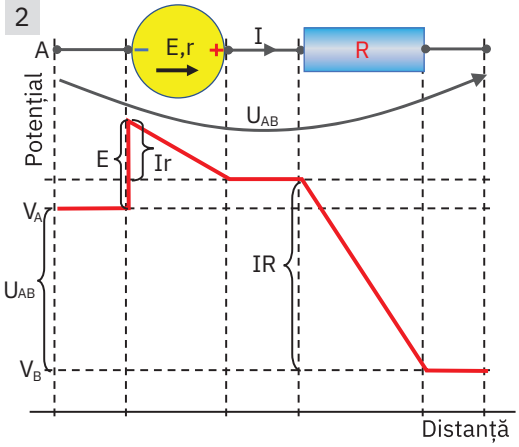
Observații

- Legea lui Ohm este valabilă în general pentru surse chimice, dar poate fi particularizată și pentru alte surse.
- Deoarece interesul este de a obține un curent cât mai mare de la o sursă dată, rezultă că sunt mai bune sursele care au rezistența internă cât mai mică.
- Parametrii E și r ai unei surse chimice se modifică în timp, odată cu epuizarea sursei.
- Dacă rezistența exterioară are valori foarte mici, obținută de exemplu prin scurtcircuitarea sursei cu un conductor scurt, adică dacă $R = 0$, intensitatea curentului debitat de sursă devine maximă: $I_{sc} = \frac{E}{r}$ (curent de scurtcircuit). Acest lucru nu este de dorit, deoarece curenții mari pot provoca daune, iar sursa se consumă rapid.

Aplic

Pentru o porțiune de circuit cu sursă (figura 2), analizează reprezentarea grafică a potențialului electric de-a lungul liniei AB și găsește expresia tensiunii electrice U_{AB} în funcție de E, r, R și I. Consideră că firele de legătură sunt conductori cu rezistența electrică neglijabilă.

2



Gruparea rezistoarelor

Observ

În imaginile 1 și 2 se observă mai multe becuri conectate între ele. Cum sunt grupate aceste becuri? În imaginea 3 este prezentat un circuit electric format dintr-un bec, un rezistor și o sursă de tensiune, conectate între ele cu fire de legătură. În ce tip de legătură se află becul și rezistorul, în serie sau în paralel?

Concluzie: Becurile din imaginea 1 sunt grupate în serie. În imaginea 2 se observă mai multe grupări de becuri în serie, care apoi sunt grupate în paralel. Becul și rezistorul din imaginea 3 sunt grupate în serie.

Observații. Necesitățile științifice și tehnice au dus la concluzia că, pentru construirea de circuite pentru anumite scopuri precise, sunt necesare rezistoare cu valori ale rezistențelor foarte variate. În același timp, fabricarea individuală a tuturor rezistoarelor, pe cale industrială, este practic imposibilă. Din aceste motive, specialiștii au stabilit că există o serie de valori ale rezistențelor prin combinarea cărora se poate obține practic orice valoare de rezistență dorită. Un astfel de șir de valori este (în ohmi): 1,0 – 1,2 – 1,5 – 1,8 – 2,2 – 2,7 – 3,3 – 3,9 – 4,7 – 5,6 – 6,8 – 8,2. Vom studia posibilitățile de combinare uzuale ale rezistoarelor, denumite generic gruparea rezistoarelor.

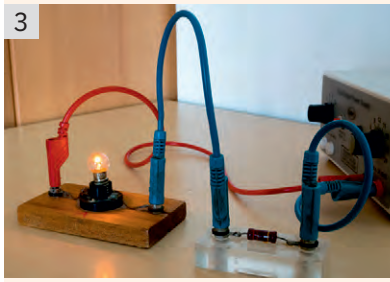
1



2



3



Reține

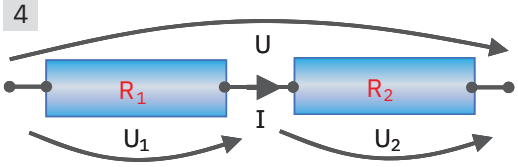
Un grup de rezistoare se înlocuiește cu unul singur, denumit **rezistor echivalent**. Rezistența acestuia reprezintă echivalentul rezistențelor respectivei grupări.

Experimentez

Gruparea în serie a rezistoarelor

Materiale necesare: două rezistoare industriale uzuale, o sursă de tensiune, un ampermetru, un voltmetru, fire de legătură.

4



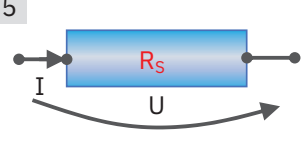
Modul de lucru: Realizează montajul din figura 4 și conectează-l la o sursă de tensiune. Aplică o tensiune de la un alimentator și măsoară intensitatea curentului electric, tensiunea de la capetele grupării și tensiunea pe fiecare rezistor. Calculează rapoartele dintre tensiune și intensitate (adică rezistențele electrice dintre punctele de măsurare) pentru fiecare dintre cele trei măsurători. În ce relație se află cele trei tensiuni măsurate?

Concluzie: Se observă că suma rezistențelor celor doi rezistori este egală cu rezistența grupării de rezistori. Se găsește că tensiunea dintre capetele grupării de rezistori este egală în acest caz cu suma tensiunilor de la bornele celor doi rezistori.

Reține

Gruparea de rezistori din figura 4, denumită **grupare în serie**, este echivalată cu rezistorul din figura 5. Aplicând la capetele rezistorului echivalent aceeași tensiune ca la bornele grupării în serie, prin rezistorul echivalent circulă același curent ca prin gruparea echivalată: $I = I_1 = I_2$. Se poate scrie: $U_1 = IR_1$; $U_2 = IR_2$; $U = IR_S$; $U = U_1 + U_2$, iar rezistența rezistorului echivalent este: $R_S = R_1 + R_2$.

5



PORTOFOLIU

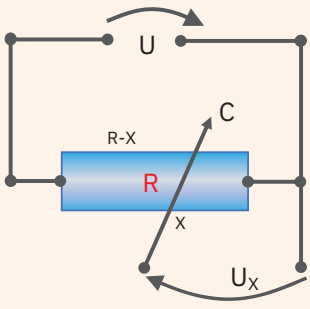
Utilizarea practică a grupărilor de rezistori

Documentează-te utilizând site-uri de internet precum wikipedia.org sau alte surse de informații și identifică aplicații practice ale grupărilor de rezistori. Pentru lucrarea ta trebuie:

- să realizezi o listă de sisteme fizice care utilizează grupări de rezistori (trei sau patru);
- să arăți ce rol au grupările de rezistori în sistemul fizic analizat;
- să prezinți care este utilitatea practică a sistemului fizic analizat.

ȘTIAI CĂ?

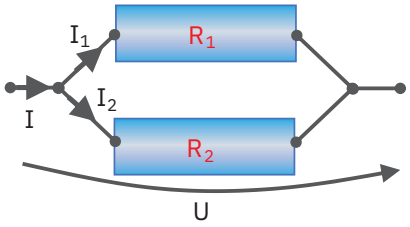
Gruparea rezistorilor în serie este foarte utilizată în circuitele electrice, cu rolul de **divizor de tensiune** (figura 1 de la pagina 53). Analizând proprietățile grupării în serie a doi rezistori se pot scrie relațiile: $I=\frac{U_1}{R_1}=\frac{U_2}{R_2}=\frac{U}{R_1+R_2}$. Se deduc expresiile pentru tensiunile de la bornele celor doi rezistori: $U_1=\frac{UR_1}{R_1+R_2}$ și $U_2=\frac{UR_2}{R_1+R_2}$. În concluzie, dacă într-un circuit este nevoie de o anumită tensiune, iar sursa care este disponibilă oferă o tensiune fixă mai mare, putem utiliza divizorul de tensiune cu rezistențe alese corespunzător, pentru a obține tensiunile necesare. **Reostatele cu cursor sau potențiometrele** rezolvă această problemă. Având în vedere calculele anterioare, tensiunea dintre cursor și o extremitate a reostatului se poate exprima astfel: $U_X=\frac{XU}{R}$, unde R este rezistența reostatului de la extremități, iar *X* este rezistența dintre cursor și capătul din dreapta al reostatului (figura de mai jos). Importanța montajului rezidă în faptul că tensiunea variabilă U_X poate fi obținută prin reglarea continuă a poziției cursorului.



Experimentez

Gruparea în paralel a rezistoarelor

6



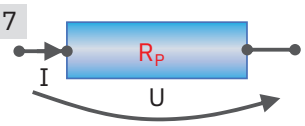
Materiale necesare: două rezistoare industriale uzuale, o sursă de tensiune, un ampermetru, un voltmetru, fire de legătură.

Modul de lucru; Realizează montajul din figura 6 și conectează-l la o sursă de tensiune. Aplică o tensiune de la un alimentator și măsoară intensitatea curentului electric ce trece atât prin fiecare rezistor, cât și prin circuitul cu sursa. Măsoară tensiunea electrică de la capetele grupării și tensiunea pe fiecare rezistor. Calculează rapoartele dintre intensitate și tensiune (adică inversele rezistențelor electrice dintre punctele de măsurare) pentru fiecare dintre cele trei măsurători. În ce relație se află cele trei intensități măsurate? Dar cele trei tensiuni măsurate?

Concluzie: Se constată că suma inverselor celor două rezistențe este egală cu inversul rezistenței circuitului. Analizând valorile măsurate, se observă că intensitatea curentului ce intră în grupare este egală cu suma intensităților curenților ce trec prin cei doi rezistori, iar tensiunile măsurate sunt egale.

Reține

7

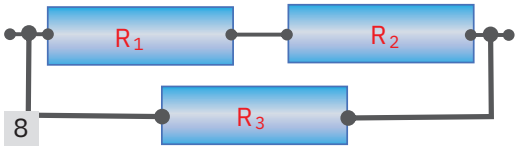


Gruparea de rezistori din figura 6, denumită **grupare în paralel**, este echivalată cu rezistorul din figura 7. Aplicând la capetele rezistorului echivalent aceeași tensiune ca la bornele grupării în paralel, pe rezistorul echivalent va cădea aceeași tensiune ca pe fiecare dintre rezistorii din grupare: $U=U_1=U_2$. Se poate scrie: $I_1=\frac{U}{R_1}$; $I_2=\frac{U}{R_2}$; $I=\frac{U}{R_P}$; $I=I_1+I_2$, iar rezistența rezistorului echivalent este dată de formula: $\frac{1}{R_P}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}$.

Aplic

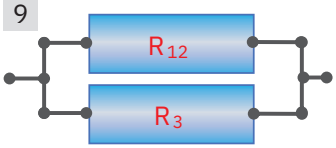
1 **Problemă rezolvată.** Din necesități de proiectare, în practica circuitelor electrice și electronice se utilizează și grupări combinate (mixte) de rezistoare electrice. În figura 8 este prezentată o astfel de grupare. Determină rezistența echivalentă a grupării, știind rezistențele R_1, R_2 și R_3.

8



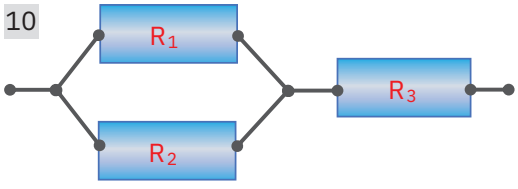
Rezolvare. Pentru a afla rezistența echivalentă a grupării, întâi se exprimă rezistența electrică a grupării în serie din partea superioară a montajului: $R_{12}=R_1+R_2$, apoi se exprimă rezistența echivalentă a montajului, folosind relația pentru gruparea în paralel (figura 9): $\frac{1}{R_{ech}}=\frac{1}{R_{12}}+\frac{1}{R_3}$, de unde rezultă: $R_{ech}=\frac{R_3R_{12}}{R_3+R_{12}}$.

9



2 Determină rezistența echivalentă a grupării mixte de rezistori reprezentate în figura 10. Se cunosc rezistențele R_1, R_2 și R_3.

10



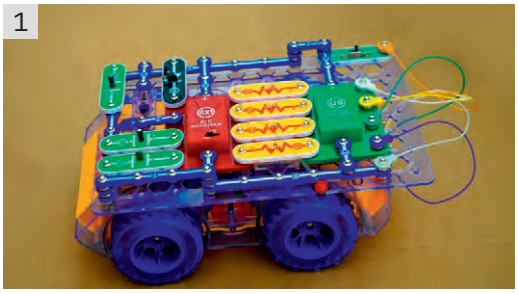
3 Ce rezistențe electrice din lista de valori standardizate poți utiliza pentru a obține o rezistență cât mai apropiată de 15 ohmi? Cum trebuie să le grupezi?

Extindere: Teoremele lui Kirchhoff

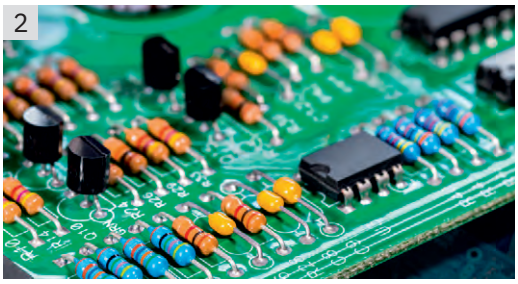
Observ

Dezvoltarea științei și a tehnicii a impus utilizarea pe scară largă a unor circuite electrice din ce în ce mai complexe, care formează rețele electrice. În imaginea 1 se observă circuitul electric al unui mini-robot, iar în imaginea 2 se vede o parte dintr-o placă de bază a unui computer. Analizează cele două imagini împreună cu colegii și profesorul și identifică dispozitivele electrice din circuite.

1



2



Concluzie

În imaginea 2 se pot identifica:

- dispozitive electrice: rezistori, întrerupătoare, tranzistori, fire de legătură, circuite integrate etc.;
- elemente de circuit: contacte între dispozitivele electrice, grupări formate din dispozitive electrice etc.

Reține

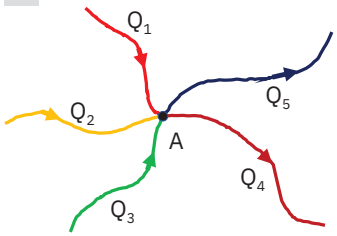
O rețea electrică, oricât de complicată, este constituită din trei elemente distincte: noduri, linii și ochiuri.

Nodul de circuit reprezintă intersecția și contactul fizic a cel puțin trei conductoare electrice. (Vezi figura 3.)

Latura de circuit este o succesiune de elemente de circuit conectate unul după altul între două noduri succesive, astfel încât prin aceste elemente să circule același curent electric.

Ochiul de circuit reprezintă un ansamblu de cel puțin două laturi, conectate astfel încât să formeze un contur închis.

3



Experimentez

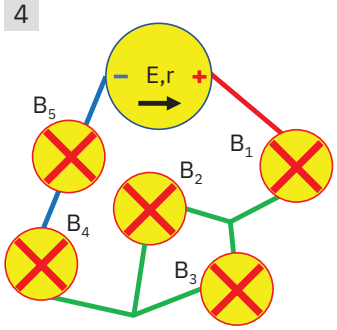
Teorema I a lui Kirchhoff

Materiale necesare: o sursă de tensiune, 5 becuri sau 5 rezistori, un ampermetru, fire de legătură.

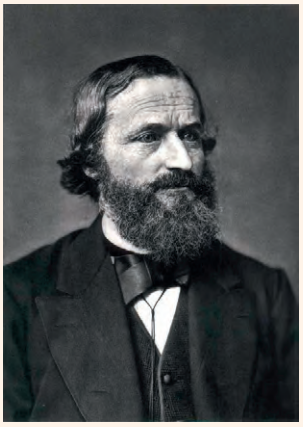
Modul de lucru: Desenează circuitul din figura 4. Notează cu litere mari nodurile și cu cifre romane ochiurile. Figurează curenții și notează-i cu simboluri cu indici (I_1, I_2, ... etc). Realizează circuitul în laborator. Măsoară cu un ampermetru intensitățile curenților din fiecare latură a circuitului. Scrie în caiet: câte noduri (n), câte laturi (l) și câte ochiuri (o) are rețeaua electrică și valorile intensităților curenților din laturile circuitului. Încearcă să descoperi relații dintre intensitățile curenților dintr-un nod.

Concluzie: Dacă măsurătorile sunt corecte, se observă că între curenții care se întâlnesc într-un nod există relații algebrice simple.

4



ȘTIAI CĂ?



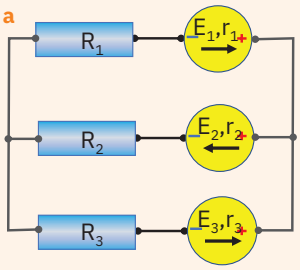
Gustav Robert Kirchhoff

Pentru a înțelege funcționarea unui circuit complex și a-l proiecta, s-a dovedit că utilizarea legilor lui Ohm este necesară, dar nu și suficientă. Astfel, au apărut noi tehnici de abordare a circuitelor, dintre care s-au remarcat teoremele lui Kirchhoff (Gustav Robert Kirchhoff, fizician, chimist, matematician și inginer german, 1824 – 1887). Kirchhoff a formulat legile circuitului electric în 1845, pe când era încă student. El a finalizat acest studiu ca un exercițiu de seminar, iar ulterior l-a dezvoltat în disertația sa de doctorat. Kirchhoff și Robert Bunsen au inventat spectroscopul, pe care l-au folosit în identificarea elementelor din Soare. În 1859 au arătat că Soarele conține sodiu. Apoi, în 1861 au descoperit cesiul și rubidiul. Kirchhoff a contribuit foarte mult și la studiul spectroscopiei, formulând trei legi care descriu compoziția spectrală a luminii emise de obiectele incandescente.

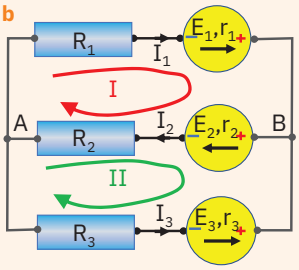
PORTOFOLIU

Tehnica rezolvării circuitelor prin aplicarea teoremelor lui Kirchhoff

a



b



Privește cu atenție circuitul din figura **a**. Consideră că se cunosc valorile numerice ale tensiunilor electromotoare, ale rezistențelor și ale rezistențelor interne. Trebuie să determini intensitățile curenților electrici. Cum vei proceda?

1 Numără nodurile *n* și notează-le cu majuscule.
2 Notează cu cifre romane ochiurile.
3 Notează curenții de pe laturile circuitului și reprezintă sensul lor (vezi figura **b**).
4 Scrie teorema I a lui Kirchhoff pentru un număr de noduri egal cu *n-1*.
5 Scrie a doua teoremă a lui Kirchhoff pentru ochiuri.

Reține

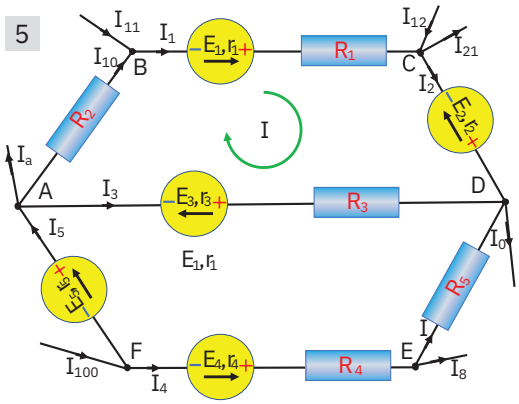
Prima teoremă a lui Kirchhoff. Suma algebrică a intensităților curenților care se întâlnesc într-un nod de circuit este nulă: $\sum_{k=1}^{n} I_k = 0$, unde intensitățile I_k pot fi pozitive sau negative, în funcție de modul în care trece curentul prin nod (intră în nod sau iese din nod).

Exemplu. În figura 3 este reprezentat un nod de circuit. Fiecărei sarcini electrice care trece prin cei cinci conductori conectați în nod îi corespunde un curent electric. Având în vedere legea conservării sarcinii electrice (suma sarcinilor electrice care intră în nod este egală cu suma celor care ies din nod), putem scrie: $Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_4 + Q_5$. Împărțind această relație la durata trecerii curentului electric prin nod, rezultă: $\frac{Q_1}{\Delta t} + \frac{Q_2}{\Delta t} + \frac{Q_3}{\Delta t} = \frac{Q_4}{\Delta t} + \frac{Q_5}{\Delta t}$, ceea ce duce la relația: $I_1 + I_2 + I_3 = I_4 + I_5$. Se poate spune că suma curenților care intră în nod este egală cu suma curenților care ies din nod, o altă modalitate de enunțare a primei teoreme a lui Kirchhoff.

Experimentez

Desenează în caiet rețeaua electrică din figura 5. Determină numărul de noduri, laturi și ochiuri. Alege pentru ochiul I un sens de parcurs așa cum este reprezentat în figură și exprimă diferența de potențial dintre perechile de puncte *A* și *B*; *B* și *C*; *C* și *D*; *D* și *A*, aplicând rezultatul obținut la legea lui Ohm pentru tensiunea electrică dintre două puncte: $U_{AB} + E = I(R + r)$. Ce relații poți obține între tensiunile electromotoare și tensiunile pe rezistorii din ochiul considerat?

5



Concluzie: Pentru ochiul I, alegem să parcurgem laturile circuitului aplicând ceea ce am studiat la legea lui Ohm, pentru toate cele patru laturi ale ochiului: $V_A - V_B = I_{10}R_2$; $V_B - V_C + E_1 = I_1(R_1 + r_1)$; $V_C - V_D - E_2 = I_2 r_2$; $V_D - V_A + E_3 = -I_3(R_3 + r_3)$. Adunând membru cu membru relațiile anterioare, obținem: $E_1 - E_2 + E_3 = I_{10}R_2 + I_1(R_1 + r_1) + I_2 r_2 - I_3(R_3 + r_3)$. Acest tip de rezultat se regăsește în toate evaluările realizate pentru ochiuri de circuit, deci se poate trage concluzia că are caracter general.

Reține

A doua teoremă a lui Kirchhoff. Suma algebrică a tensiunilor electromotoare pentru un ochi de circuit este egală cu suma algebrică a căderilor de tensiune din acel ochi de circuit: $\sum_{k=1}^{n} E_k = \sum_{k=1}^{m} R_k \cdot I_k$, unde termenii sumelor pot fi pozitivi sau negativi, în funcție de sensul tensiunii sau al intensității în raport cu sensul ales arbitrar pentru ochiul considerat.

Aplic

Alege un sens de parcurs pentru ochiul ADEFA din figura 5 și scrie expresia teoremei a doua a lui Kirchhoff. Alege un sens pentru ochiul ABCDEFA din figura 5 și scrie expresia teoremei a doua a lui Kirchhoff. Analizând relații scrise pentru cele trei ochiuri ale circuitului din figura 5, formulează o concluzie.

Gruparea generatoarelor identice (studiu experimental)

Observ

Condițiile tehnice concrete de realizare a unor circuite electrice impun uneori utilizarea de tensiuni sau de intensități ale curenților mai mari decât se pot obține de la o singură sursă. Astfel, a apărut necesitatea grupării surselor de tensiune (imaginile 1 și 2). Este vorba despre pile electrochimice, deoarece alimentatoarele au de regulă prin construcție posibilitatea de reglare a tensiunii furnizate. Prin gruparea mai multor surse se obține o „sursă echivalentă". Pentru a utiliza corect această sursă, este necesar să îi cunoaștem caracteristicile: tensiunea electromotoare echivalentă și rezistența internă echivalentă. Identifică dispozitivele din imaginile 1 și 2, care utilizează mai multe baterii. Observă aparatele și dispozitivele utilizate în viața cotidiană și găsește câteva care funcționează cu grupări de baterii.

1



2



Concluzie

În imaginea 1 se observă o telecomandă de televizor, iar în imaginea 2 – un aparat de fotografiat. Iată câteva exemple de aparate electrice care funcționează cu grupări de baterii: lanternele, jucăriile electrice, dronele, periuțele de dinți electrice, ceasurile electrice etc.

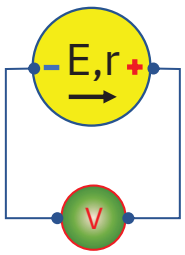
Experimentez

1 Determinarea parametrilor unei baterii

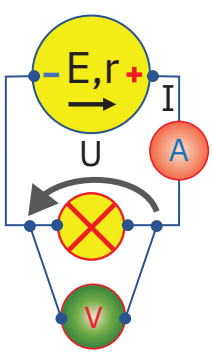
Materiale necesare: o baterie, un voltmetru, un ampermetru, un bec, fire de legătură.

Modul de lucru: Realizează montajul electric din figura 3. Ce semnificație are valoarea tensiunii? Dacă bateria nu alimentează un consumator, se spune că funcționează „în gol". În continuare, realizează circuitul din figura 4 și notează indicațiile ampermetrului și voltmetrului I și U. Calculează tensiunea electromotoare și rezistența internă a bateriei utilizând valorile măsurate.

3



4



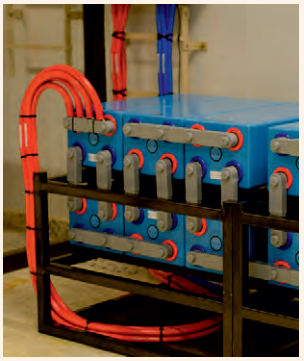
Concluzii: Tensiunea măsurată în montajul din figura 3 este chiar tensiunea electromotoare a bateriei. Legea lui Ohm pentru întreg circuitul se scrie: $I = \frac{E}{R+r}$, iar pentru bec, $I = \frac{U}{R}$. Obținem: $r = \frac{E-U}{I}$.

Exemplu. Pentru verificarea valorii orientative a unei baterii de 4,5 V, datele culese la un astfel de experiment au fost: E = 4,65 V, U = 3,5 V și I = 0,24 A. Rezultă $r \cong 4{,}79\ \Omega$.

ȘTIAI CĂ?

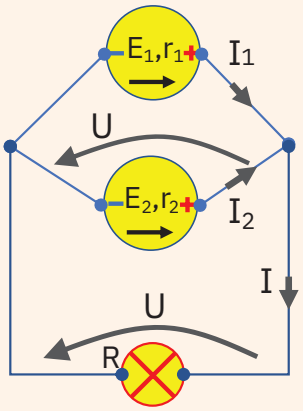
Sistemele de backup:

- sunt acele sisteme de rezervă care se folosesc în cazurile în care se înregistrează căderi de curent electric și au drept scop principal prevenirea unor daune cauzate de oprirea din funcționare a unor aparate electrice;
- sunt necesare la spitale, cabinete medicale, supermarketuri, centre comerciale, clădiri de birouri, dar și pentru locuințe, deoarece asigură o sursă de energie de neîntrerupt. Sistemele de backup se intercalează între rețeaua electrică și consumatori, prevenind întreruperea cu energie a consumatorilor electrici.
- conțin baterii ce furnizează curent continuu, care poate fi utilizat direct la unele tipuri de echipamente sau poate fi transformat în curent alternativ. Bateriile pot furniza energie minute, ore sau zile, în funcție de proiectarea sistemului electric. Cel mai frecvent, bateriile alimentează circuitele electrice în timpul întreruperilor scurte cu tensiune electrică de la rețea, care durează doar câteva secunde.



ȘTIAI CĂ?

Gruparea în paralel a două generatoare diferite



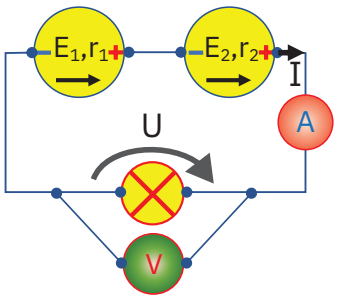
Grupăm două baterii diferite în paralel și apoi conectăm gruparea la bornele unui bec, ca în figura de mai sus. Aplicând teoremele lui Kirchhoff pentru circuitul respectiv, se obțin relațiile: $U - E_1 = I_1 r_1$; $U - E_2 = -I_2 r_2$; $U = IR$; $I = I_1 + I_2$.
Rezultă astfel relația:

$I = \frac{E_P}{R + r_P}$, unde $E_P = \frac{\frac{E_1}{r_1} + \frac{E_2}{r_2}}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}}$

reprezintă tensiunea electromotoare echivalentă a celor două surse, iar $r_P = \frac{1}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}}$ reprezintă rezistența internă a sursei echivalente.

2 Gruparea în serie a generatoarelor

Materiale necesare: două baterii cu parametrii determinați în montajul anterior, un voltmetru, un ampermetru, un bec, fire de legătură.

5


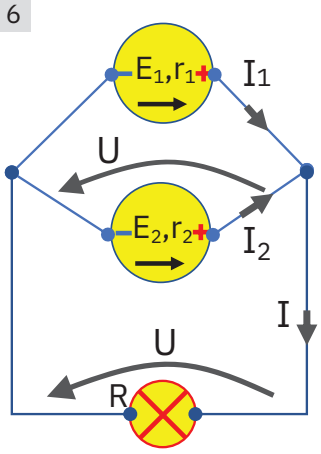
Modul de lucru: Realizează montajul electric din figura 5, în care conectează două baterii în serie. Măsoară tensiunea electromotoare a grupării, E_S (la mers în gol), și apoi tensiunea și intensitatea la funcționare în sarcină. Calculează rezistența internă a grupării, r_S, prin metoda cunoscută. Compară rezultatele cu datele individuale ale celor două baterii și formulează concluzii. Verifică rezultatele experimentale aplicând teoremele lui Kirchhoff.

Concluzii: Tensiunea electromotoare echivalentă este suma tensiunilor electromotoare ale bateriilor din grupare, iar rezistența internă echivalentă este egală cu suma rezistențelor interne ale bateriilor.

Teorema a doua a lui Kirchhoff pentru circuitul analizat este: $E_1 + E_2 = I(R_{bec} + r_1 + r_2)$. Această relație, scrisă sub forma: $I = \frac{E_1 + E_2}{R_{bec} + r_1 + r_2} = \frac{E_S}{R_{bec} + r_S}$, reprezintă legea lui Ohm pentru întregul circuit. Pentru o grupare în serie de n surse identice: $E_s = n \cdot E$, $r_s = n \cdot r$.

3 Gruparea în paralel a generatoarelor

Materiale necesare: două baterii identice cu parametrii cunoscuți, un voltmetru, un ampermetru, un bec, fire de legătură.

6


Modul de lucru: Folosește bateriile cu parametrii cunoscuți și realizează circuitul din figura 6. Măsoară tensiunea la bornele grupării la mers în gol și apoi tensiunea și intensitatea curentului la funcționarea în sarcină. Caută relații între valorile măsurate și cele cunoscute pentru cele două surse. Repetă măsurătorile pentru cazul simplu în care cele două surse sunt identice. Comentează rezultatul.

Concluzii: Pentru cazul particular în care cele două surse sunt identice se obține: $E_1 = E_2 = E_P$ și $r_P = \frac{r}{2}$. Rezultă că intensitatea curentului prin consumatorul extern este mai mare decât în cazul folosirii unei singure surse.

Reține

- O grupare de generatoare conectate în serie este echivalentă cu un generator echivalent care are parametrii: $E_S = E_1 + E_2 + E_3 + \ldots$ și $r_S = r_1 + r_2 + r_3 + \ldots$.
- Dacă avem mai multe baterii la dispoziție și avem nevoie de o tensiune mai mare decât a unei baterii, grupăm în serie bateriile. Dacă avem nevoie de un curent de o intensitate mai mare pentru un anumit circuit, grupăm bateriile în paralel.

Aplic

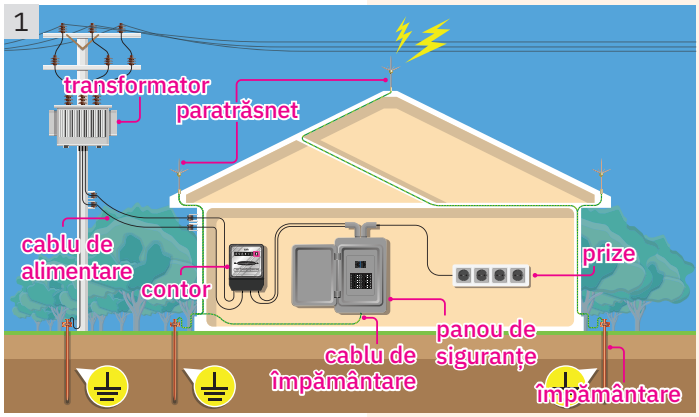
Ai observat că în comerț se găsesc baterii chimice de 1,5 V, mai mici sau mai mari, de 4,5 V, și de 9 V. Dacă desfaci o baterie de 4,5 V, vei găsi în ea trei cilindri identici, cuplați electric între ei. Dacă înlături învelișul unei baterii de 9 V, vei găsi șase elemente suprapuse, între care există contact electric. Ce concluzie se poate exprima? Documentează-te și oferă un răspuns adecvat.

Energia și puterea electrică

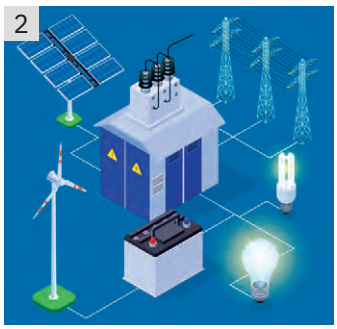
Observ

În viața cotidiană utilizăm o mare diversitate de aparate și dispozitive electrice, de la becuri până la automobile sau trenuri electrice. Pentru a funcționa, aceste aparate sunt conectate la circuite electrice care conțin surse de energie electrică. Identifică sursele de energie electrică din imaginea 2. Energia electrică este transmisă de la sursele electrice la consumatori prin rețele electrice. Analizează imaginea 1, identifică elementele electrice prin care se transmite energia electrică de la rețeaua publică la o locuință și notează-le în caiet. Aparatele electrice funcționează normal pentru anumiți parametri (tensiune, intensitate și putere). În funcție de utilitatea aparatului, de modul de alimentare cu energie electrică și de construcția sa, acesta poate fi un consumator de putere mică (de exemplu, un bec de lanternă – 5 W), de putere medie (de exemplu, o mașină de spălat rufe – 500 W) sau un consumator de mare putere (motor electric industrial – 20 MW).

1



2



Concluzie

Surse de energie electrică pot fi: generatorul solar, generatorul eolian, acumulatorul chimic. Exemple de consumatori electrici: automobilul, televizorul, mașina de spălat, cafetiera, becul, telefonul, frigiderul.

Reține

Energia electrică a unei surse electrice reprezintă capacitatea sa de a determina stabilirea unui curent electric printr-un circuit. **Puterea electrică** reprezintă energia electrică consumată în unitatea de timp: $P = \frac{W}{\Delta t}$, $[P]_{SI}$ = W = J/s.

Observație: În domeniul tehnic se utilizează o unitate de energie specială, kilowattul-oră (kWh), 1 kWh = 10^3 W · 3600 s = 36 · 10^5 Ws = 36 · 10^5 J.

Experimentez

Determinarea puterii electrice

Materiale necesare: o sursă de tensiune, un ampermetru, un voltmetru, un bec, un reostat, fire de legătură.

Modul de lucru

- Realizează circuitul electric simplu prezentat în imaginea 3. **Atenție!** Nu depăși valorile tensiunii și intensității notate pe elementele de circuit, utilizează ochelari de protecție și lucrează în prezența unui adult!
- Măsoară intensitatea curentului electric ce trece prin circuit și tensiunea electrică de la bornele becului. Trece datele într-un tabel de tipul celui alăturat. Reprezintă grafic caracteristica curent – tensiune a becului. Analizează graficul obținut și compară-l cu caracteristica curent – tensiune a unui rezistor, analizată în lecțiile anterioare. Explică diferențele observate.

3



Nr. det.	U (V)	I (mA)
1		
...		
...		
...		

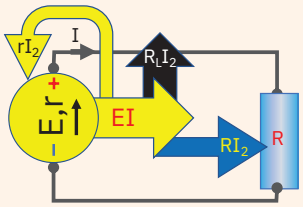
INVESTIGAȚIE

Wattmetrul utilizat în practică

Pentru măsurarea puterii electrice în diferite locuri dintr-un circuit electric, în locul utilizării unui ampermetru și a unui voltmetru, se utilizează un aparat special de măsură numit wattmetru. Acesta are o structură complexă și se montează în circuit în trei puncte, astfel încât să măsoare simultan și intensitatea curentului care trece printr-un consumator, dar și tensiunea la bornele lui. Scala wattmetrului este gradată direct în unități de putere. Conectează un wattmetru în diferite circuite electrice simple și măsoară puterea consumată de circuit. Observă cum se modifică puterea la schimbarea rezistenței din circuit. Formulează o concluzie. Pentru a sensibiliza populația cu privire la economisirea energiei electrice prin reducerea consumului, au fost concepute și introduse în circuitul economic prize care au încorporate wattmetre digitale. Astfel, utilizatorul casnic poate monitoriza puterea distribuită prin acea priză.

INVESTIGAȚIE

Bilanțul puterilor într-un circuit simplu



În figura de mai sus este prezentat intuitiv bilanțul puterilor într-un circuit simplu, format dintr-o sursă electrică, un consumator și o linie de alimentare (fire de legătură). Puterea totală furnizată de sursă este: $P_{tot} = EI$ și reprezintă *puterea consumată*. Din aceasta, pe consumatorul de rezistență R ajunge puterea $P_R = RI^2$, care reprezintă *puterea utilă*. Pe linia de alimentare are loc o cădere de tensiune $U_L = IR_L$, care determină o putere $P_L = R_L I^2$, iar pe rezistența internă a sursei se regăsește puterea internă $P_{int} = rI^2$. Puterea pe linie și puterea pe rezistența internă constituie *puterea pierdută*. Randamentul circuitului este:

$$\eta = \frac{W_{utila}}{W_{consumata}} = \frac{P_{utila}}{P_{consumata}}.$$

Relația se mai poate scrie:

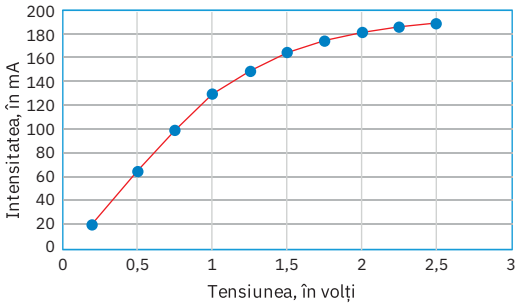
$$\eta = \frac{RI^2}{EI} = \frac{RI}{I(R+R_L+r)} = \frac{R}{R+R_L+r}$$

- Observă valorile indicate de aparatele de măsură și de sursa de tensiune din imaginea 3 și analizează diferențele dintre intensități și tensiuni. Calculează rezistența becului pentru diferite porțiuni ale graficului și formulează o concluzie. Identifică valorile tensiunii și puterii electrice notate pe bec și determină intensitatea și rezistența becului pentru aceste valori.

Concluzie

Anumite elemente de circuit funcționează corect pentru scopul în care au fost concepute numai la anumite valori ai parametrilor electrici, valori numite *parametri nominali*. De exemplu, un bec electric subalimentat are o rezistență mică și nu luminează. Rezistența lui electrică depinde de tensiunea de alimentare și nu respectă legea lui Ohm (rezistență neliniară). Caracteristica curent – tensiune a becului nu este un segment de dreaptă ca în cazul rezistorului, adică intensitatea curentului prin bec nu este proporțională cu tensiunea aplicată. Un astfel de element de circuit se numește neliniar, deoarece nu respectă legea lui Ohm pentru o porțiune de circuit. În graficul alăturat se observă caracteristica curent-tensiune a unui bec cu incandescență. Puterea electrică consumată de un bec este egală cu produsul dintre tensiunea de funcționare și intensitatea curentului electric: $P = U \cdot I$.

4



Reține

Valorile nominale inscripționate pe elemente precum becuri, aparate de încălzit etc. sunt o pereche dintre valorile P_n, I_n, U_n; $P_n = U_n \cdot I_n$.

Aplic

Problemă rezolvată. Din punct de vedere energetic, un circuit electric simplu cu baterie chimică este constituit din două componente: un furnizor de energie - sursa de tensiune electromotoare și consumatorii rezistivi de energie, caracterizați prin rezistența circuitului extern și respectiv rezistența internă a bateriei. Determină energia/puterea electrică cheltuită de bateria conectată la bornele unui rezistor, cât și energia/puterea electrică consumată de rezistor și de circuitul intern al bateriei.

Rezolvare: Măsura energiei cheltuite de baterie este dată de lucrul mecanic cheltuit pentru transportarea sarcinii q prin întregul circuit: $L = W_{tot} = Eq$, adică de produsul dintre tensiunea electromotoare a sursei și sarcina transportată. Știind că $I = \frac{q}{\Delta t} = \frac{E}{R+r}$, rezultă: $W_{tot} = \frac{E^2}{R+r}\Delta t$, ce reprezintă energia totală cheltuită în circuit. Această energie este compusă din energia cheltuită pe rezistența externă și cea cheltuită pe rezistența internă a bateriei. Deoarece $E = U + u$, se poate scrie: $W_{tot} = W_{tot} = (U + u)I\Delta t$, adică $W_{tot} = UI\Delta t + uI\Delta t =$ $= W_{ext} + W_{int}$. Considerând $U = IR$ și $u = Ir$, rezultă că energia consumată de circuitul exterior are expresia $W_{ext} = \frac{E^2R}{(R+r)^2}\Delta t$, iar energia consumată de circuitul intern al sursei este $W_{int} = \frac{E^2r}{(R+r)^2}\Delta t$. Puterea electrică totală a unui circuit este $P_{tot} = \frac{E^2}{R+r}$, puterea internă este $P_{int} = \frac{E^2r}{(R+r)^2}$, iar puterea externă: $P_{ext} = \frac{E^2R}{(R+r)^2}$.

Legea lui Joule

Observ

Dacă ești atent, poți observa că oamenii folosesc multe aparate, dispozitive, unelte electrice pentru căldura degajată de acestea. În figura 1 se vede partea din spate a unei plite electrice de bucătărie, iar în figura 2 sunt prezentate câteva încălzitoare și câteva aparate de lipit. Ce fenomen fizic se produce în aceste aparate și este utilizat practic? Identifică aparatele electrice din imaginile 1 și 2, apoi specifică utilitatea fiecăruia.

1



2



Concluzie

La trecerea curentului electric prin conductorii metalici, aceștia se încălzesc și generează căldură. În figura 1, corpul spiralat este un rezistor care se încinge când este parcurs de curent electric. În figura 2, dispozitivele spiralate sunt încălzitoare electrice uzuale cu care se obține apa caldă necesară în cantități mici pentru prepararea ceaiului, a cafelei etc. Celelalte sunt unelte electrice folosite în tehnica circuitelor, cu ajutorul cărora se topesc aliaje de lipit, datorită temperaturii mari de lucru (~340 °C). Acestea sunt instrumente de lucru obișnuite pentru elevii care participă la activități practice tehnice (electrotehnică, robotică etc.).

Reține

Fenomenul de încălzire a unui conductor metalic la trecerea curentului electric este denumit **efectul termic al curentului electric**.

Legea lui Joule: Căldura disipată de o porțiune de circuit care are rezistența electrică R este direct proporțională cu pătratul intensității curentului care parcurge acea porțiune, cu rezistența ei și cu durata trecerii curentului: $Q = I^2R\Delta t = UI\Delta t = \frac{U^2}{R}\Delta t$.

Aplic

1 **Problemă rezolvată.** Explică legea lui Joule pentru un rezistor de rezistență R, conectat la o tensiune U, utilizând noțiunile parcurse în lecțiile anterioare.

Rezolvare: Când curentul parcurge o porțiune de circuit, purtătorii de sarcină electrică sunt antrenați în mișcare de tensiunea de la capetele acelei porțiuni. Energia cheltuită este măsurată prin lucrul mecanic: $W = Uq = UI\Delta t$. Datorită ciocnirilor cu ionii rețelei din care este constituit conductorul, mișcarea purtătorilor de sarcină devine aproape haotică, similară agitației termice studiate la fenomenele termice. Efectul global este încălzirea conductorului parcurs de curent electric. Energia primită de conductor este transmisă mediului sub formă de căldură: $Q = W = UI\Delta t$. Având în vedere legea lui Ohm pentru o porțiune de circuit, relația se poate scrie: $Q = I^2R\Delta t$.

2 Pentru a afla calitățile unui încălzitor, niște elevi curioși au realizat un experiment simplu pentru a determina randamentul încălzitorului (figura 3). Au introdus în 400 g de apă, cu temperatura de 17,7 °C și căldura specifică 4180 J/kg·K, un încălzitor electric pe care este inscripționat 220 V; 0,5 kW. Din momentul cuplării la rețea, o elevă a declanșat cronometrul de pe telefonul mobil și, când au decuplat de la rețea încălzitorul, a oprit cronometrul. Acesta arăta 2 min 39 s, iar termometrul electronic indica 63 °C. Calculele lor au dus la concluzia că randamentul încălzitorului în acest experiment este de 95,27%. Verificați calculele lor. Cum explicați randamentul acesta atât de mare?

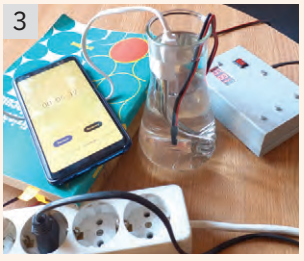
PORTOFOLIU

Aplicații practice ale efectului termic al curentului electric

O aplicație realizată ținând cont de efectul termic al curentului electric sunt rezistoarele speciale, care au rolul de a nu se încălzi la trecerea unor curenți mari. Conductorii din care sunt confecționate aceste rezistoare, inclusiv potențiometrul bobinat, trebuie să reziste la curenți mari fără să se încălzească. Materiale speciale cu astfel de proprietăți sunt diverse aliaje: **nichelină** (nichel și crom), **kanthal** (fier, crom, aluminiu), **constantan** (cupru, nichel), **manganină** (cupru, mangan, nichel) și altele.

Plecând de la exemplele date, găsește și alte aparate și dispozitive care utilizează efectul termic al curentului electric.

3



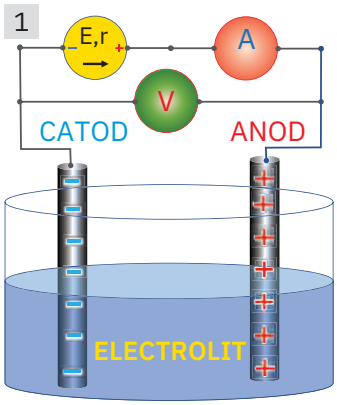
Extindere: Efectul chimic al curentului electric. Electroliza

ȘTIAI CĂ?

Importanța electrolizei (1)
Utilizând metode bazate pe electroliză se obțin substanțe de o mare puritate. Astfel, a luat amploare industria producătoare de metale pure prin alte metode decât cele metalurgice. Cuprul și aluminiul, de exemplu, se obțin, pe scară largă în industrie, din compuși ionici, prin metode electrolitice. Fără utilizarea acestor metode, probabil că și acum aluminiul ar fi la fel de scump ca atunci când a fost izolat prima dată; avea, în acel moment, un preț mai mare decât aurul. Azi, fabricile care produc aluminiul utilizează electroliza trioxidului de aluminiu (alumină, Al_2O_3) în stare de topitură. Trebuie făcută totuși următoarea remarcă: obținerea metalelor pe cale electrolitică în cantități industriale este extrem de energofagă. Dacă această energie este obținută prin metode clasice, poluante, constituie un pericol pentru sănătatea planetei. De aceea, este necesar să se dezvolte acele tehnologii care permit obținerea de energie electrică prin metode nepoluante sau utilizând resurse regenerabile.

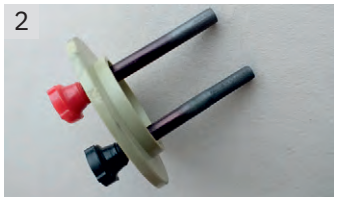
Observ

Prin aplicațiile sale industriale, efectul chimic al curentului electric prezintă o importanță deosebită. Studierea acestuia în laborator se realizează în principal cu ajutorul unui dispozitiv denumit **electrolizor** (figura 1). Analizează figura 1 și identifică elementele componente ale unui electrolizor.

1


Concluzie

Electrolizorul se compune dintr-o cuvă electrolitică (un vas adecvat), doi electrozi confecționați din materiale conductoare, sursă de tensiune, instrumente de măsură. Electrodul care este conectat la borna pozitivă a sursei se numește **anod**, iar cel care se conectează la borna negativă se numește **catod**. Sunt utilizați frecvent electrozii din cărbune, confecționați special pentru domeniul tehnic (nu combustibil). În figura 2 sunt prezentați doi electrozi fixați pe capacul electrolizorului, așa cum arată înainte de realizarea experimentelor. Piulițele de fixare ale electrozilor respectă codul culorilor din electricitate, adică la borna pozitivă se cuplează cel de culoare roșie.

2


Experimentez

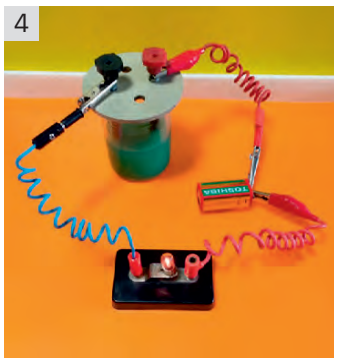
Electroliza

Materiale necesare: o baterie de 9 V, un electrolizor, apă distilată, un bec de lanternă cu tensiunea nominală în jurul valorii de 6 V, fire de legătură, un întrerupător, clorură cuprică.

Modul de lucru: Conectează în serie la bornele bateriei de 9 V un electrolizor, în cuva căruia vei pune apă distilată, și un bec (ca în figura 3). Observă cu atenție atât filamentul becului, cât și apa din cuva electrolitică, care aici este un pahar din sticlă. Notează ce observi. În apa distilată adaugă câteva grame (o linguriță) de clorură cuprică, $CuCl_2$, și amestecă până când soluția devine omogenă. Închide întrerupătorul și observă ce se întâmplă cu becul.

3


Concluzie: Faptul că becul nu luminează poate să sugereze că apa pură nu conține purtători liberi de sarcină electrică, electroni și ioni, care să conducă curentul electric. În urma dizolvării clorurii cuprice în apa distilată, becul luminează, iar în pahar se observă o anumită agitație, în special în jurul electrozilor (figura 4). Deci, prin amestecarea clorurii cuprice cu apă se obține o soluție cu proprietatea de a conduce curentul electric.

4


Reții

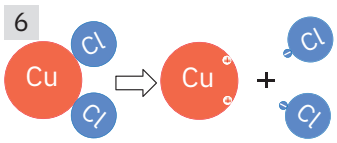
Procesul chimic prin care moleculele unei substanțe se descompun în ioni și electroni sau numai în ioni se numește **disociere electrolitică**. Această substanță complexă, rezultată în urma disocierii, se numește **electrolit**. Micile bule sesizate la anod sugerează degajarea unui gaz. La catod se observă o depunere roșiatică, care este cu atât mai semnificativă cu cât durata procesului este mai mare și cu cât curentul din circuit este mai intens (becul luminează mai puternic). Acest proces complex a fost denumit **electroliză**.

Observ

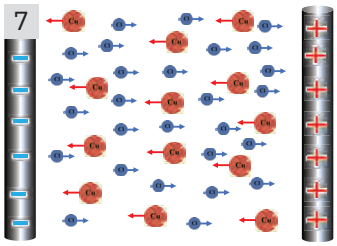
Analizează și explică fenomenele care au loc în timpul electrolizei clorurii cuprice.


5

Concluzie: În contact cu apa, clorura cuprică (o substanță cristalină, vezi figura 5) suferă la nivel molecular un proces de separare în ioni, sub acțiunea moleculelor de apă. Pentru o moleculă individuală de clorură cuprică, acest proces este descris în figura 6. Molecula neutră din punct de vedere electric, formată din doi atomi de clor și un atom de cupru, este divizată în ioni. Atomului de cupru îi lipsesc doi electroni și devine ion, cu două sarcini elementare pozitive. Cei doi atomi de clor au un surplus de câte un electron fiecare și devin ioni negativi: $CuCl_2 \Rightarrow Cu^{++} + 2Cl^-$. Datorită prezenței apei, acești ioni nu se recombină în molecula inițială de clorură cuprică, iar soluția electrolitică rezultată manifestă echilibru termodinamic, în absența unor factori externi. Având în vedere prezența în soluție a celor doi electrozi, va avea loc o migrare a ionilor. Purtătorii de sarcină pozitivă se deplasează spre electrodul negativ (catod) și se numesc cationi. Ionii negativi se deplasează spre electrodul pozitiv (anod) și se numesc anioni. Această deplasare a ionilor constituie un curent electric realizat de două tipuri de purtători de sarcină electrică: pozitivă și negativă. În figura 7 este prezentat acest proces. Când ionii ajung la electrozi, au loc următoarele procese.



6


7

- **La anod**, ionii de clor cedează un electron și devin atomi neutri, apoi doi atomi de clor se unesc și formează molecula de clor: $Cl^- - e \Rightarrow Cl$; $Cl + Cl \Rightarrow Cl_2\uparrow$. Săgeata orientată vertical în sus arată că moleculele de clor se degajă în atmosfera din jurul cuvei electrolitice. **Atenție:** clorul este un gaz toxic! Evitați inhalarea!
- **La catod**, ionii de cupru primesc câte doi electroni (reducere) și devin atomi neutri de cupru: $Cu^{++} + 2e^- \Rightarrow Cu\downarrow$. În timpul acceptării electronilor de la catod, atomii de cupru formați se depun pe electrodul din carbon. Dacă timpul de derulare al electrolizei este suficient, pe electrod se va observa o depunere cu tentă roșie: este cuprul metalic (figura 8).

Observație: Există situații speciale în care anodul se poate solubiliza în lichidul electrolitic și se consumă, iar atomii lui se transferă către catod.

Reține

Electroliza este procesul electrochimic prin care, sub acțiunea curentului electric, ionii dintr-un electrolit sunt separați și neutralizați la electrozi. În funcție de proprietățile substanțelor implicate în proces, pot avea loc depuneri solide sau degajări gazoase.

Aplic

În figura 9 este prezentată o medalie olimpică de aur, acordată primei gimnaste din istorie care a obținut nota 10 acordată de către toți arbitrii! Deși se numesc medalii „de aur", de câtva timp medaliile nu sunt din aur, ci din argint placat electrochimic cu aur, după un set de norme elaborat de Comitetul Olimpic Internațional. Pentru Olimpiada de Iarnă de la Peyong Chang din Coreea de Sud, care a avut loc în anul 2018, medalia de aur a avut următoarele caracteristici: 6 g aur; 92,5% argint; disc cu diametrul 92,5 mm. Utilizând tabele cu valori ale densităților și căldurilor specifice, află masa de argint, densitatea medaliei și căldura specifică a acesteia.

ȘTIAI CĂ?

Importanța electrolizei (2)
Prin electroliză se pot obține depuneri de foarte bună calitate, ce respectă cele mai mici neregularități ale anozilor, în straturi cu grosimea dorită. Galvanotehnica, o ramură industrială importantă, se ocupă cu depunerile metalice prin metode electrice. În cadrul galvanotehnicii distingem:

- galvanostegia, acoperirea unui metal cu un strat din alt metal, de regulă de grosime uniformă;
- galvanotipia, editarea de texte sau de matrițe pentru texte prin corodare sau depunere electrochimică;
- galvanoplastia, reproducerea în altorelief sau tridimensională a unor obiecte.


8

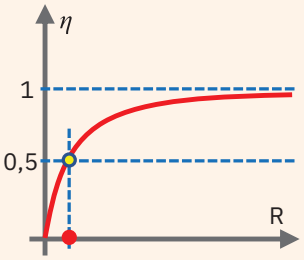


9

Extindere: Transferul de putere într-un circuit electric simplu de curent continuu

INVESTIGAȚIE

Randamentul de transmitere a puterii electrice într-un circuit electric simplu depinde doar de rezistențele din circuit. Expresia acestuia se poate scrie: $\eta = \frac{R}{R+r} = \frac{1}{1+\frac{r}{R}}$. Se vede că, dacă rezistența externă crește foarte mult, randamentul tinde către valoarea 1. Acest lucru este complet inutil, pentru că prin circuit în acest caz nu ar trece curent. Altfel spus, este obligatoriu să folosim circuitele electrice la valori subunitare utile pentru interesul utilizatorului. În graficul din figură, ce literă trebuie scrisă în dreptul bulinei roșii? Explică raționamentul!



Observ

Eticheta energetică (vezi imaginea 1) ilustrează, prin culori, săgeți sau literele alfabetului, eficiența energetică a unui aparat electric de uz casnic. Discută cu colegii și profesorul despre aceste etichete și explică semnificația și importanța lor pentru mediul înconjurător. Observă aparatele electrocasnice din jurul tău, citește eticheta energetică și formulează concluzii referitoare la eficiența energetică a acestora.

1



Concluzie

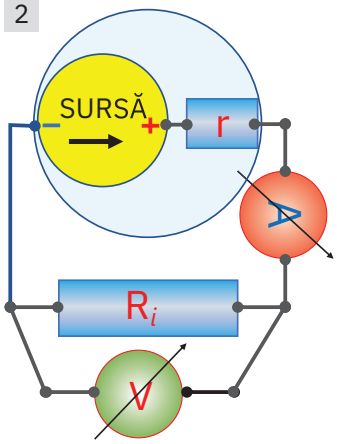
Schema de etichetare este bazată pe un „indice de eficiență energetică“, rezultat prin compararea consumului de energie al aparatului electric de uz casnic ce trebuie etichetat energetic cu consumul mediu de energie al modelului european, ales la nivelul anului 1993, folosind valori variabile în funcție de categoria aparatului.

Experimentez

Puterea transmisă în circuitul exterior

Materiale necesare: un alimentator (care are rezistența internă practic nulă), rezistor conectat în serie cu alimentatorul (r), zece rezistori sau un rezistor cu rezistența ce poate fi variată (reostat), un ampermetru, un voltmetru, fire de legătură.

2



Modul de lucru

Conectează la bornele alimentatorului cu rezistența r rezistorul în serie cu ampermetrul (figura 2), iar voltmetrul conectează-l la bornele rezistorului. Într-un tabel de tipul celui alăturat, notează valorile indicate de aparatele de măsură. Calculează valoarea puterii consumate de rezistor în fiecare caz. Repetă determinările pentru cel puțin 10 rezistori cu rezistențe electrice diverse. Reprezintă grafic puterea în funcție de rezistență. Analizează graficul și formulează concluzii. Explică concluziile observate.

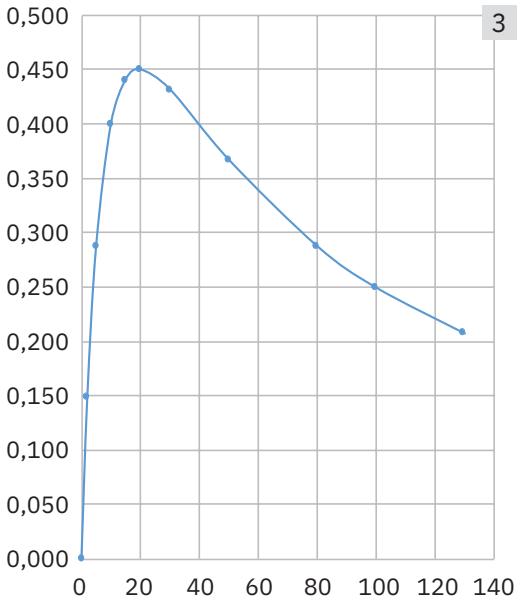
Exemplu: În urma determinărilor experimentale, un grup de elevi a obținut setul de date din tabelul alăturat. Sursa a fost reglată pentru tensiunea de 6 V și „rezistența internă“ r = 20 Ω.

Nr. det.	R (Ω)	U (V)	I (A)	P (W)
1	0	0	0,3	0,000
2	2	0,55	0,27	0,149
3	5	1,20	0,24	0,288
4	10	2,00	0,20	0,400
5	15	2,57	0,17	0,441
6	20	3,00	0,15	0,450
7	30	3,60	0,12	0,432
8	50	4,29	0,09	0,367
9	80	4,80	0,06	0,288
10	100	5,00	0,05	0,250
11	130	5,20	0,04	0,208

Concluzii

Se observă din datele experimentale că, deși rezistența externă crește tot timpul, puterea disipată pe ea crește până la o valoare maximă, iar apoi scade în mod continuu. Graficul puterii în funcție de rezistența rezistorului este prezentat în figura 3. Din grafic și din tabelul de date experimentale, rezultă că puterea transmisă în circuitul exterior este maximă în cazul în care rezistența externă are aceeași valoare ca rezistența internă a sursei. Pentru a explica această constatare interesantă, trebuie să recurgem la evaluări cantitative. Pentru început, să observăm că, pentru o putere dată,

debitată de generator, există două valori ale rezistenței externe care asigură acest transfer. Dacă ducem o linie orizontală pe grafic, de exemplu pentru punctul figurativ care corespunde rezistenței electrice de 80 Ω, observăm că puterea transmisă este 0,288 W, aceeași care se transmite dacă rezistența externă este de 5 Ω.



3

Putem să evaluăm că dependența rezistenței externe de celelalte elemente din expresia puterii transmise la consumator (în cazul în care se neglijează rezistența electrică a conductoarelor utilizate) este: $P_{ext} = \frac{E^2 R}{(R+r)^2}$. Din această relație se obține o ecuație de gradul al doilea: $R^2 + R\left(2r - \frac{E^2}{P}\right) + r^2 = 0$. Rădăcinile acestei ecuații sugerează că există, în principiu, două valori ale rezistenței externe care determină aceeași putere transmisă în circuitul exterior. Urcând pe axa puterilor în grafic, se vede că există o valoare maximă a puterii transmise de sursă circuitului exterior. Această valoare corespunde situației în care cele două rezistențe exterioare (date de soluțiile ecuației) au aceeași valoare. Această considerație corespunde condiției ca discriminantul ecuației să aibă valoare nulă: $\Delta = \left(2r - \frac{E^2}{P}\right)^2 - 4r^2 = 0$.

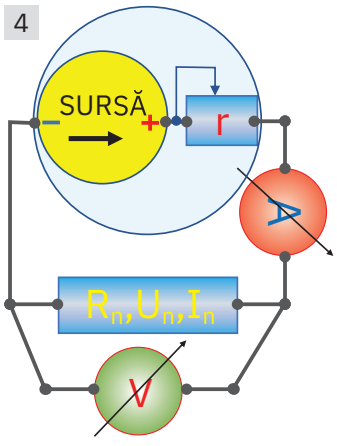
Reții

O sursă de tensiune transmite putere maximă în circuitul exterior de rezistență R dacă rezistența consumatorului este egală cu rezistența interioară a sursei, $R = r$ și $P_{max} = \frac{E^2}{4r}$, iar randamentul cu care se transmite puterea maximă în circuitul exterior este: $\eta = \frac{R}{R+r} = \frac{r}{r+r} = 0{,}5 = 50\%$.

Aplic

Problemă rezolvată

Un alimentator poate furniza, din fabricație, doar anumite tensiuni: 2 V, 6 V, 12 V, 24 V. Pentru alimentarea unui bec electric pe care se află inscripționat: 3,5 V, 0,25 A cu acest alimentator, se utilizează circuitul din figura 4, în care rezistorul r conectat în serie cu sursa este un potențiometru cu cursor, bobinat, pentru a suporta curenți mai mari, și care are rezistența la capetele fixe de 50 – 100 Ω. Arată cum se poate alimenta becul astfel încât să funcționeze la parametri nominali, utilizând alimentatorul și potențiometrul.



4

Rezolvare. Practic, avem la dispoziție o sursă echivalentă cu o baterie cu rezistență internă variabilă. Pornind de la valorile nominale citite pe soclul becului, se vede că valoarea 2 V nu poate fi folosită, deci mergem la următoarea valoare. Folosind relația pentru puterea transmisă în circuitul exterior, rezultă pentru rezistența internă a potențiometrului care se constituie în rezistență: $r = \frac{E - U_n}{I_n} = 10\,\Omega$. Acum becul va funcționa normal.

ȘTIAI CĂ?

Transferul de energie wireless

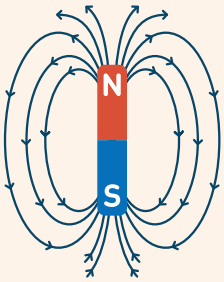


Transmisia wireless este un concept folosit recent și care se referă al transmisie de energie prin unde electromagnetice. Fenomenul este cunoscut și utilizat de la inventarea aparatelor și dispozitivelor electronice: aparate de emisie – recepție radio, dispositive radar, sisteme de televiziune, cuptoare cu microunde, telecomenzi etc. Un dispozitiv special denumit sursă transmite unde electromagnetice care sunt recepționate de diferiți receptori specializați. Energia transmisă prin undele electromagnetice este transformată la receptori în energie electrică și este utilizată pentru diferite scopuri. Tehnologia de transmisie wireless a energiei poate elimina utilizarea firelor și a bateriilor, crescând astfel mobilitatea, comoditatea și siguranța unui dispozitiv electronic. Aplicațiile acestei tehnologii includ încărcarea dispozitivelor portabile, cum ar fi telefoanele și periuțele de dinți electrice, încărcarea wireless sau transfer continuu de energie wireless în dispozitive medicale implantabile, precum stimulatoarele cardiace artificiale, sau în vehicule electrice, sateliții, aeronavele, dronele etc.

Studiul experimental (calitativ) al efectului magnetic. Electromagneții

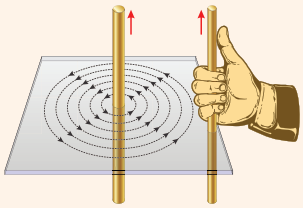
ŞTIAI CĂ?

Liniile de câmp magnetic ale unui magnet



Imaginea de mai sus ilustrează liniile de câmp magnetic datorate câmpului magnetic produs de un magnet în formă de bară. Acestea au sensul astfel încât intră în polul sud, traversează magnetul, ies din polul nord şi se închid în exteriorul magnetului.

Liniile de câmp magnetic ale unui curent rectiliniu

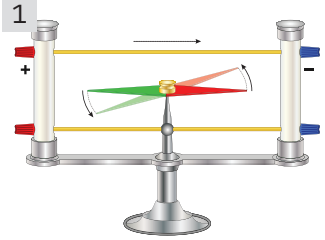


Câmpul magnetic produs de un curent electric depinde de intensitatea curentului electric, dar şi de sensul acestuia. Imaginea de mai sus ilustrează liniile de câmp magnetic în cazul unui curent electric rectiliniu. Se observă că acestea sunt cercuri concentrice în jurul curentului şi sunt într-un plan perpendicular pe acesta. Sensul lor poate fi determinat, formal, cu ajutorul mâinii drepte (regula mâinii drepte) poziționată ca în imagine; degetul mare arată sensul curentului electric, iar celelalte degete, sensul liniilor de câmp magnetic.

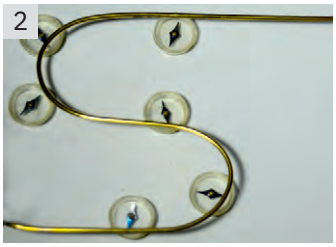
Observ

Existența curentului electric într-un mediu conductor determină producerea unor fenomene fizice cunoscute şi sub numele de efectele curentului electric. În anul 1819, fizicianul danez Hans Christian Oersted a descoperit că un ac magnetic interacționează cu un conductor prin care există curent electric ca şi cum acesta ar avea proprietăți magnetice. Ulterior, fizicianul francez André Marie Ampère a arătat că doi conductori prin care există curent electric interacționează magnetic. Imaginile următoare ilustrează cele precizate anterior.

1



2



3

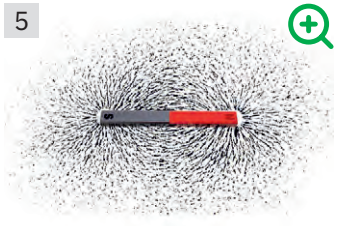


În imaginile 1 – 3 se remarcă un conductor prin care există un curent electric. Un ac magnetic, aflat în apropierea lui, deviază de la direcția N – S în funcție de orientarea conductorului. În imaginea 3 pilitura de fier presărată pe o suprafață aflată în plan orizontal se orientează concentric în jurul conductorului vertical când prin acesta există curent electric. În imaginile 4 și 5 se observă cum se orientează pilitura de fier în jurul unei bobine, prin ale cărui spire există curent electric, şi în jurul unui magnet în formă de bară. Explică fenomenele observate și formulează concluzii.

4



5



Concluzii

- Un ac magnetic deviază de la direcția N – S geografic doar dacă interacționează cu un alt magnet. Pentru că mediul conductor nu conține fier, ajungem la concluzia că deviația acului în apropierea unui conductor este produsă de existența curentului electric.
- Pilitura de fier se aşază în zonele unde există interacțiune magnetică; cu cât interacțiunea este mai intensă, cu atât particulele de pilitură sunt mai dense.
- Bobina prin spirele căreia există curent electric este o sursă de posibile interacțiuni magnetice, care se produc în zona din jurul acesteia.
- Spunem că în zona din jurul magnetului sau a curentului electric există un **câmp magnetic**; sursa acestui câmp este magnetul sau curentul electric. Cu cât sunt mai intense interacțiunile magnetice în jurul unei surse de câmp magnetic, cu atât mai intens este câmpul magnetic.

Experimentez

Evidențierea câmpului magnetic produs de un curent electric

Materiale necesare: o baterie electrică de 1,5 V de tip AA, un conductor din cupru, nu foarte subțire, un creion, un smartphone cu senzor magnetic şi aplicație software de tip busolă sau ac magnetic. Aplicațiile software se pot instala, fără niciun fel de costuri, din magazinele online.

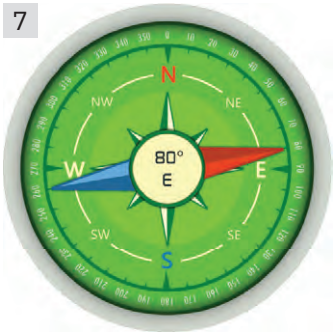
6



Modul de lucru

- Construiește o bobină, cu un singur rând de spire, înfăşurând conductorul în jurul creionului (vezi imaginea alăturată).

- Inițializează aplicația de tip busolă magnetică și verifică orientarea telefonului, astfel încât busola virtuală să funcționeze optim (imaginea 7).
- Cuplează, pentru scurt timp, bobina la bateria electrică și apropi-o foarte mult de suprafața telefonului. În timp ce se schimbă orientarea bobinei în raport cu suprafața telefonului, observă deviația acului busolei. Observă ce se întâmplă cu deviația acului busolei, la schimbarea sensului curentului ce trece prin bobină.

7


Atenție! Curentul electric din conductor duce la încălzirea acestuia (efectul termic al curentului electric), ceea ce poate duce la disconfort termic sau chiar la efecte mai grave. Protejează-te evitând contactul degetelor direct cu conductorul!

Concluzii

- Câmpul magnetic produs de curentul electric din bobină interacționează cu câmpul magnetic al Pământului și modifică orientarea acului busolei.
- Schimbarea sensului curentului electric modifică orientarea câmpului magnetic al bobinei, ceea ce face ca acul bobinei să devieze în sens invers.

Electromagnet

Materiale necesare: o baterie electrică de 1,5 V de tip AA, conductor din cupru, nu foarte subțire, un cui din fier, agrafe de birou.

8


Modul de lucru

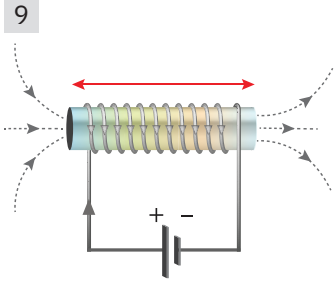
- Construiește o bobină cu un singur rând de spire, înfășurând conductorul în jurul cuiului (vezi imaginea 8).
- Conectează capetele bobinei la bornele bateriei electrice, se apropie agrafele de birou de capetele cuiului şi se observă interacțiunea.

Concluzie

Miezul din fier al bobinei face ca dispozitivul bobină-miez să devină un magnet veritabil; un astfel de dispozitiv este cunoscut sub numele de **electromagnet**.

Reține

- **Efectul magnetic** constă în apariția unui câmp magnetic în jurul unui conductor parcurs de curent electric; cauza fenomenului este doar curentul electric.
- Câmpul magnetic se manifestă prin interacțiuni magnetice. Sursele unui câmp magnetic pot fi magneții sau curenții electrici.
- Câmpul magnetic se poate reprezenta cu ajutorul liniilor de câmp magnetic care evidențiază zonele în care pot exista interacțiuni magnetice; acesta este motivul pentru care pilitura de fier se așază de-a lungul acestor linii. Imaginea 9 evidențiază aceste linii pentru o bobină. Se observă că sensul lor depinde de sensul curentului electric.
- Câmpul magnetic al unei bobine este mult mai intens dacă bobina conține un miez feromagnetic. Dispozitivul este cunoscut sub numele de electromagnet.

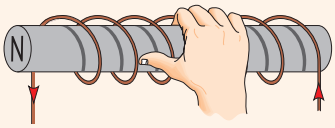
9


Aplic

Investighează dacă o bobină cu un miez care nu conține fier poate fi electromagnet.

ŞTIAI CĂ?

Liniile de câmp magnetic ale unei bobine



O bobină ale cărei spire sunt străbătute de un curent electric este similară cu un magnet în formă de bară din punct de vedere al distribuției liniilor de câmp magnetic. Sensul acestora se poate determina, formal, cu ajutorul mâinii drepte poziționate ca în figura de mai sus (degetul mare indică sensul liniilor de câmp prin bobină, iar celelalte degete indică sensul curentului prin spirele bobinei).

Cât de intens este un câmp magnetic?

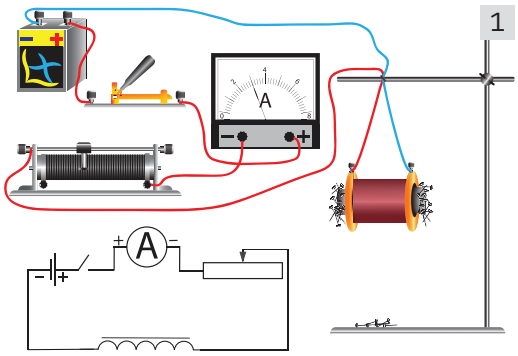
Mărimea fizică vectorială care arată cât de intens este un câmp magnetic se numește inducția câmpului magnetic și se notează cu $\vec{B}$. Această mărime se poate reprezenta, în orice punct din câmp, printr-un vector tangent la linia de câmp magnetic şi în planul acesteia. Valoarea inducției poate fi determinată experimental. Unitatea de măsură în SI este tesla, $[B]_{SI}$ = T. Senzorul magnetic al unui smartphone poate evalua inducția câmpului magnetic prin intermediul unei aplicații software.

Forța exercitată de un electromagnet în funcție de intensitatea curentului şi parametrii constructivi ai bobinei

Observ

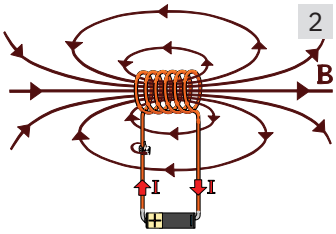
Forța exercitată de un electromagnet depinde, în primul rând, de câmpul magnetic produs de bobina acestuia.
Imaginile alăturate prezintă, schematic:

- un montaj electric care conține un electromagnet, aflat într-un circuit electric simplu, dar care permite modificarea caracteristicilor curentului electric din spirele bobinei (figura 1); explică cum poate fi utilizat acest montaj pentru studiul forței electromagnetice;



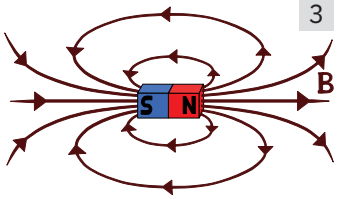
1

- o bobină şi liniile de câmp magnetic rezultate când în spirele acesteia există curent electric (figura 2); spune ce semnificație are mărimea notată cu B;



2

- un magnet în formă de bară şi liniile câmpului magnetic produs de acesta (figura 3); identifică regula prin care se asociază un sens liniilor de câmp magnetic.



3

Concluzii

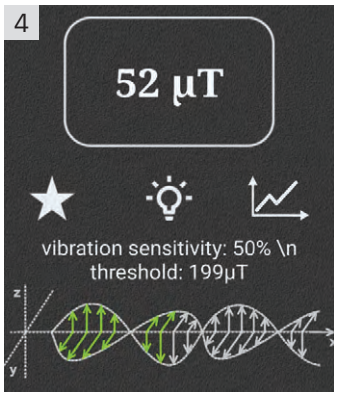
- Reostatul din circuitul electric permite modificarea intensității curentului electric din bobină; montajul poate fi folosit pentru studiul forței de atracție a electromagnetului în funcție de intensitatea curentului electric şi de parametrii constructivi ai bobinei.
- Bobina şi magnetul în formă de bară produc un câmp magnetic asemănător; deosebirea constă în faptul că, în cazul bobinei, câmpul poate fi modificat foarte uşor, prin modificarea intensității curentului electric şi a geometriei bobinei. Notația *B* din imaginile respective face referire la mărimea fizică numită *inducția* câmpului magnetic, care arată cât de intens este câmpul magnetic. Măsurarea inducției ne poate furniza informații despre câmpul magnetic și implicit despre forța de atracție a electromagnetului.

Experimentez

Dependența câmpului magnetic al unei bobine de curentul electric şi parametrii constructivi ai bobinei

Experimentul 1

Materiale necesare: două baterii electrice de 1,5 V de tip AA, un conductor din cupru – nu foarte subțire, un creion, un smartphone cu senzor magnetic şi aplicație software care măsoară inducția câmpului magnetic (vezi imaginea alăturată). Aplicațiile software se pot instala, fără niciun fel de costuri, din magazinele online.



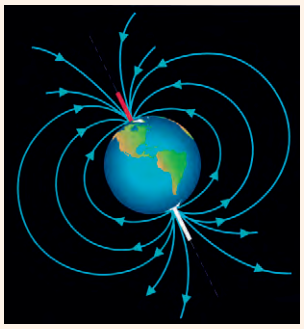
4

Modul de lucru

• Construiește două bobine, cu un singur rând de spire, de aproximativ aceeaşi lungime, dar cu număr de spire mult diferit. • Inițializează software-ul care măsoară inducția câmpului magnetic. • Cuplează bobinele, pe rând şi pentru scurt timp, la una dintre bateriile electrice şi se apropie foarte mult de suprafața telefonului. Se urmărește, pentru fiecare bobină, valoarea numerică indicată. • Cuplează una dintre bobine, pe rând şi pentru scurt timp, la

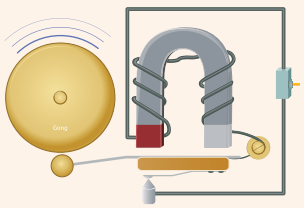
ŞTIAI CĂ?

Câmpul magnetic al Pământului



Câmpul magnetic al Pământului, cunoscut și sub denumirea de câmp geomagnetic, este generat de curenții electrici corespunzători curenților de convecție ai fierului topit din partea exterioară a nucleului Pământului. Simplificat, Pământul poate fi socotit un magnet cu direcția polilor înclinată la un unghi de aproximativ 11 grade față de axa de rotație a Pământului, ca și cum ar exista un magnet-bară plasat la acel unghi în centrul Pământului. Polul sud magnetic este situat în apropierea Groenlandei, în emisfera nordică, iar polul nord magnetic este situat în apropierea polului sud geografic. Polul Nord și Sud magnetic se pot schimba relativ brusc.

Soneria electrică

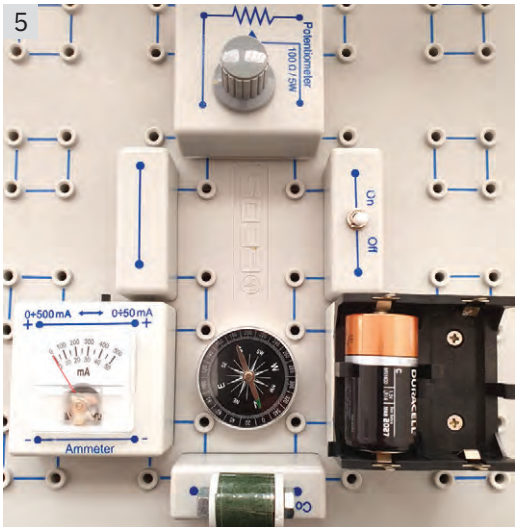


Dispozitivul este compus dintr-un electromagnet, o lamelă elastică care are la capăt o bilă şi care poate lovi un clopot.

o baterie electrică şi apoi la cele două baterii electrice cuplate în paralel. Urmăreşte, pentru fiecare caz, valoarea numerică indicată. • Modifică lungimea uneia dintre bobine (comprimând sau depărtând spirele acesteia). • Cuplează bateria electrică şi compară valoarea numerică indicată de instrumentul virtual cu valoarea indicată pentru altă lungime a bobinei. Atenție! Curentul electric din conductor duce la încălzirea acestuia; protejează-te în acest sens evitând contactul degetelor direct cu conductorul şi reducând timpul de lucru!

Experimentul 2

Materiale necesare: sursă electrică de curent continuu, reostat/potențiometru, bobine cu număr diferit de spire, miez feromagnetic, ampermetru, ac magnetic (vezi imaginea 5 şi imaginile de pe coloană).



Modul de lucru

• Construiește un montaj electric care permite modificarea intensității din spirele bobinei unui electromagnet. • Pentru diferite valori ale intensității curentului electric, compară orientările acului magnetic. • Repetă determinările anterioare pentru un electromagnet a cărui bobină are un număr diferit de spire față de cazul precedent.

Concluzii

- Câmpul magnetic al bobinei este cu atât mai intens cu cât intensitatea curentului electric, prin spirele bobinei, este mai mare, cu cât numărul de spire al bobinei este mai mare şi cu cât lungimea bobinei este mai mică.
- Forța exercitată de electromagnet este cu atât mai mare cu cât câmpul magnetic produs de bobina electromagnetului este mai intens.

Reține

- Inducția câmpului magnetic $\vec{B}$ este o mărime fizică vectorială care este proporțională cu intensitatea câmpului magnetic. Valoarea ei, în cazul câmpului magnetic al unei bobine, poate fi determinată, în interiorul bobinei, cu ajutorul relației $B = \mu \frac{N \cdot I}{\ell}$, unde N este numărul de spire al bobinei, I este intensitatea curentului electric din spirele bobinei, ℓ este lungimea bobinei, iar μ, o mărime fizică numită permeabilitate magnetică, care caracterizează proprietățile magnetice ale mediului. În cazul electromagnetului, μ este determinat de miezul feromagnetic.
- Unitățile de măsură, pentru cele două mărimi fizice, în SI sunt: $[\mu]_{SI}$ = H/m (henry/metru), $[B]_{SI}$ = T (tesla).
- Forța de atracție exercitată de electromagnet depinde de caracteristicile câmpului magnetic produs de bobină și este amplificată de miezul feromagnetic al acesteia; miezul feromagnetic face mai eficientă propagarea câmpului magnetic şi constituie un ghid pentru liniile de câmp magnetic care, în lipsa lui, s-ar dispersa în mediul înconjurător.

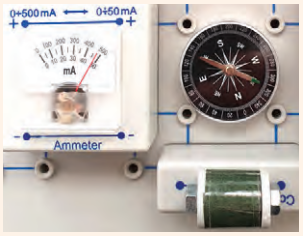
Aplic

Forța de atracție exercitată de un electromagnet poate fi calculată folosind relația: $F = \frac{B^2 S}{2\mu_0}$, unde B este inducția câmpului magnetic produs de electromagnet, S este aria secțiunii bobinei electromagnetului, iar μ_0 este permeabilitatea magnetică a vidului. Propune un experiment prin care ai putea argumenta relația matematică precizată anterior.

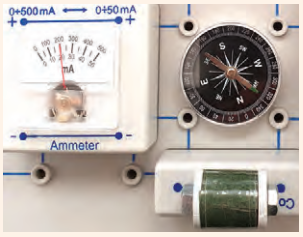
INVESTIGHEAZĂ

Inducția câmpului magnetic produs de o bobină/un electromagnet

1 Câmpul magnetic al bobinei pentru un curent $I \cong 0{,}5$ A deviază acul magnetic de la direcția N – S.

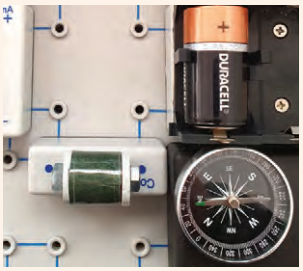


2 Deviația acului este mai mică pentru un curent $I = 0{,}2$ A.



3 Deviația acului depinde de sensul curentului electric.

a ac pe direcția bobinei;

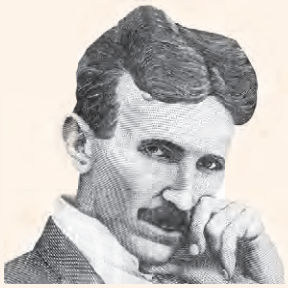


b ac pe direcția bobinei, orientat invers decât în cazul precedent.

Forța electromagnetică – aplicații

ŞTIAI CĂ?

Nikola Tesla



Inventatator, fizician, inginer, Nikola Tesla este socotit ca fiind unul dintre cei mai importanți oameni de știință de la sfârșitul secolului XIX și începutul secolului XX. Pe lângă descoperirile sale despre electromagnetism și inginerie, Tesla este considerat un pionier în domeniile roboticii, balisticii, calculatoarelor, fizicii nucleare și fizicii teoretice. Numele său a fost dat unității de măsură a inducției câmpului magnetic din Sistemul Internațional.

Permeabilitate magnetică

Permeabilitatea magnetică, μ, a unui material este legată de capacitatea de magnetizare a acestuia ca urmare a influenței unui câmp magnetic extern. În acest context, materialele se pot clasifica în:

- diamagnetice (acest material se opune câmpului magnetic extern);
- paramagnetice (acest material este slab atras de câmpul magnetic extern);
- feromagnetice (acest material este puternic atras de câmpul magnetic extern).

Observ

Forța electromagnetică este forța care caracterizează interacțiunea dintre un curent electric şi un câmp magnetic.

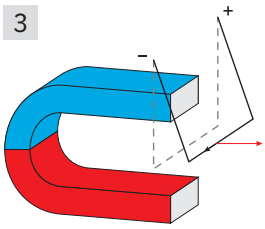


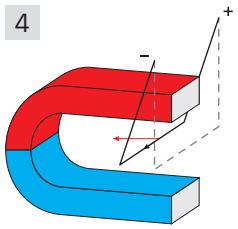


În imaginile 1 și 2 este pusă în evidență, experimental, deviația unui cadru din cupru străbătut de un curent electric, care are una dintre laturi între polii unui magnet în formă de U. Curenții electrici sunt diferiți ca sens. Deviații de sens opus ale cadrului se obțin și când se păstrează sensul curentului electric, dar se inversează sensul liniilor de câmp magnetic prin inversarea, în plan vertical, a polilor magnetului. Intensități mai mari ale curentului electric vor duce la deviații mai mari ale cadrului. Acelaşi efect se poate obține dacă, în locul magnetului permanent, se foloseşte un electromagnet căruia i se modifică inducția câmpului magnetic; o inducție a câmpului magnetic mai mare va duce la deviații mai mari ale cadrului. Ce forță determină deviația cadrului? Ce caracteristici are această forță? Explică fenomenele fizice prezentate în cele două imagini.

Concluzii

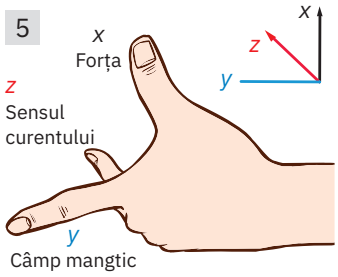
- Forța care deviază cadrul este forța electromagnetică (imaginile 3 și 4).
- Valoarea forței electromagnetice depinde de intensitatea curentului electric din cadru şi de inducția magnetică.
- Orientarea forței electromagnetice depinde de sensul curentului electric şi de sensul liniilor de câmp magnetic.





Reţin

- Forța electromagnetică este rezultatul interacțiunii dintre câmpul magnetic şi curentul electric aflat în acest câmp. Având în vedere că un curent electric produce, în jurul său, un câmp magnetic, se poate spune că forța în cauză este rezultatul interacțiunii a două câmpuri magnetice (ca în cazul interacțiunii dintre doi magneți).
- Forța electromagnetică are direcția perpendiculară pe planul determinat de direcția curentului electric şi vectorul inducție magnetică $\vec{B}$, iar sensul se poate determina cu regula lui Flemming, cunoscută și sub numele de regula mâinii stângi (vezi imaginea 5).
- Valoarea numerică a forței electromagnetice este $F = I \cdot \ell \cdot B \cdot \sin \alpha$, unde ℓ este lungimea conductorului aflat în câmp magnetic, iar α este unghiul făcut de vectorul inducție magnetică cu orientarea curentului electric (direcție şi sens) şi corespunde unghiului minim.



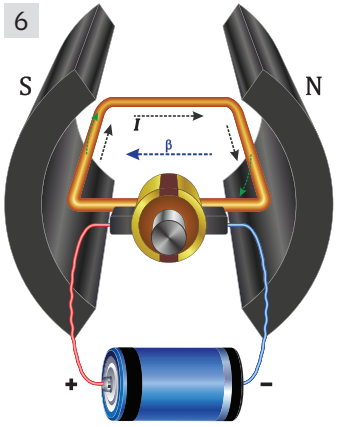
Observ

În schemele 6 – 8 sunt trei aplicații practice ale forței electromagnetice şi ale electromagneților. Imaginea 6 arată părțile componente ale unui motor electric de curent continuu, imaginea 7 arată, schematic, o instalație de telegraf, iar imaginea 8 reprezintă un releu electromagnetic. Documentează-te și explică funcționarea acestor aparate electromagnetice.

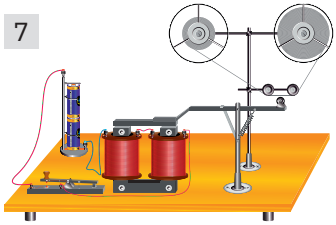
Concluzii

- Motorul electric de curent continuu se compune dintr-o parte fixă, numită stator, și o parte mobilă, numită rotor. Statorul este un magnet permanent sau un electromagnet, care are rolul de a produce câmpul magnetic. Rotorul este o bobină (cadrul reprezentat în imaginea 6) prin spirele căreia trece curent electric şi care se poate roti datorită forței electromagnetice. Contactul dintre rotor şi sursa de curent electric se face prin intermediul unor perii aflate în contact cu un colector al cărui rol este de a inversa oportun sensul curentului electric, păstrând astfel sensul forței electromagnetice care determină rotirea într-un singur sens.
- Telegraful a fost una dintre cele mai revoluționare invenții de la sfârşitul secolului al XIX-lea, care a permis transmiterea de mesaje scrise la distanță, cu ajutorul curentului electric. Electromagnetul poate atrage, pe o durată mai scurtă sau mai lungă, o lamelă elastică care are la un capăt un dispozitiv de scris; acesta poate lăsa, pe o bandă de hârtie care se derulează cu viteză constantă, semne de mărimea unor puncte sau linii. Punctele și liniile sunt asociate cu alfabetul Morse; astfel, telegraful a devenit un mijloc rapid de comunicare în scris.
- Releul electromagnetic este de fapt un comutator electric. Electromagnetul poate atrage o lamelă care comută deschiderea sau închiderea unui circuit. Siguranța automată care conține un astfel de releu poate întrerupe circuitul pe care-l protejează dacă curentul electric ajunge la o anumită valoare a intensității.

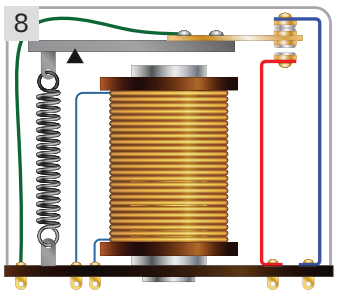
6



7



8



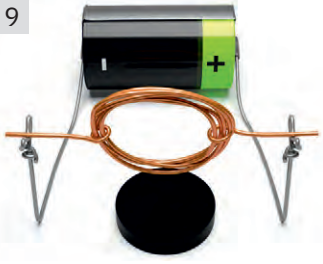
Reține

• Motoarele electrice funcționează pe baza forței electromagnetice. • Curentul electric datorat sarcinilor electrice care se mişcă accelerat în acceleratoarele de particule neliniare este menținut în inelul de accelerare cu ajutorul unei forțe foarte asemănătoare cu forța electromagnetică. • Măsurarea forței electromagnetice şi a parametrilor curentului electric constituie o modalitate de determinare a inducției câmpului magnetic. • În prezent, electromagneții au o multitudine de aplicații practice bazate fie pe posibilitatea acestora de a îndeplini rolul unui comutator electric (siguranță electromagnetică, încuietori electromagnetice etc.), fie folosind direct forța de interacțiune a acestora, așa cum este cazul macaralei electromagnetice, a trenurilor cu sustentație magnetică etc.

Aplic

Imaginile alăturate ilustrează realizarea a două motoare electrice simple. Se remarcă bateria electrică, un magnet „puternic“ (din neodim) şi un cadru sau o bobină din sârmă; capetele cadrului nu fac contact decât prin intermediul magnetului. Încearcă să realizezi cele două motoare şi să explici funcționarea lor.

9



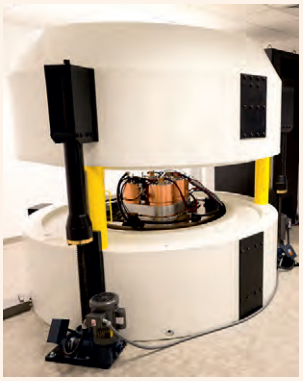
10

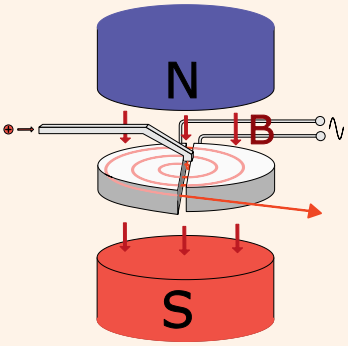


ŞTIAI CĂ?

Ciclotronul

Ciclotronul este un tip de accelerator de particule. Un câmp magnetic constant acționează asupra unui curent de ioni forțând particulele să se deplaseze pe o traiectorie circulară; acestea acumulează energie traversând, repetat, o diferență de potențial electric. Astfel de acceleratoare sunt utilizate pentru accelerarea ionilor „grei“ în scopuri terapeutice și ca surse de particule pentru cercetarea din fizica nucleară. Pentru accelerarea particulelor la viteze mari, se utilizează și alte tipuri de acceleratoare, bazate pe principii asemănătoare de funcționare, cum ar fi cele cunoscute sub numele de betatron și de sincrotron.





Fizică aplicată

ŞTIAI CĂ?

Michael Faraday



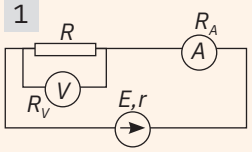
Legătura dintre fenomenele electrice și cele magnetice a fost observată pentru prima oară de Hans Christian Oersted în 1820. Acesta a constatat devierea acului magnetic în apropierea unui conductor parcurs de curent electric. Fenomenul de inducție electromagnetică este descris matematic de legea inducției electromagnetice, formulată de Michael Faraday în 1831: $e=-\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$, unde e este tensiunea electromotoare (t.e.m.) indusă. Legea arată, pe de o parte, că t.e.m. este cu atât mai mare cu cât viteza de variație, în timp, a fluxului magnetic este mai mare, iar pe de altă parte precizează care este sensul t.e.m. induse. Semnul minus arată că t.e.m. are sensul astfel încât curentul electric datorat t.e.m. se opune cauzei care a determinat producerea acesteia.

Printre cele mai cunoscute aplicații practice ale fenomenului de inducție electromagnetică sunt: generatorul de energie electrică (dinamul, alternatorul), care este folosit şi în centralele electrice, transformatorul electric, plita cu inducție electromagnetică etc.

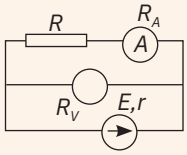
Pe lângă imensa importanță practică, fenomenul în cauză a contribuit decisiv la elaborarea formalismului teoretic al domeniului fizicii numit electromagnetism.

Precizia instrumentelor de măsură pentru circuitul electric

1



2



Precizia măsurării unor mărimi fizice ca intensitatea curentului electric, tensiunea electrică și rezistența electrică depinde atât de instrumentele de măsură, cât şi de metoda folosită. O analiză, în acest context, pentru un circuit electric simplu care conține o sursă de tensiune, cu rezistența internă r, şi un circuit exterior, cu rezistența R, este prezentată în cele ce urmează.

Pentru montajul din figura 1:

Din $E=rI+R_AI+U_V$ rezultă $I_A=\frac{E(R+R_V)}{RR_V+RR_A+R_AR_V+r(R+R_V)}$, deci $\frac{U_V}{I_A}=\frac{RR_V}{R+R_V}$. Dacă $R_V\gg R$, rezultă $\frac{U_V}{I_A}\to R$. În concluzie, precizia evaluării raportului $\frac{U_V}{I_A}$ depinde doar de caracteristicile voltmetrului; astfel, dacă *voltmetrul este ideal* (raportat la rezistența R) metoda este precisă.

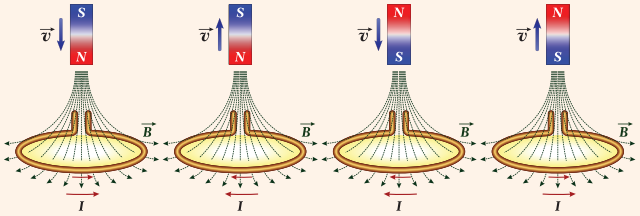
Pentru montajul din Fig. 2:

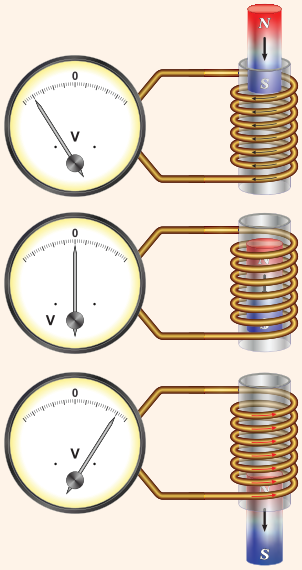
$$I=\frac{E}{r+\frac{(R+R_A)R_V}{R+R_A+R_V}}=\frac{E(R+R_A+R_V)}{(R+R_A+R)r+(R+R_A)R_V};\ (R+R_A)I_A=R_VI_V\ \Rightarrow\ I_V=\frac{R+R_A}{R_V}I_A;$$

$$I_V+I_A=I\ \Rightarrow\ I_A=\frac{ER_V}{(R+R_A+R)r+(R+R_A)R_V};\ \frac{U_V}{I_A}=\frac{E-rI}{I_A}=R+R_A.\ \text{Dacă}\ R\gg R_A\ \Rightarrow\ \frac{U_V}{I_A}\to R.$$

Concluzie. Precizia evaluării raportului $\frac{U_V}{I_A}$ depinde doar de caracteristicile ampermetrului; astfel, dacă *ampermetrul este ideal* (în raport cu rezistența R), metoda este precisă.

Fenomenul de inducție electromagnetică

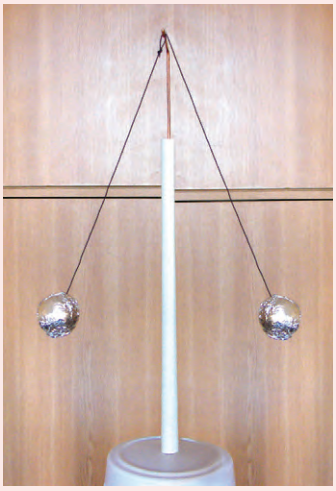


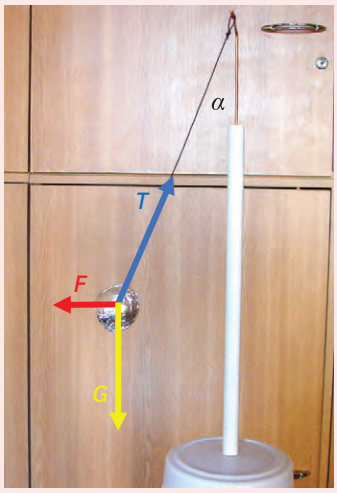


Fenomenul de inducție electromagnetică constă în apariția unei tensiuni electromotoare induse şi a unui curent indus într-un circuit străbătut de un flux magnetic variabil în timp. Imaginile alăturate ilustrează un experiment simplu prin care poate fi pus în evidență fenomenul. Magnetul care se mişcă în apropierea suprafeței unui circuit electric face ca suprafața spirelor bobinei să fie intersectată de un câmp magnetic variabil; astfel, între oricare două puncte ale fiecărei spire există o tensiune electromotoare (indusă), care se multiplică corespunzător cu numărul de spire pentru întreaga bobină. Sensul acestei tensiuni și valoarea sa depind de sensul și viteza de variație a câmpului magnetic. Existența unei tensiuni electromotoare (induse) între oricare două puncte ale unei spire se constată și în cazul unui câmp magnetic constant, dar ale cărui linii de câmp intersectează suprafața normală a unei spire a cărei arie variază în timp. Rotirea spirei între polii unui magnet face ca planul spirei să-și modifice orientarea în raport cu orientarea liniilor câmpului magnetic. Mărimea fizică ce ține cont de ambele situații descrise anterior se numește flux magnetic, se notează cu Φ şi se poate calcula cunoscând inducția magnetică B şi aria S_n a suprafeței al cărei plan este perpendicular pe vectorul inducție magnetică: $\Phi = B\cdot S_n$. Analiza celor două situații descrise anterior au permis fizicianului britanic Michael Faraday ca, în 1831, să formuleze concluzii asupra fenomenului de inducție electromagnetică şi să enunțe legea după care se desfăşoară fenomenul.

Probleme rezolvate

1 Sarcina electrică transferată unui corp

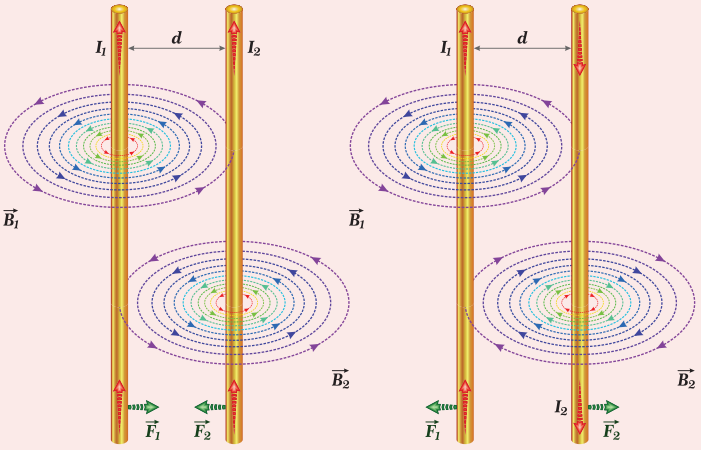




Sferele metalice identice ale unui dublu pendul electrostatic au fost electrizate, primind sarcina electrică Q de la o maşină electrostatică. A rezultat starea de echilibru mecanic din imaginile alăturate. Cunoscând că masa fiecărei sfere este m, accelerația gravitațională – g, constanta de interacțiune electrostatică – k şi efectuând măsurători simple, descrie succint o metodă prin care poți determina valoarea sarcinii Q.

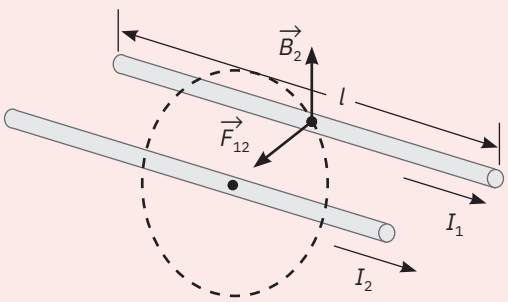
Rezolvare: Cel mai la îndemână este să măsurăm lungimea ℓ a unui pendul şi unghiul α (direct sau cu ajutorul unei fotografii cum este cea din imaginea de mai sus). Starea de echilibru se datorează interacțiunii electrostatice dintre sfere (legea lui Coulomb), greutății și tensiunii mecanice din fir: $tg\alpha = \frac{F}{G} = \frac{k\frac{Q^2}{(2\ell \sin\alpha)^2}}{mg}$; $Q = \pm 2\ell \sin\alpha \sqrt{\frac{m \cdot g \cdot tg\alpha}{k}}$.

2 Interacțiunea electromagnetică dintre doi curenți paraleli



Două conductoare, prin care există curenți electrici, aflate în apropiere, pot interacționa ca urmare a interacțiunii câmpurilor magnetice. Fie cazul în care cei doi curenți electrici, de intensități I_1 respectiv I_2, sunt rectilinii, paraleli şi se află la distanța d unul față de celălalt. Analizează interacțiunea electromagnetică dintre cei doi conductori, foarte lungi, în funcție de sensul curenților, şi determină forța care acționează pe unitatea de lungime a conductorilor. Se cunoaşte că inducția câmpului magnetic produs de un curent rectiliniu la distanța d de acesta şi într-un plan perpendicular pe acesta este $B = \mu\frac{I}{2\pi d}$.

Rezolvare: Interacțiunea trebuie privită ca în cazul forței electromagnetice în care un curent interacționează cu câmpul magnetic produs de celălalt curent. În imaginea alăturată se remarcă cele două situații din raționamentul precizat anterior. În cazul curenților de acelaşi sens, rezultă o forță de atracție, iar în cazul curenților de sens opus rezultă o forță de respingere.



$F_{12} = F_{21} = F = \mu\frac{I_1 \cdot I_2}{2\pi d} \cdot \ell$ rezultă $\frac{F}{\ell} = \mu\frac{I_1 \cdot I_2}{2\pi d}$.

ŞTIAI CĂ?

André-Marie Ampère

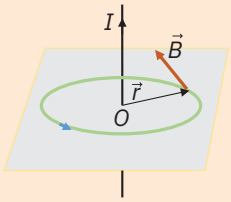


André-Marie Ampère a fost un fizician și matematician francez care a studiat interacțiunea curenților electrici și a magneților. A stabilit relația matematică a forței electrodinamice între doi curenți electrici, care este una dintre legile de bază ale electrodinamicii. A introdus noțiunile de curent electric și tensiune electrică şi a inventat galvanometrul. A adus contribuții și în alte ramuri ale fizicii, cum ar fi: refracția luminii, teoria undelor luminoase, teoria cinetică a gazelor, cinematica. Amperul poate fi definit ca intensitatea unui curent electric constant care, menținut în două conductoare paralele și rectilinii de lungime infinită, de secțiune transversală circulară neglijabilă și plasate în vid la distanța de un metru unul față de celălalt, produce între aceste conductoare o forță egală cu $2 \cdot 10^{-7}$ newtoni pe metru.

ŞTIAI CĂ?

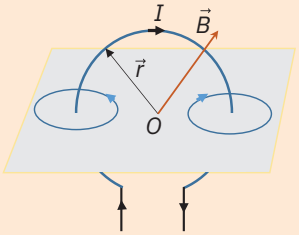
Câmpul magnetic al curenților electrici

1 Inducția câmpului magnetic generat în jurul unui conductor liniar, infinit de lung, prin care există curent electric:



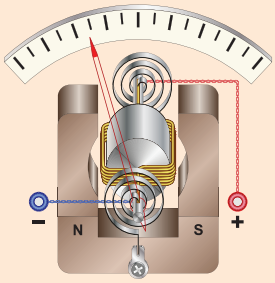
$$B = \mu \frac{I}{2\pi r}$$

2 Inducția câmpului magnetic generat în centrul unui conductor circular prin care există curent electric:



$$B = \mu \frac{I}{2r}$$

3 Galvanometrul este un instrument de măsură folosit pentru punerea în evidență a unor curenți electrici. Funcționarea, pentru modelul a cărei schemă se remarcă în imagine, se bazează pe forța electromagnetică datorată interacțiunii dintre câmpul magnetic al cadrului fix și curentul electric din spirele bobinei mobile.



Probleme propuse

1 Un corp conductor a fost electrizat, prin contact, cu sarcina electrică $Q = -27\ \mu C$. Calculează numărul de electroni care au fost transferați între corpurile în cauză în această situație.

2 Se știe că sarcina electrică cu care a fost electrizat un corp conductor electric izolat se distribuie pe suprafața conductorului.
- **a** Argumentează afirmația anterioară.
- **b** Precizează și argumentează care este tensiunea electrică dintre oricare două puncte aflate pe suprafața conductorului.

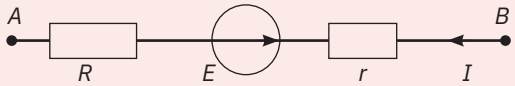
3 Un electron, care se mișcă cu viteză mică, are masa $m_e = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ kg. În procesul de accelerare dintr-un ciclotron, electronul traversează o diferență de potențial electric $U = 10^4$ V. Calculează surplusul de viteză dobândit de către electron în timpul acestui proces.

4 La bornele unui generator electric de curent continuu, cu $E = 100$ V, $r = 10\ \Omega$, se conectează un consumator. Intensitatea curentului electric prin circuit este $I = 2$ A. Calculează valoarea rezistenței electrice a consumatorului.

5 Un rezistor având rezistența electrică R este legat la bornele unei surse de tensiune având rezistența internă r. Tensiunea la bornele sursei este egală cu tensiunea electromotoare dacă:
- **a** $R = 0$; **b** $R = r$; **c** $R = 2r$; **d** $R \to \infty$.

6 Un fir metalic de secțiune constantă și rezistență 20 Ω se taie în patru părți egale. Rezistența grupării în paralel a celor patru părți este egală cu:
- **a** 1,25 Ω; **b** 1,5 Ω; **c** 5 Ω; **d** 20 Ω.

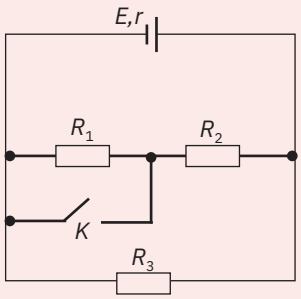
7 Pentru porțiunea de circuit reprezentată alăturat, expresia tensiunii electrice U_{AB} este:



- **a** $E - I(R + r)$; **b** $E + I(R - r)$; **c** $-E + I(R + r)$; **d** $-E - I(R + r)$.

8 Un generator electric de curent continuu debitează în circuitul exterior aceeași putere $P = 4$ W dacă, la borne, se conectează un rezistor $R_1 = 0{,}01\ \Omega$ sau un rezistor $R_2 = 100\ \Omega$. Determină:
- **a** valoarea rezistenței interne a generatorului;
- **b** randamentul circuitului, dacă la borne este cuplat, în locul rezistorilor anteriori, un alt rezistor cu rezistența electrică $R_3 = 2\ \Omega$;
- **c** energia electrică disipată pe rezistorul R_3, în condițiile punctului **b**, timp de o oră;
- **d** valoarea maximă a puterii pe care sursa o poate debita în circuitul exterior, dacă rezistența acestuia are o valoare convenabil aleasă.

9 În montajul din figura de mai jos, intensitatea curentului electric debitat de generatorul cu tensiunea electromotoare E și rezistența internă r are valoarea $I_1 = 1{,}66$ A ($\cong 5/3$ A), când întrerupătorul K este deschis, și $I_2 = 2$ A, când întrerupătorul K este închis. Rezistențele electrice ale rezistoarelor din circuit au valorile $R_1 = 5\ \Omega$, $R_2 = 10\ \Omega$ și $R_3 = 15\ \Omega$. Determină:



- **a** rezistențele circuitului exterior în situațiile în care întrerupătorul K este deschis (Re_1) și respectiv închis (Re_2);
- **b** tensiunea electromotoare a generatorului și rezistența sa internă, dacă $Re_1 = 7{,}5\ \Omega$ și $Re_2 = 6\ \Omega$;
- **c** variația intensității curentului electric prin rezistorul R_3 ca urmare a închiderii întrerupătorului;
- **d** tensiunea la bornele rezistorului R_1 când întrerupătorul este închis. Comentează rezultatul obținut.

10 O bobină este bobinată cu două straturi de sârmă. Stratul interior are $N_1 = 300$ de spire, iar cel exterior are $N_2 = 250$ de spire. Lungimea bobinei este $\ell = 30$ cm, iar prin ambele straturi circulă curenți de același sens, cu intensitatea $I = 3$ A. Calculează valoarea inducției câmpului magnetic într-un punct din apropierea centrului bobinei. Consideră permeabilitatea magnetică a aerului $\mu_a = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ H/m.

Test

1 *Alege varianta corectă*

Mărimile fizice caracteristice unei surse de tensiune pentru curentul electric continuu pot fi (notațiile sunt cele consacrate):

a I, U; **b** E, I; **c** E, r; **d** u, r; **d** U, r.

2 *Alege varianta corectă*

Două sfere conductoare, de raze diferite, au fost electrizate fiecare cu sarcina electrică Q, după care au fost puse în contact.

a După punerea în contact nu are loc transfer de sarcină electrică între cele două sfere, pentru că au aceeaşi sarcină electrică.

b Între cele două sfere are loc un transfer de sarcină electrică până când diferența de potențial electric între ele devine 0.

3 O sursă de tensiune electrică cu tensiunea electromotoare de 12 V alimentează un bec cu rezistența de 5 Ω, iar prin circuit există un curent electric cu intensitatea de 2 A. Determină rezistența internă a sursei de tensiune electrică.

4 Pentru a obține, în interiorul unei bobine, un câmp magnetic cât mai intens, se analizează două variante constructive.

a Se bobinează, pe un suport de secțiune S, două straturi, fiecare cu N spire şi de lungime ℓ, unul peste celălalt.

b Se bobinează, pe un suport de secțiune S, un singur strat cu $2N$ spire şi de lungime 2ℓ.

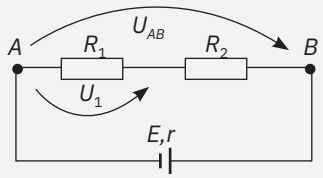
Rezolvă problemele. Argumentează răspunsul.

5 Pentru circuitul electric a cărui schemă este reprezentată în figura alăturată se cunosc: $E = 12$ V, $R_1 = 4\ \Omega$, $U_1 = 8$ V, $U_{AB} = 10$ V. Determină:

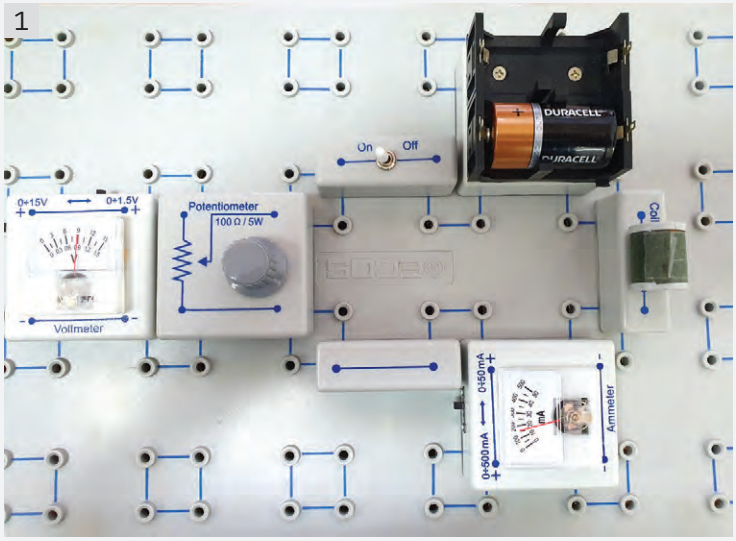
a intensitatea curentului electric prin circuit;

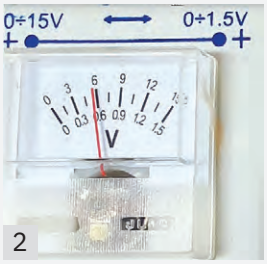
b rezistența electrică a rezistorului R_2;

c rezistența internă a sursei de tensiune electrică.



6 În imaginea 1 de mai jos se remarcă un circuit electric compus dintr-o sursă de tensiune electrică cu tensiunea electromotoare necunoscută, o bobină cu rezistența electrică necunoscută, un reostat, un ampermetru, un voltmetru şi un întrerupător. Ampermetrul funcționează pe scala de 50 mA, iar voltmetrul pe scala de 1,5 V. Pentru două poziții diferite ale reostatului, cele două instrumente de măsură indică valorile remarcate în cele trei imagini. Considerând instrumentele de măsură ideale, determină tensiunea electromotoare a sursei de tensiune electrică.







Punctaje:
1 10 puncte
2 10 puncte
3 10 puncte
4 20 de puncte
5 30 de puncte
6 10 puncte

Se acordă 10 puncte din oficiu.
Timp de lucru: 50 de minute.

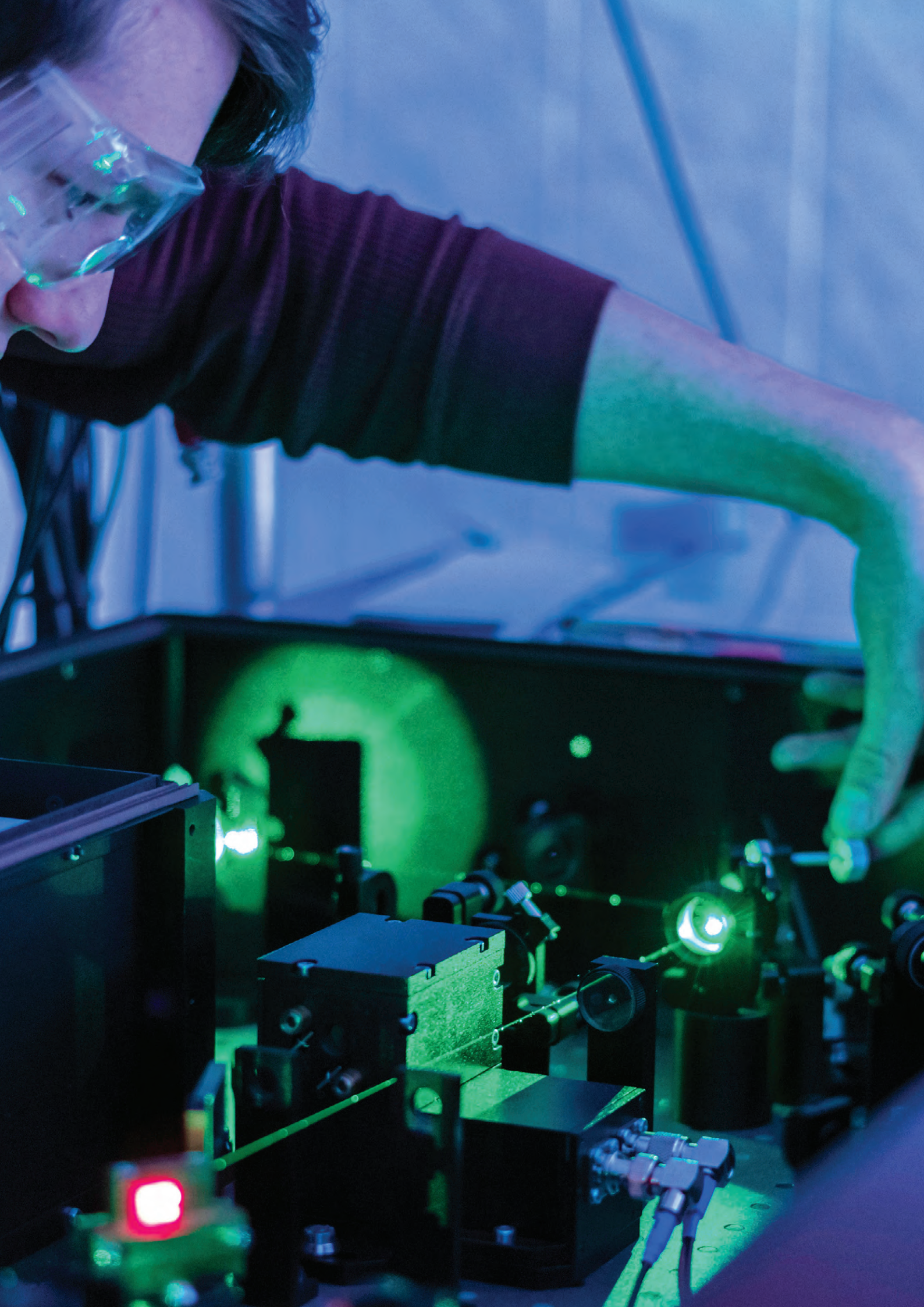
Autoevaluare

Completează în caiet următoarele afirmații:

- Din ce am învățat, cel mai important mi se pare ... .
- Cel mai mult mi-a plăcut activitatea ... .
- Cel mai dificil mi s-a părut ... .

U3 Fenomene optice

Lecția 1	78	Surse de lumină
Lecția 2	80	Propagarea luminii în diverse medii (absorbție, dispersie, culoarea corpurilor etc.)
Lecția 3	82	Raze de lumină / fascicul de lumină
Lecția 4	84	Principiile propagării luminii
Lecția 5	86	Reflexia luminii
Lecția 6	88	Legile reflexiei – aplicație experimentală – oglinzi plane
Lecția 7	91	Extindere: Aplicații ale legilor reflexiei în tehnologie
Lecția 8	93	Indicele de refracție
Lecția 9	94	Refracția luminii – evidențierea experimentală a fenomenului
Lecția 10	96	Reflexia totală
Lecția 11	98	Extindere: Legile refracției, indicele de refracție
Lecția 12	100	Aplicații practice: fibra optică, prisma cu reflexie totală
Lecția 13	102	Identificarea experimentală a tipurilor de lentile (convergente, divergente)
Lecția 14	104	Identificarea experimentală a caracteristicilor fizice ale lentilelor subțiri, focar, poziția imaginii
Lecția 15	106	Construcția geometrică a imaginilor prin lentile subțiri
Lecția 16	110	Extindere: Determinarea formulelor lentilelor subțiri (puncte conjugate, mărire liniară transversală) folosind elemente de geometrie plană
Lecția 17	114	Ochiul, lupa, ochelarii
Fizică aplicată	118	Aparatul fotografic al smartphone-ului • Cât de intens este percepută lumina de către ochiul omului?
Probleme rezolvate	119	
Probleme propuse	120	
Test. Autoevaluare	121	



Surse de lumină

ȘTIAI CĂ?

Faptul că și formele de viață pot emite lumină este o particularitate surprinzătoare a vieții de pe Pământ. Licuricii sunt cele mai cunoscute ființe bioluminiscente, dar multe forme de viață sunt capabile de această performanță adaptativă: microorganisme precum bacteriile și dinoflagelatele (plancton), pești, insecte, moluște, meduze, dar și ciuperci.
Unii pești produc chiar ei lumină, alții sunt dotați cu fotofori (organe luminoase) care adăpostesc bacterii specializate; acestea sunt cele care produc bioluminiscența de care se folosește peștele-gazdă (este cazul peștelui undițar).



Licurici



Pește dotat cu fotofori

Observ

Sursele de lumină se pot împărți în două categorii: *surse naturale* și *surse artificiale*. Analizează imaginile de mai jos și identifică sursele de lumină prezentate. Discutați în clasă despre felul în care este produsă lumina de fiecare dintre sursele identificate.

1



2



3



Concluzii

4

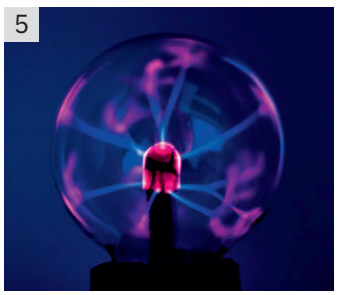


- Surse naturale de lumină pot fi: Soarele (imaginea 1), stelele (imaginea 2), fulgerul (imaginea 3), licuricii etc.
- Surse artificiale de lumină pot fi: becurile, focul și diferite tipuri de flăcări etc.
- În stele, lumina este produsă în urma reacțiilor nucleare care au loc în interiorul acestora.
- Lumina unui fulger este determinată de deplasarea ionilor din atmosferă, care formează un arc electric luminos; acesta este rezultatul unui proces de descărcare electrică între nori, cauzat de o diferență de potențial electrostatic.
- Licuricii produc lumină în urma unei reacții chimice.
- Becurile cu incandescență produc lumină datorită temperaturii mari a filamentului din wolfram al acestora; curentul electric din filamentul închis într-un glob din sticlă determină încălzirea acestuia pe baza efectului termic.
- Tuburile fluorescente produc lumină datorită radiației luminoase determinate de stratul fluorescent depus pe suprafața interioară a tubului. Acest strat interacționează cu radiațiile ultraviolete produse de atomii gazului aflat în interiorul tubului la presiune joasă. În gazul din tub (format din neon, argon, vapori de mercur) are loc o descărcare electrică, iar atomii emit radiații ultraviolete.
- Becurile cu LED (*light-emitting diode*, însemnând *diodă emițătoare de lumină)* produc lumină cu ajutorul unei diode luminiscente. Spre deosebire de becurile incandescente obișnuite, acestea nu au un filament care să se ardă. LED-urile luminează datorită mișcării electronilor într-un material semiconductor. Durata de viață a unui LED depășește cu mii de ore durata de viață a unui bec cu incandescență.

Experimentez

1 Surse de lumină artificiale

5

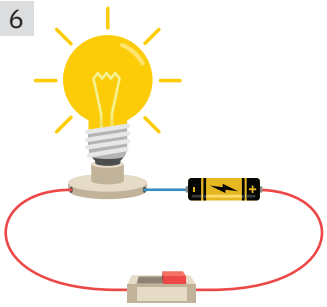


Materiale necesare: bec cu incandescență; bec cu LED pentru lanterne de 4,8 V; baterii de 1,5 V și 4,5 V; întrerupător, agrafe metalice; fire de legătură; lampă cu plasmă (imaginea 5).

Modul de lucru

- Verifică dacă tensiunea de funcționare a becurilor corespunde bateriei utilizate.
- Realizează un circuit electric prin care să conectezi, succesiv, fiecare bec la bornele bateriei de 1,5 V, apoi la bornele bateriei de 4,5 V și observă cum luminează becurile. Notează observațiile.
- Conectează lampa cu plasmă la rețeaua electrică și observă procesele luminoase care au loc în interiorul acesteia. Identifică procesele fizice care au loc în interiorul globului.

- Apropie de lampa cu plasma diferite obiecte din metal, hârtie etc. Cum se modifică efectul luminos? Dar dacă apropii mâna de lampă, ce observi? Notează observațiile pe caiet și apoi discutați în clasă, împreună cu profesorul/profesoara de fizică despre modificările efectului luminos.

6


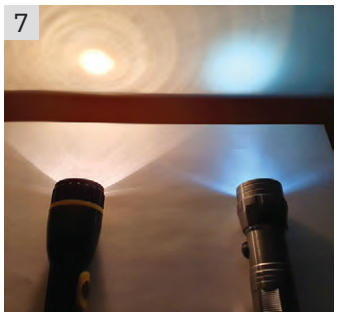
Concluzie

- Conectând la aceeași baterie cele două becuri (imaginea 6), becul cu LED produce lumină mai puternică decât cel cu incandescență. Din acest motiv, becurile cu LED sunt mai economice, iar utilizarea lor ajută la protejarea mediului.
- În interiorul globului cu plasmă au loc următoarele procese fizice: ionizarea gazului din glob, datorită câmpului electric din jurul electrodului conectat la rețeaua electrică; deplasarea ionilor gazului, datorită diferenței de potențial electric; producerea efectului luminos, datorită ciocnirii ionilor din gaz.
- Prin apropierea mâinii sau a unor obiecte metalice, minifulgerele se îndreaptă către zona de contact. Această deplasare a efectului luminos către zonele conductoare arată că fulgerul este rezultatul unui curent electric.

2 Caracteristici ale luminii

Sursele de lumină se pot deosebi şi după caracteristicile luminii produse. Experimentul care urmează evidențiază două caracteristici importante ale luminii: culoarea și iluminarea produsă pe o suprafață.

Materiale necesare: o lanternă cu bec cu incandescență; o lanternă cu becuri LED, un ecran, un smartphone pe care s-a instalat o aplicație informatică pentru măsurarea iluminării.

7


8


Modul de lucru

- Proiectează pe ecran fasciculele de lumină produse de ambele lanterne, ca în imaginea alăturată.
- Observă diferențele de culoare ale celor două fascicule de lumină.
- Poziționează smartphone-ul în fața fasciculului produs de lanterne, pe rând, astfel încât senzorul camerei foto să fie situat, aproximativ, la aceeași distanță față de lanterne.
- Remarcă valorile iluminării indicate de aplicația software. Ca exemplu, în imaginea de mai sus aplicația indică o iluminare de 500 de lucși.

Concluzii

- Cele două lanterne produc fascicule de lumină de culori diferite datorită celor două surse de lumină diferite: becul cu incandescență, respectiv becurile LED. Lumina face parte din categoria radiațiilor electromagnetice; acestea pot fi de mai multe tipuri: unde radio, microunde, radiații infraroșii, lumină vizibilă, radiații ultraviolete, radiații X și radiații γ. Culoarea luminii vizibile este determinată de o mărime fizică numită lungime de undă, a cărei notație este λ și care are valori cuprinse între λ_{violet} = 400 nm și $\lambda_{roșu}$ = 700 nm.
- Iluminarea produsă de o sursă de lumină pe o suprafață depinde de energia transportată de lumină, de aria suprafeței luminate, de orientarea fasciculului de lumină și de sensibilitatea ochiului. Se observă că, în aceleași condiții, sursele de lumină ale celor două lanterne determină iluminări diferite pe ecran; becul LED produce o iluminare mai mare decât becul cu incandescență.

Aplic

În viața cotidiană sunt utilizate multe tipuri de becuri, dintre care unele sunt transparente, iar altele sunt mate. Ce utilitate crezi că are becul mat?

ȘTIAI CĂ?

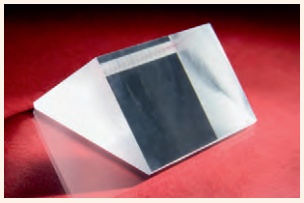
Studiile realizate până la ora actuală arată că substratul biochimic al bioluminiscenței este, în linii mari, același la toate aceste forme de viață: o substanță numită luciferină este oxidată (se combină cu oxigenul) în prezența enzimei numită luciferază. În urma acestei reacții chimice se formează oxiluciferina și se emite energie sub formă de lumină. Fiecare specie are tipuri particulare de luciferină și luciferază, cu caracteristici ușor diferite. Speciile de viețuitoare bioluminiscente își folosesc lumina pentru diverse scopuri: apărare, comunicare, atragerea partenerilor de împerechere, găsirea hranei.
La cele mai multe dintre speciile bioluminiscente, lumina produsă este albăstruie sau verzuie, dar există și specii care emit lumină roșie, precum unele specii de pești, sau lumină galbenă, ca viermele marin *Tomopteris*.



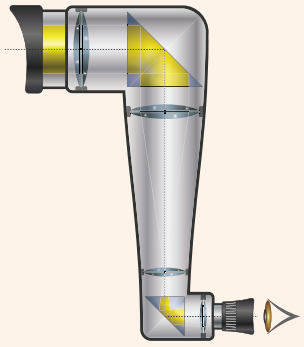
Bioluminiscența în medicină

Bioluminiscența are la ora actuală foarte multe aplicații în medicină: teste imunologice, teste genetice, screeningul medicamentelor, bioimagistica organismelor vii, studii asupra cancerului și distrugerii celulelor canceroase, investigarea bolilor infecțioase etc.

ȘTIAI CĂ?



Prisma optică



Periscop

Prisma optică este o prismă triunghiulară confecționată dintr-un material transparent. Prisma poate fi utilizată pentru a descompune lumina ce vine de la diferite surse; astfel, se poate identifica natura sursei de lumină. Utilizând proprietatea lor de a modifica direcția de propagare a luminii, prismele optice se folosesc la construcția de instrumente optice, cum ar fi periscopul, binoclul, aparatul fotografic.

Propagarea luminii în diverse medii (absorbție, dispersie, culoarea corpurilor etc.)

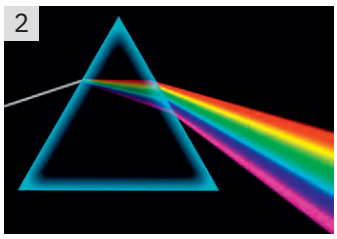
Observ

În imaginile de mai jos este prezentat un fenomen optic. Cum se numește acest fenomen? Analizează imaginile și arată cum se formează curcubeul. În ce condiții poate fi acesta observat?

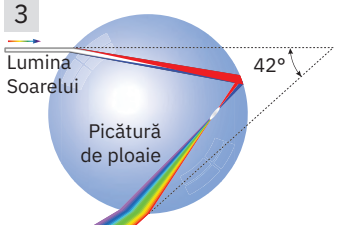
1



2



3



Concluzii

4



Fenomenul optic evidențiat în imaginile anterioare este fenomenul de *dispersie a luminii*. Conform acestui fenomen, lumina albă emisă de o sursă de lumină (un bec cu incandescență, de exemplu) este descompusă în culorile componente la trecerea printr-o prismă optică (imaginea 2) sau printr-o picătură de apă (imaginea 3). Succesiunea de culori obținută în urma dispersiei luminii este întotdeauna aceeași: roșu, oranj, galben, verde, albastru, indigo și violet, prescurtată ROGVAIV.

Curcubeul (imaginea 1) poate fi observat când în aer există picături de apă, iar lumina soarelui vine din spatele observatorului, la un unghi mic. Din această cauză, curcubeul care apare după ploaie este de obicei văzut pe cerul vestic dimineața și pe cerul de est în apropierea serii. Curcubeul este, de asemenea, frecvent observat în apropierea cascadelor sau a fântânilor, dar poate fi creat și artificial, prin împrăștierea picăturilor de apă în aer, în timpul unei zile însorite. Culorile curcubeului se pot observa și la suprafața apei când sunt mici valuri, iar lumina intensă este dispersată de crestele subțiri ale acestora (imaginea 4).

Reține

Dispersia este fenomenul de descompunere a luminii într-o succesiune de culori, fenomen ce se poate obține la trecerea luminii printr-o prismă optică sau printr-o sferă transparentă.

Lumina albă conține toate culorile curcubeului care, prin prescurtare, formează acronimul ROGVAIV.

Experimentez

1 Poate fi colorată lumina albă?

Materiale necesare: o coală de hârtie albă, carioci, o folie transparentă roșie.

Modul de lucru

- Colorează pe hârtia albă buline de diferite culori.
- Privește coala de hârtie cu buline colorate prin folia transparentă roșie și observă ce culoare au bulinele. Explică fenomenul observat.



Vitralii

Concluzie

Foaia de hârtie apare complet roșie, cu excepția unor pete negre. Acest fenomen este produs de folia transparentă roșie, care reprezintă un filtru ce lasă să treacă către ochii observatorului numai lumina roșie și absoarbe celelalte culori.

Filtrele colorate sunt utilizate la reflectoarele din teatru sau la vitraliile ferestrelor. Fiecare bucățică de sticlă colorată lasă să treacă numai o culoare, cea pe care o vedem; iar celelalte culori sunt absorbite. Când lumina Soarelui cade pe fereastra cu vitraliu, lumina este filtrată și formează pe podea sau pe pereți proiecții ale vitraliului.

2 De ce se schimbă culoarea cerului?

Materiale necesare: un vas din sticlă transparent, destul de mare, apă, lapte, o lanternă.

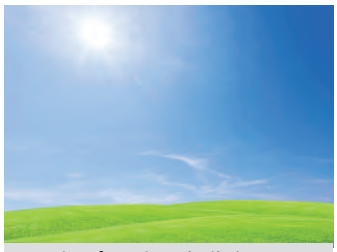
Modul de lucru

- Umple vasul cu apă și luminează-l din lateral. Ce culoare are apa?
- Adaugă câteva picături de lapte în apa din vas.
- Aprinde lanterna și luminează apa de sus. Ce culoare are apa observată de deasupra vasului?
- Pune lanterna pe câteva cărți astfel încât să luminezi vasul din lateral și privește apa din vas din partea laterală opusă. Ce culoare are apa din vas?
- Explică fenomenele observate și încearcă să explici acum „de ce se schimbă culoarea cerului“. Discutați în clasă împreună cu profesorul/profesoara de fizică.

Concluzie

- Dacă îndrepți lumina lanternei spre vasul cu apă, acesta apare transparent, deci nu are culoare.
- Luminând apa din vas de sus și privind de deasupra vasului, apa apare albăstruie.
- Dacă se luminează vasul cu apă din lateral și se privește din partea opusă lanternei, apa apare rozalie spre margine și galben-portocalie în centru.
- Culoarea apei cu lapte se schimbă în funcție de poziția sursei de lumină și a observatorului.
- În mod asemănător, atmosfera lasă să treacă lumina în mod diferit, în funcție de poziția Soarelui față de observator. Când Soarele răsare, este jos și apare roșu-portocaliu, iar cerul apare colorat în roz, roșu și portocaliu. Când Soarele este sus pe cer, acesta apare alb strălucitor, iar dacă este senin, cerul apare albastru. Culoarea cerului este dată de lumina provenită de la Soare după trecerea prin atmosferă.


Lumina la răsărit


Lumina în miezul zilei

Reține

Corpurile luminate pot absorbi anumite culori din lumina incidentă în funcție de natura corpului și în funcție de orientarea luminii incidente pe suprafața corpului.

Culoarea unui corp este dată de lumina care nu a fost absorbită de acesta.

Dacă un corp absoarbe toate culorile, corpul apare negru; astfel, de la corp nu pleacă nicio componentă a luminii incidente.

Un corp care nu absoarbe nicio culoare apare alb, astfel toate culorile luminii incidente pleacă de la corp și ajung la ochiul observatorului.

Dacă un corp permite trecerea luminii în mod integral prin el, acesta este transparent.

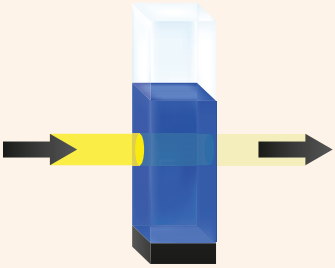
Aplic

1 Urmărește figura 1 de pe coloana alăturată și explică de ce vedem frunza unei plante colorată în verde, atunci când este luminată cu lumină albă.

2 Explică de ce nasturii din figura 2 se văd colorați în albastru, roșu, maro, iar alții se văd negri, albi sau transparenți, știind că nasturii sunt luminați cu lumină albă. Realizează desene cu ajutorul cărora să explici fenomenul.

PORTOFOLIU

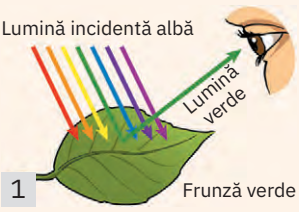
Filtre de absorbție a luminii



Documentează-te utilizând site-uri de internet precum wikipedia.org sau alte surse de informații și analizează atât proprietățile filtrelor de absorbție a luminii, cât și aplicațiile practice ale acestora. Elaborează un material în care să răspunzi la următoarele întrebări:

- Ce fenomen fizic este utilizat de către filtrele optice ? În ce constă acest fenomen? Explică.
- În ce scop sunt utilizate filtrele optice?
- Ce aparate sau dispozitive conțin filtre optice?

Adună toate materialele pe care le realizezi pentru portofoliu într-o mapă.



1 Frunză verde


2

Raze de lumină / fascicul de lumină

INVESTIGAȚIE EXPERIMENTALĂ

Verificarea experimentală, cu ajutorul fasciculelor de lumină, a relațiilor matematice referitoare la asemănare

Materiale necesare: lanternă cu bec cu incandescență, foaie albă de hârtie cu rol de ecran, bandă adezivă, creion, riglă gradată.



Modul de lucru

- Fixează foaia de hârtie de suprafața unui perete vertical, obținând, astfel, un ecran.
- Folosind un suport, fixează lanterna astfel încât lumina emisă de aceasta să se propage perpendicular pe ecran (vezi imaginile de mai sus).
- Pentru cel puțin trei distanțe ℓ diferite, care separă sursa de lumină de ecran, măsoară, ajutându-te de creion, diametrele d ale petei luminoase de pe ecran.
- Realizează un tabel cu datele obținute și calculează valoarea rapoartelor $\frac{\ell - \ell'}{d - d'}$, unde $\ell \neq \ell'$; $d \neq d'$.

Concluzie

Modificarea poziției lanternei față de ecran determină pete luminoase de diametre diferite. Formulează concluzii argumentate referitoare la forma fasciculului de lumină și la valoarea rapoartelor obținute. În urma analizei făcute anterior, identifică figurile geometrice asemenea.

Observ

Analizează imaginile de mai jos și găsește deosebirea dintre o rază de lumină și un fascicul de lumină. Te poți folosi de noțiunile aflate în clasa a VI-a la capitolul *Fenomene optice*. Cum poate fi obținut un fascicul de lumină? Dar o rază de lumină?

1



2



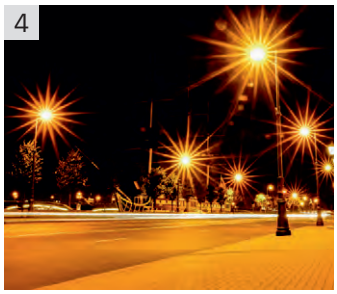
3



Concluzie

În imagini se observă fascicule de lumină mai largi sau mai înguste. Lărgimea fasciculului de lumină depinde atât de natura sursei luminoase, cât și de obstacolele pe care le întâlnește lumina. Un fascicul de lumină poate fi obținut prin plasarea în dreptul sursei de lumină a unui obiect opac, care are unul sau mai multe orificii. De asemenea, fascicule de lumină pot fi obținute prin traversarea unor obiecte transparente (lentile, de exemplu).

4



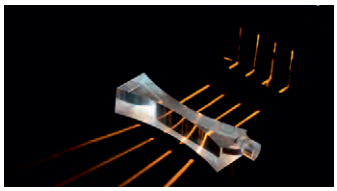
Reține

- **Raza de lumină** reprezintă un model fizic asociat drumului parcurs de lumină printr-un mediu. Raza de lumină poate fi asemănată cu un fir foarte subțire, plasat pe direcția de propagare a luminii. În aproximația opticii geometrice, raza de lumină are practic o grosime neglijabilă în raport cu dimensiunea obiectelor întâlnite.
- **Fasciculul de lumină** reprezintă un ansamblu de raze de lumină învecinate, care suferă simultan aceleași fenomene fizice.

Experimentez

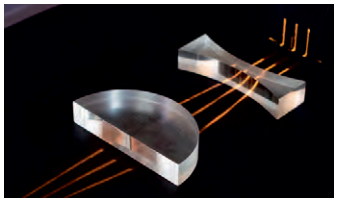
Fascicule de lumină

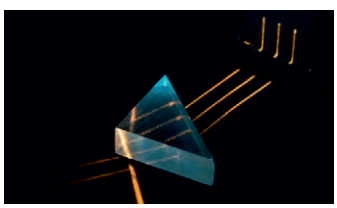
Materiale necesare: o lanternă, un ecran mat cu un orificiu, un ecran mat cu mai multe orificii, un ecran mat fără orificii, un suport pentru ecran, un măr, lentile de diferite forme, lipici.



Modul de lucru

- Confecționează din carton trei ecrane cu suport, dintre care unul are un orificiu (E_1), al doilea are mai multe orificii, aflate la distanțe egale (E_2), iar cel de-al treilea nu are orificii (E_3).
- Aliniază lanterna cu ecranele E_1 și E_3 și observă ce se întâmplă cu fasciculul de lumină emis de lanternă după traversarea orificiului din ecranul E_1. Desenează schematic, pe caiet, fasciculul de lumină și descrie fenomenele optice observate. Ce modificări apar dacă se depărtează/apropie lanterna față de orificiul din ecran?
- Pune pe masa de lucru mărul în fața ecranului E_3 și trimite lumina de la lanternă pe acesta. Cum va fi luminat mărul? Dar ecranul din spatele mărului?

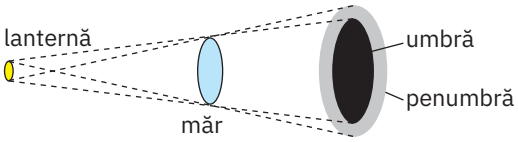




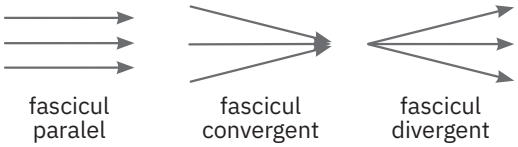
- Desenează pe caiet razele de lumină care sunt emise de lanternă, ajung pe măr și apoi luminează ecranul. Cum se face trecerea de la zona luminată la zona întunecată? Denumește zonele aflate pe ecran din punct de vedere al luminozității.
- Depărtează/apropie lanterna de măr și observă cum se modifică zonele luminate/întunecate ce se formează pe ecran. Explică fenomenele observate.
- Plasează pe masa de lucru una dintre lentile, apoi trimite lumina de la lanternă pe ecranul cu mai multe orificii (E_2), astfel încât lumina ce traversează ecranul să cadă pe lentilă. Cum se modifică fasciculul de lumină după traversarea lentilei? Devine convergent sau divergent?
- Schimbă lentilele și observă cum se modifică fasciculul de lumină. Denumește fasciculul de lumină obținut.

Concluzii

- Luminând mărul cu lanterna, pe ecranul din spatele acestuia se obține o zonă de umbră, înconjurată de una de penumbră, care e învecinată apoi cu zona luminată.



- Imediat după traversarea orificiului din ecran de către fasciculul de lumină, acesta se îngustează, în raport cu lărgimea fasciculului ce vine direct de la lanternă și cade pe ecran. Cu cât sursa de lumină este mai departe de orificiul din ecran, cu atât fasciculul obținut după traversare este mai îngust.
- După traversarea lentilelor, fasciculul de lumină poate fi convergent, divergent sau paralel, în funcție de tipul lentilei și de forma fasciculului incident pe lentilă.

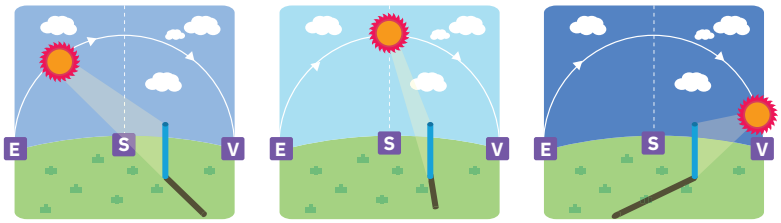


Reține

- **Un fascicul de lumină este paralel** dacă razele de lumină ce limitează fasciculul sunt paralele. Un astfel de fascicul este produs de surse de lumină îndepărtate, de exemplu Soarele.
- **Un fascicul de lumină este convergent** dacă razele de lumină ce limitează fasciculul se apropie până se întâlnesc, de exemplu razele de lumină ce traversează ochiul și se întâlnesc pe retină.
- **Un fascicul de lumină este divergent** dacă razele de lumină ce limitează fasciculul se îndepărtează continuu, de exemplu fasciculul de lumină emis de lanternă, de un bec, de un proiector etc.

Aplic

1 În timpul zilei, poziția Soarelui față de Pământ se schimbă și astfel se schimbă direcția razelor solare ce cad pe suprafața Pământului. Construiește umbra unui obiect la diferite momente ale zilei: ora 12, înainte de ora 12 și după ora 12. Când umbra unui copac este cea mai scurtă? Dar cea mai lungă?



2 Plecând de la imaginea de pe coloana alăturată, precizează dacă un fascicul de lumină convergent poate deveni divergent și în ce condiții. Dar un fascicul de lumină divergent poate deveni convergent? În ce situație? Desenează și explică.

INVESTIGAȚIE

Cadranul solar de grădină

Materiale necesare: disc de carton cu diametrul de aproximativ 20 de centimetri, bețișor de 10 – 15 cm, foarfecă, creion, ceas.

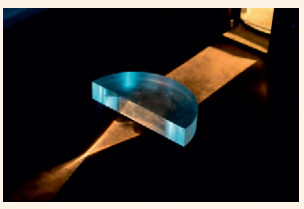
Modul de lucru

- Găurește discul în centru, astfel încât să poți introduce bețișorul prin disc.
- Fixează bețișorul în pământ (în grădina din curtea școlii, în parc sau în grădina casei).
- Atunci când ceasul tău indică o oră fixă, desenează cu creionul pe disc umbra bețișorului și notează în dreptul acesteia ora respectivă.
- Repetă operația la fiecare oră.

Concluzie

De ce se modifică poziția umbrei bețișorului în decursul unei zile? Analizând umbrele trasate din oră în oră, ce se poate spune despre viteza de rotație a Pământului în jurul axei sale?

Documentează-te și găsește unde și când au fost utilizate cadranele solare și unde se mai pot vedea. Află dacă în România se găsesc cadrane solare și din ce an datează.

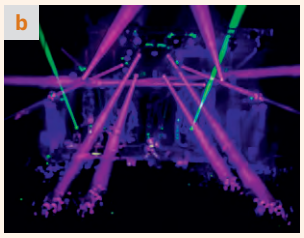


ȘTIAI CĂ?

a



b



c



Fasciculele de lumină albă sau colorată sunt utilizate în diverse situații: spectacole de teatru, concerte, spectacole de lumină etc. În imaginea **a** sunt prezentate mai multe fascicule de lumină albă ce se intersectează în timpul unui spectacol, în imaginea **b** se observă fascicule de lumină cu culori diferite ce se intersectează în cadrul unui concert, iar în imaginea **c** sunt prezentate fascicule de lumină laser la un alt eveniment artistic. În toate situațiile analizate, fasciculele de lumină nu se influențează după ce se intersectează.

Principiile propagării luminii

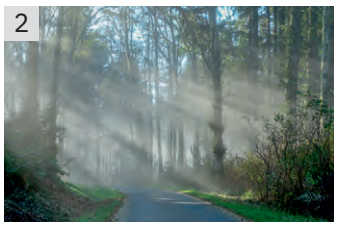
Observ

Analizează imaginile de mai jos și descrie forma razelor de lumină în aceste situații. Formulează o concluzie referitoare la razele de lumină ce se propagă printr-un mediu omogen.

1



2



3



4



Concluzii

Razele de lumină prezentate în imaginile 1 – 4 sunt liniare. În situațiile prezentate, mediul prin care se propagă lumina este aerul și în aceste cazuri este omogen şi izotrop.

Razele de lumină care ajung la un obiect opac nu ocolesc obiectul, ci se propagă rectiliniu, fiind absorbite de obiect.

Experimentez

Cum se propagă razele de lumină?

Materiale necesare: două ecrane din carton, în fiecare fiind practicat câte un orificiu foarte mic, suporturi pentru ecrane, o lanternă.

Modul de lucru

- Fixează ecranele pe suporturi.
- Aliniază lanterna și cele două ecrane astfel încât lumina de la lanternă să cadă pe orificiul primului ecran și apoi raza de lumină ce trece prin orificiul din primul ecran să treacă prin orificiul celui de al doilea ecran. Privește raza de lumină ce trece prin al doilea orificiu.
- Dacă muți unul dintre ecrane se mai observă raza de lumină după al doilea ecran? Analizează traseul razei de lumină și explică fenomenele observate.
- Repetă experimentul trimițând lumina de la lanternă către orificiul celui de-al doilea ecran și privește din spatele primului ecran. Cum se modifică fenomenele observate în raport cu cele analizate anterior?

Concluzii

- Razele de lumină se propagă rectiliniu și astfel, dacă cele două orificii şi sursa de lumină sunt aliniate, razele de lumină străbat cele două orificii şi le putem vedea. Dacă orificiile nu sunt aliniate, razele de lumină nu ajung pe al doilea orificiu și nu pot traversa ecranul opac.
- Inversând poziția sursei de lumină cu ochiul observatorului, razele de lumină se propagă în sens opus primului caz, dar fenomenele optice nu se modifică. Astfel, razele de lumină se propagă pe aceeași direcție indiferent de sensul de propagare a luminii.

Reține

Principiul liniarității razelor de lumină arată că razele de lumină care se propagă printr-un mediu omogen și izotrop sunt rectilinii.

Principiul reversibilității razelor de lumină arată că o rază de lumină se propagă între două puncte pe aceeași traiectorie, indiferent de sensul de propagare a luminii.

Experimentez

Razele de lumină își modifică direcția de propagare atunci când se întâlnesc?

Materiale necesare: laser pointer cu lumină verde, laser pointer cu lumină roşie, o sticlă din plastic cu pereți transparenți, o cutie cu chibrituri.



Modul de lucru

- Alege ca loc pentru desfăşurarea experimentului o încăpere în care să fie semiîntuneric.
- Aprinde un mănunchi format din minimum trei bețe de chibrit; lasă-le să ardă puțin, apoi stinge flacăra și introdu bețele fumegânde în sticlă, după care astupă rapid sticla. **Atenție!** Ai grijă să faci această operație împreună cu profesorul sau cu un adult, pentru a preveni producerea unui incendiu!
- Utilizează cele două lasere cu lumină de culori diferite și încearcă să intersectezi razele laser în interiorul sticlei, ca în imaginea de mai sus.
- Observă traiectoriile celor două raze laser după întâlnire.

Concluzii

În mediul considerat, care este omogen și izotrop, razele de lumină nu își modifică direcția de propagare în urma intersecției, ci se propagă în continuare rectiliniu.

Reține

Principiul independenței propagării razelor de lumină arată că în cadrul opticii geometrice, razele de lumină care se întâlnesc într-un punct nu se influențează reciproc, păstrându-și fiecare direcția inițială de propagare.

Aplic

1. Un arcaș care trage la țintă fixează linia de ochire pentru a atinge centrul țintei. Ce proprietate fizică a razelor de lumină permite ochirea țintei?
2. În imaginea de mai jos se observă un constructor care utilizează o nivelă cu laser pentru a verifica netezimea pereților și planeitatea podelei. Documentează-te cum funcționează o nivelă cu laser și explică modul în care verifică constructorul planeitatea pereților și a podelei.





PROIECT

Principiul timpului minim (Fermat)

Scopul proiectului
Găsirea unui istoric al principiului lui Fermat și identificarea importanței acestui principiu în studiul opticii geometrice. Tema poate fi realizată individual sau în echipă.

Ce vei/veți face?
Vei/veți învăța despre fenomenele optice și modelul matematic bazat pe noțiunea de rază de lumină care explică aceste fenomene în cadrul opticii geometrice.

Cum vei/veți face?
1. Vei/veți consulta site-uri de internet precum wikipedia.org sau alte surse de informații.
2. Vei/veți stabili ce informații sunt relevante pentru proiectul vostru.
3. Vei/veți prezenta perioada istorică în care a fost formulat principiul timpului minim și legăturile cu celelalte principii ale opticii geometrice.

Cum vei/veți prezenta proiectul colegilor?
Vei/veți realiza o prezentare pe computer, cu text, imagini și filmulețe.

Cum se evaluează proiectul?
Au înțeles colegii din celelalte echipe informațiile pe care le-ai/le-ați prezentat? Criterii: *calitatea documentării*, *selectarea informațiilor relevante*, *acuratețea prezentării*. Cere/cereți să ți/vi se acorde calificative, să ți/vi se pună întrebări și să ți/vi se facă sugestii.

Reflexia luminii

ȘTIAI CĂ?



Statuia lui Euclid, Muzeul de Istorie Naturală al Universității Oxford

Cu trei secole î.Hr., Euclid, în lucrarea „Optica“, a arătat că lumina se deplasează în linie dreaptă și a descris legile reflexiei. El a susținut că vederea se datorează razelor de lumină care merg de la ochi la obiectul văzut și a studiat relația dintre mărimea aparentă a obiectelor și unghiul sub care sunt văzute. Din acest motiv, Euclid este considerat întemeietorul studiului legilor perspectivei și al opticii geometrice. Abia în secolul al XI-lea, Alhazen stabilește care este anatomia ochiului, arătând că lumina intră și nu pleacă din ochi.

Observ

Pentru ca ochiul uman să „vadă“ corpurile din mediul înconjurător, este nevoie ca acestea să fie luminate de o sursă de lumină. Ce traiectorie au razele de lumină emise de sursa de lumină pentru a vedea obiectele așa ca în imaginile 1 – 4? Realizează pe caiet un desen explicativ și denumește fenomenul optic care permite observarea obiectelor ca în aceste imagini.

1



2



3



4



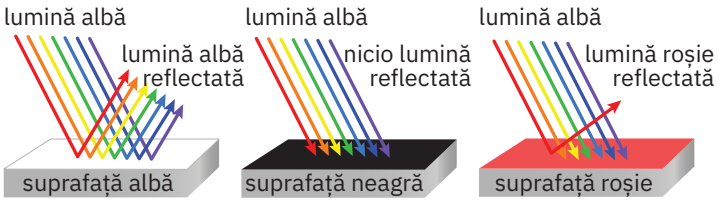
Concluzii

Când vedem obiectele din mediul înconjurător, razele de lumină emise de sursa de lumină (Soarele, în cazul imaginilor menționate) cad pe suprafața obiectelor, care le reflectă, iar în continuare aceste raze de lumină reflectate ajung în ochii observatorului. În funcție de proprietățile optice ale corpurilor, acestea pot absorbi anumite culori din lumina incidentă, iar pe restul culorilor le reflectă (vezi cele trei scheme de mai jos).

Ochiul observatorului este un analizor vizual care are rolul de a detecta obiectele din jur cu ajutorul luminii.

În imaginea 2 se observă atât obiecte din jur, cât și o a doua imagine a obiectelor, imaginea muntelui și a copacilor în apa lacului. Imaginea 3 prezintă reflexiile clădirilor și cerului în apa adunată după ploaie. Tot prin intermediul fenomenului de reflexie, obiectele din spatele unei mașini se pot vedea de către șofer cu ajutorul oglinzilor retrovizoare (imaginea 4).





Experimentez

Imaginea obiectelor în diferite suprafețe reflectătoare

Materiale necesare: o lingură din metal lucios, o lanternă, laser, bile lucioase din metal sau din sticlă, o oglindă plană, o coală de hârtie.

Modul de lucru

- Privește în suprafața concavă (adâncită) a lingurii și observă cum apare imaginea ta în lingură (răsturnată sau dreaptă, mai mare sau mai mică?). Apropie lingura și apoi depărteaz-o de tine. Notează în caiet observațiile.
- Privește în suprafața convexă (bombată) a lingurii și observă cum apare imaginea ta în lingură (răsturnată sau





Bile reflectătoare, pentru decor, în Singapore

dreaptă, mai mare sau mai mică?). Apropie lingura și apoi depărteaz-o de tine. Notează observațiile în caiet.
- Documentează-te și află în ce scopuri sunt utilizate oglinzile curbate (sferice de exemplu).
- Pune pe coala de hârtie lingura sprijinită pe o parte și trimite lumina de la lanternă către lingură, atât pe suprafața concavă, cât și pe suprafața convexă. Observă cum este reflectată lumina de către cele două suprafețe ale lingurii. Desenează pe caiet traseul razelor de lumină reflectate de cele două suprafețe.
- Repetă experimentul anterior utilizând laserul. **Atenție!** Utilizează cu atenție laserul astfel încât să nu îndrepți raza laser către ochi!
- Privește către suprafața bilei lucioase din poziții diferite față de bilă. Ce observi? Compară imaginile observate pe suprafețele lingurii cu cele observate pe suprafața bilei și formulează concluzii.
- Trimite lumina de la lanternă și apoi de la laser către oglinda plasată vertical pe coala de hârtie. Modifică direcția fasciculului de lumină ce cade pe oglindă. Ce se întâmplă cu lumina după ce a atins oglinda? Desenează ce observi.

Concluzie

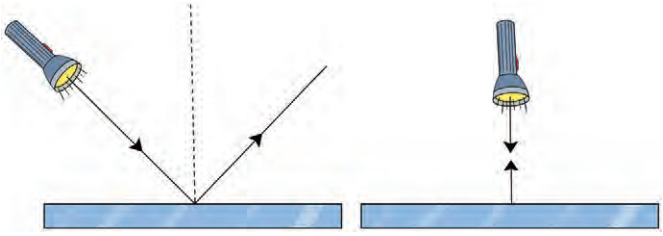
- Imaginea observată în suprafața concavă a lingurii este răsturnată și micșorată, iar pe măsură ce lingura se apropie de obiect, imaginea se mărește, dar rămâne în permanență mai mică decât obiectul.
- Imaginea observată în suprafața convexă a lingurii este dreaptă și micșorată, iar pe măsură ce se apropie lingura de obiect, imaginea se mărește, dar rămâne în permanență mai mică decât obiectul.
- Oglinzile convexe sunt utilizate ca oglinzi retrovizoare pe șosele, deoarece oferă o vedere amplă a zonei din spatele acestora. De asemenea, oglinzile convexe sunt utilizate pe drumurile publice acolo unde vizibilitatea este mică.
- Oglinzile concave pot fi utilizate pentru a concentra razelor de lumină și a găti alimentele pe un așa-numit „cuptor solar“.
- Fasciculul de lumină ce cade pe oglindă se întoarce în mediul din care a venit, pe altă direcție; dacă fasciculul de lumină cade perpendicular pe oglindă, acesta se întoarce pe aceeași direcție.





Reține

Fenomenul de reflexie constă în întoarcerea razelor de lumină după ce întâlnesc suprafața de separație dintre două medii.



Aplic

Cum poate un observator aflat pe Pământ să vadă Luna? Luna este o sursă de lumină? Luna poate fi văzută în orice condiții? Explică.

PORTOFOLIU

Mirajul optic



Documentează-te utilizând site-uri precum wikipedia.org sau alte surse de informații și identifică în ce condiții poate apărea un miraj optic. Te poți inspira analizând imaginea de mai sus, în care este observat un miraj pe o șosea încinsă din Nevada, SUA.
În cadrul temei, răspunde la următoarele întrebări:
- În ce zone geografice pot fi observate miraje optice?
- În ce condiții se pot vedea mirajele optice?
- Ce fenomen optic duce la formarea mirajelor optice?
- Cum se formează un miraj optic?

Legile reflexiei – aplicație experimentală – oglinzi plane

ȘTIU DEJA



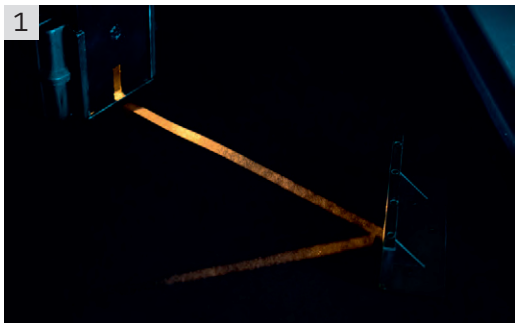
Imaginea unui obiect, formată de un sistem optic, reprezintă mulțimea punctelor de intersecție a razelor de lumină ce vin de la obiect și au traversat sistemul optic, de exemplu, imaginea unui obiect formată de ochi pe retină sau imaginea formată de proiectorul de la cinematograf pe ecran (vezi imaginea de mai sus). Clasificarea imaginilor formate de un sistem optic:

- *imagine reală*, dacă razele de lumină se intersectează în mod real (de exemplu, imaginea formată de ochi pe retină sau imaginea proiectată pe ecran la cinematograf);
- *imagine virtuală*, dacă razele de lumină reale nu se întâlnesc, dar se întâlnesc prelungirile lor (de exemplu, imaginea formată de oglinda plană);
- *imagine mărită, micșorată sau egală* cu obiectul;
- *imagine dreaptă sau răsturnată*, în raport cu orientarea obiectului.

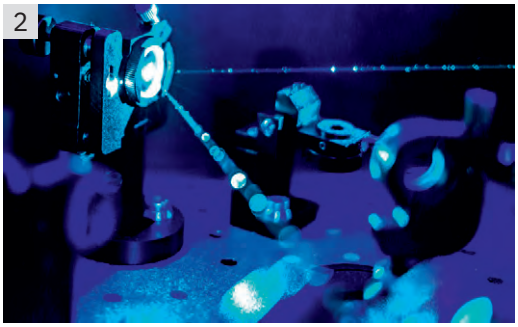
Observ

Fenomenul de reflexie a luminii este evidențiat în imaginile de mai jos, în care se observă reflexia unor raze de lumină laser. Reprezintă într-un desen traseul razelor de lumină pe durata fenomenului de reflexie pe o suprafață reflectantă/reflectătoare plană. Ce poți spune despre planul format de raza de lumină incidentă și raza de lumină reflectată, în raport cu suprafața reflectătoare? Ducând normala pe suprafața reflectătoare, cum sunt orientate raza de lumină incidentă și raza de lumină reflectată în raport cu normala?

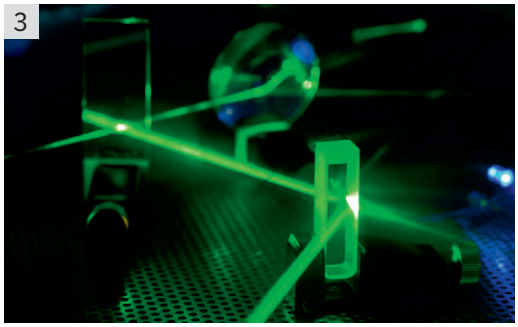
1



2



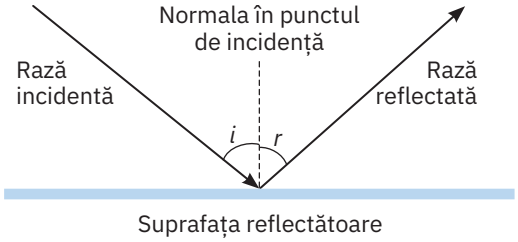
3



Concluzii

Planul format de raza de lumină incidentă și raza de lumină reflectată este perpendicular pe suprafața reflectătoare.

Normala se află în planul format de raza incidentă și raza reflectată. De asemenea, se observă că raza reflectată este simetrică față de normală, în raport cu raza incidentă, conform desenului alăturat. Unghiul *i* se numește unghi de incidență și reprezintă unghiul format de raza incidentă cu normala, iar *r* se numește unghi de reflexie și reprezintă unghiul format de raza reflectată cu normala. Deoarece razele de lumină incidentă și reflectată sunt simetrice față de normală, unghiurile *i* și *r* sunt egale.



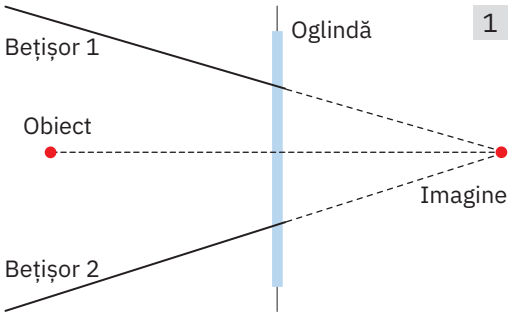
Experimentez

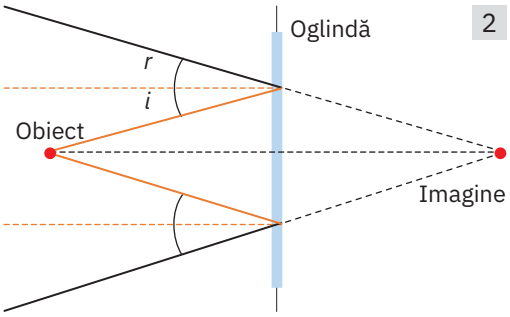
Studiul experimental al legilor reflexiei

Materiale necesare: o oglindă plană cu suport, o coală de hârtie, un creionaș (cu înălțimea de 2 – 3 cm), bețișoare subțiri cu lungimea de 10 – 15 cm, lipici, un raportor, o riglă, un echer.

Modul de lucru

- Trasează o linie ce împarte coala de hârtie în două părți egale și fixează oglinda plană în poziție verticală, de-a lungul acestei linii, cu ajutorul unui suport.
- Fixează creionașul, în fața oglinzii, utilizând lipiciul.
- Observă, dintr-o parte a creionașului, imaginea acestuia în oglindă și poziționează unul dintre bețișoare pe direcția bazei imaginii, apoi trasează cu un creion direcția bețișorului.
- Observă din cealaltă parte a creionașului imaginea acestuia în oglindă și poziționează alt bețișor pe direcția bazei imaginii, apoi trasează cu un creion direcția bețișorului.





- Înlătură oglinda și prelungește cele două drepte trasate anterior, până se întâlnesc. Punctul de întâlnire reprezintă imaginea bazei creionașului.
- Unește baza obiectului (creionașului) cu baza imaginii și verifică dacă dreapta obținută este perpendiculară pe suprafața oglinzii. Verifică apoi dacă distanța dintre obiect și oglindă este egală cu distanța dintre imagine și oglindă (figura 1).
- Construiește razele de lumină incidente pe oglindă, care duc la formarea imaginii obiectului, apoi construiește normala pe suprafața oglinzi și măsoară unghiurile de incidență și de reflexie cu un raportor (figura 2).
- În ce relație se află unghiurile de incidență și reflexie?

Concluzii

- Dreapta ce unește obiectul cu imaginea este perpendiculară pe oglindă, iar distanța de la obiect la oglindă este egală cu distanța de la imagine la oglindă.
- În urma măsurătorilor, se observă că unghiul de incidență este egal cu unghiul de reflexie.

Reține

Legile reflexiei

1 Raza incidentă, raza reflectată și normala la suprafața reflectătoare în punctul de incidență se află în același plan (sunt coplanare).

2 Unghiul de incidență este egal cu unghiul de reflexie: $i = r$.

Aplic

Urmărește imaginea balerinelor din figura 1 și imaginea calului din jocul de șah din figura 2; construiește imaginea uneia dintre balerine în oglinda plană verticală, cât și imaginea calului în suprafața reflectătoare orizontală.

1



2

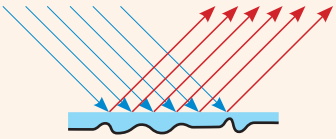


a Caracterizează imaginea obținută în fiecare caz, urmărind următoarele aspecte: poziția imaginii în raport cu oglinda, orientarea imaginii (dreaptă sau răsturnată), dimensiunea imaginii în raport cu dimensiunea obiectului (mărită, micșorată sau egală).

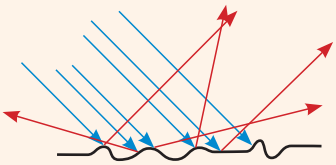
b Dacă se modifică poziția obiectului în raport cu suprafața plană reflectătoare, cum se modifică caracteristicile imaginii? Explică.

INVESTIGAȚIE

Reflexia dirijată și reflexia difuză



Reflexia dirijată

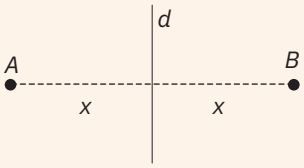


Reflexia difuză

Pornește de la desenele de mai sus și documentează-te, utilizând site-uri de internet precum wikipedia.org sau alte surse de informații, despre diferența dintre reflexia dirijată și reflexia difuză. În cadrul investigației, utilizează următoarele materiale: lanternă, obiecte lucioase și obiecte mate (de exemplu, bile lucioase și bile mate). Trimite lumina de la lanternă pe obiectele utilizate și observă propagarea razelor de lumină. La finalul investigațiilor răspunde la următoarele întrebări:

- Ce asemănări și diferențe apar între cele două tipuri de reflexie?
- Cum se poate face diferența între cele două tipuri de reflexie observând un obiect reflectător luminat?
- În ce situații practice întâlnite în viața cotidiană se obțin cele două tipuri de reflexie?

ȘTIU DEJA



Simetricul unui punct *A* în raport cu o dreaptă *d* este un punct *B*, aflat pe perpendiculara dusă din *A* pe dreapta *d* și situat la o distanță egală cu distanța dintre punctul *A* și dreapta *d*.

PORTOFOLIU

Istoria construcției și utilizării oglinzilor

Documentează-te utilizând site-uri de internet precum wikipedia.org sau alte surse de informații și descrie cronologic utilizările oglinzilor începând cu perioada antică și finalizând cu perioada actuală. Realizează o prezentare în care să răspunzi la următoarele întrebări:

- Unde au fost utilizate prima dată oglinzile și în ce scop?
- Cum a evoluat utilizarea oglinzilor în decursul istoriei?
- Care au fost modalitățile practice de a realiza o oglindă?
- Unde se utilizează oglinzile la ora actuală?
- Crezi că utilizarea oglinzilor este importantă? De ce?

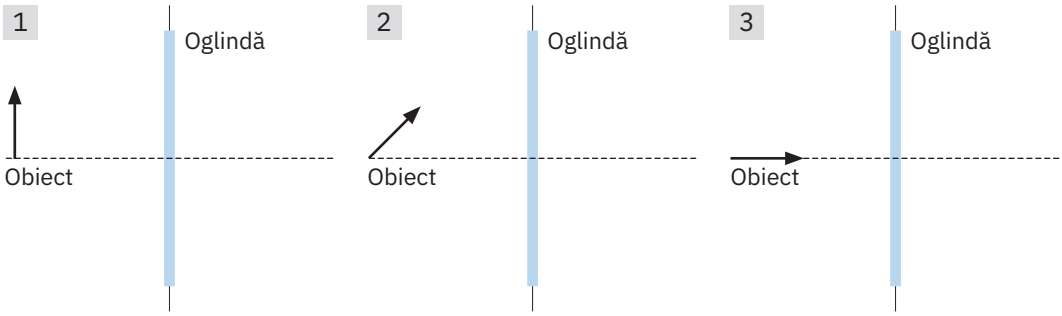
Experimentez

Imaginea unui obiect într-o oglindă plană

Materiale necesare: o oglindă plană cu suport, plastilină, bețișoare colorate scurte, cu lungimea de 2 – 3 cm, un creion, o riglă, un echer, o coală de hârtie.

Modul de lucru

- Trasează la mijlocul hârtiei o dreaptă. Fixează oglinda plană în poziție verticală, cu ajutorul suportului și al plastilinei.
- Fixează, cu ajutorul plastilinei, un bețișor în poziție verticală, în fața oglinzii și analizează imaginea formată de oglindă. Desenează în caiet obiectul, oglinda și imaginea (figura 1).
- Repetă operațiile anterioare, plasând în fața oglinzii bețișorul înclinat către oglindă, apoi analizează și desenează imaginea bețișorului înclinat (figura 2).
- Plasează bețișorul pe o direcție perpendiculară pe oglindă, iar apoi analizează și desenează imaginea observată în oglindă (figura 3).
- Identifică caracteristicile imaginii formate de oglindă în cele trei situații și formulează o concluzie generală referitoare la imaginea unui obiect într-o oglindă plană.

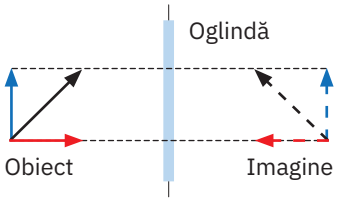


Concluzii

- Imaginea unui obiect într-o oglindă plană este virtuală și este simetrică față de oglindă în raport cu obiectul (fiecare punct al obiectului are ca imagine un punct simetric față de oglindă).
- Imaginea unui obiect într-o oglindă plană este la fel de mare ca obiectul.

Reține

Imaginea unui obiect formată de o oglindă plană este **virtuală**, **egală cu obiectul** și este **simetrică** față de oglindă, în raport cu obiectul, așa cum se vede în imaginea alăturată.

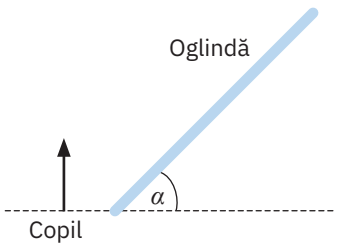


Aplic

Într-un parc de distracții, un copil cu înălțimea $h = 80$ cm își privește imaginea într-o oglindă plană, înclinată față de orizontală cu unghiul $\alpha = 45°$.

a Construiește imaginea copilului, considerând că în momentul observației se află în poziție verticală (vezi figura alăturată).

b Calculează înălțimea imaginii copilului.



Extindere: Aplicații ale legilor reflexiei în tehnologie

Observ

Analizează imaginile de mai jos și identifică aparatele, instrumentele și dispozitivele care au în componența lor o oglindă. Documentează-te și află ce rol are oglinda în fiecare dintre sistemele identificate.

1



2



3

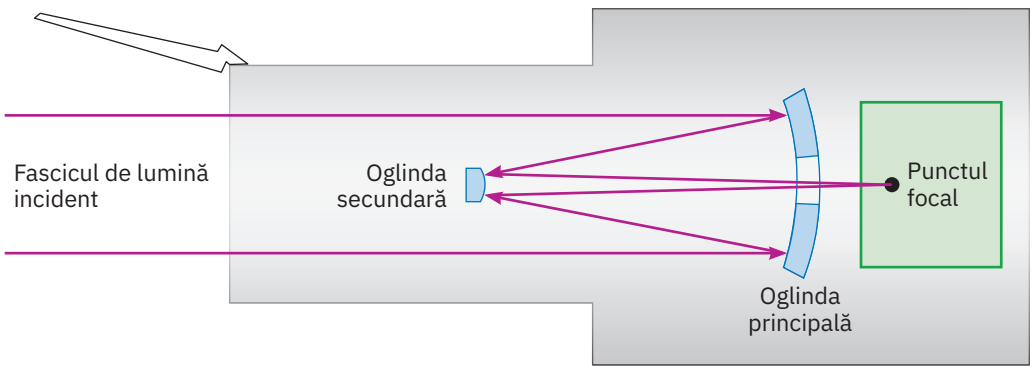


4



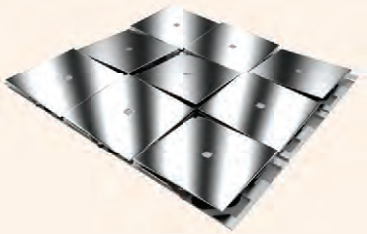
Concluzii

- În imaginea 1 este prezentat un televizor LCD (Liquid Crystal Display), care are în componența sa o oglindă reflectorizantă.
- În imaginea 2 se observă un proiector care poate fi realizat cu tehnologia LCD sau cu tehnologia DLP (Digital Light Processing), care are la bază un dispozitiv optic format dintr-un număr foarte mare de micro-oglinzi, cunoscut sub acronimul DMD (Digital Micromirror Device).
- În imaginea 3 se observă o centrală solară cu turn, care utilizează sute, chiar mii de oglinzi cu orientare automată după poziția Soarelui. Sistemul de oglinzi reflectă lumina de la Soare către o suprafață absorbantă centrală, numită receptor, aflată în turn, unde apar temperaturi de ordinul a mii de grade și care generează aburi.
- În imaginea 4 este prezentat telescopul Hubble, telescop plasat pe orbită în jurul Pământului și poziționat în afara atmosferei terestre, ceea ce îi conferă avantaje semnificative față de telescoapele de pe Pământ, pentru că imaginile nu sunt perturbate de către turbulențele atmosferice. Telescopul are în componența sa două oglinzi, așa cum se vede în schema de mai jos.



ȘTIAI CĂ?

Tehnologia DLP cu cip DMD



Tehnologia DLP (Digital Light Processing) are la bază un dispozitiv optic cunoscut ca DMD (Digital Micromirror Device). DMD este o suprafață dreptunghiulară care poate conține până la 1,3 milioane de oglinzi microscopice. Fiecare oglindă măsoară mai puțin de 1/5 din grosimea unui fir de păr și este montată pe un suport special care permite înclinarea ei spre lumină (ON) sau contra luminii (OFF), creând astfel un pixel luminos sau întunecat pe suprafața de proiecție. Semnalul video digitizat comandă dispozitivul DMD, direcționând fiecare micro-oglindă să comute ON-OFF de câteva mii de ori într-o secundă. Lumina albă generată de lampa videoproiectorului, trecută printr-un așa numit „disc rotitor de culoare“, este transmisă pe suprafața DMD micro-oglinzilor. Discul rotitor colorat în culorile de bază care compun lumina albă (roșu, verde, albastru) filtrează fascicolul luminos, lăsând să treacă pe rând spre DMD lumina roșie, verde și albastră.

PROIECT

Aplicații ale oglinzilor în tehnologie și în medicină

Scopul proiectului
Identificarea aparatelor, a dispozitivelor și a instrumentelor utilizate la ora actuală și care au în componența lor oglinzi. Tema poate fi realizată individual sau în echipă.

Ce vei/veți face?
Vei/veți face o listă a aparatelor, a dispozitivelor și a instrumentelor care au oglinzi în construcția lor.

Cum vei/veți face?
1 Vei/veți consulta site-uri de internet precum wikipedia.org sau alte surse de informații.
2 Vei/veți stabili ce informații sunt relevante pentru proiectul vostru.
3 Vei/veți prezenta sisteme utilizate la ora actuală care au în componența lor oglinzi.

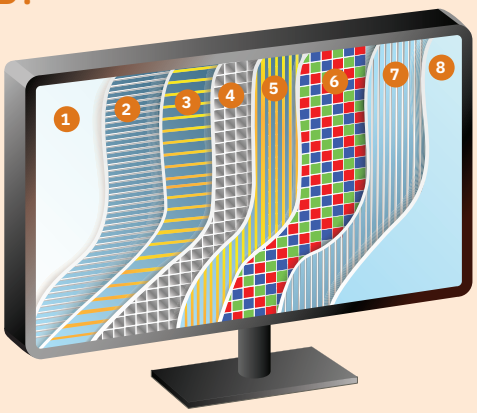
Cum vei/ veți prezenta proiectul colegilor?
Vei/veți realiza o prezentare PowerPoint cu text, imagini/ video.

Cum se evaluează proiectul?
Au înțeles colegii din celelalte echipe informațiile pe care le-ai/le-ați prezentat? Cere/cereți să ți/vi se acorde calificative, să ți/vi se pună întrebări și să ți/vi se ofere sugestii.

Studiu de caz

Cum funcționează un televizor LCD?

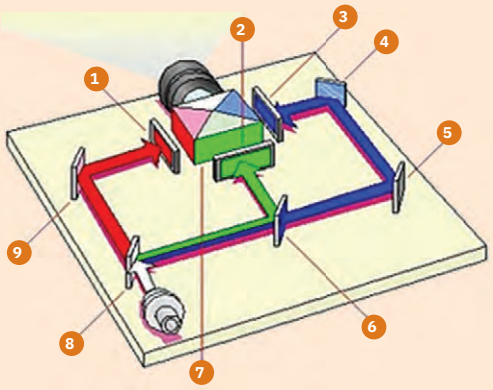
Cristalele lichide au fost descoperite de Friedrich Reinitzer în 1888. În anii ’60 s-a demonstrat că dacă sunt stimulate de o diferență de potențial, cristalele lichide pot modifica proprietățile luminii care trece prin ele. Ecranele LCD (Liquid Crystal Display) color produse în prezent conțin cristale lichide așezate între două straturi de sticlă transparentă. Elementul funcțional al unui ecran LCD este pixel-ul, format dintr-o celulă LCD. Cristalele care formează celula își schimbă polarizarea sub acțiunea unei diferențe de potențial electric și modifică cantitatea de lumină care trece prin celulă. Dacă se modifică diferența de potențial, se modifică și cantitatea de lumină care trece prin celulă. Diferența de potențial este creată printr-un sistem de electrozi, iar lumina este generată de o sursă care se află în spatele întregului sistem și care este plasată în fața unei oglinzi.



1 sursă de lumină cu oglindă
2 filtru polarizant
3 electrozi
4 cristale lichide
5 electrozi
6 filtru de culoare
7 filtru polarizant
8 suprafața ecranului

Cum funcționează un proiector? Tehnologia LCD

Proiectoarele LCD moderne conțin 3 panouri identice, de mici dimensiuni, cu dispozitive ce au cristale lichide (LCD). Dispozitivele cu cristale lichide au proprietatea de a bloca sau transmite lumina, în funcție de semnalul de comandă. Fascicolul de lumină albă de la sursă (lampa), descompus de un sistem de oglinzi dicroice în cele trei componente de bază ale luminii albe: roșu, verde și albastru (R, G, B), este transmis celor trei panouri cu cristale lichide (câte unul pentru fiecare culoare). Cele trei panouri LCD creează imaginea corespunzătoare fiecărei culori, imagine care este recompusă apoi de o prismă dicroică și proiectată printr-un sistem de lentile pe ecran.



1 LCD (roșu)
2 LCD (verde)
3 LCD (albastru)
4 oglindă
5 oglindă dicroică ce selectează lumina albastră
6 oglindă dicroică verde
7 oglindă dicroică roșu
8 oglindă dicroică albastru
9 oglindă

Cum funcționează un videoproiector? Tehnologia LCD

Sticla dicroică este sticla care afișează două culori diferite, suferind o schimbare de culoare în anumite condiții de iluminare. Un material dicroic este o sticlă translucidă care este produsă prin suprapunerea straturilor de sticlă și a microstraturilor de metale sau oxizi, care conferă sticlei proprietatea de a-și schimba culorile în funcție de unghiul de observație. Sticla rezultată este utilizată în scopuri decorative (vitralii sau bijuterii) sau în aparate optice (proiectorul).

Indicele de refracție

Observ

Analizează imaginile de mai jos și identifică fenomenul optic care are loc. Descrie, pentru fiecare imagine, fenomenul observat. Ce mărime fizică specifică luminii determină aceste fenomene optice?

1


2


3


4


Concluzii

- În imaginea 1, creioanele aflate o parte în apă și o parte în aer par rupte la suprafața de separație dintre apă și aer.
- În imaginea 2 se observă cum o rază laser își modifică direcția de propagare atunci când trece dintr-un mediu transparent în altul.
- În imaginile 3 și 4, dungile privite prin sticla paharelor arată diferit față de dungile privite direct prin aer.
- Fenomenele optice observate se datorează propagării luminii prin medii diferite. Lumina se propagă cu viteze diferite în medii diferite.

Reține

- Viteza luminii depinde de mediul prin care se propagă și este maximă în vid.
- **Indicele de refracție al unui mediu transparent** (n) reprezintă raportul dintre viteza luminii în vid (c) și viteza luminii în mediul respectiv (v): $n = \frac{c}{v}$, unde $c \geq v$; astfel, $n \geq 1$.

Aplic

Un elev pasionat de cristale și pietre are o colecție numeroasă. El dorește să se asigure că una dintre piesele sale prețioase este din safir și nu din zirconiu. Pentru a verifica natura piesei, el măsoară indicele de refracție cu un refractometru și găsește valoarea n = 1,77. Este piesa din safir sau din zirconiu? Calculează viteza luminii prin piesa considerată.

ȘTIU DEJA

Lumina se propagă cu viteză foarte mare, dar finită. Viteza cu care se propagă lumina depinde de mediul prin care se propagă și de culoarea razei de lumină. Viteza cu care se propagă lumina în vid este una dintre constantele fundamentale ale naturii. Valoarea acestei viteze a fost determinată experimental și are valoarea c = 299 792 458 m/s. De cele mai multe ori, în calcule se folosește valoarea aproximativă $c \simeq 3 \cdot 10^8$ m/s.

ȘTIAI CĂ?

Indicii de refracție ai unor materiale pentru lumina verde de referință

Substanța	n
Vid	1
Gaze la 0 °C și 1 atm	
Aer	1,000293
Heliu	1,000036
Hidrogen	1,000132
Dioxid de carbon	1,00045
Lichide la 20 °C	
Apă	1,333
Etanol	1,36
Ulei de măsline	1,47
Solide	
Gheață	1,309
Plexiglas	1,49
Sticlă „Crown“	1,52
Safir	1,77
Zirconiu	2,15
Diamant	2,42

Refracția luminii – evidențierea experimentală a fenomenului

INVESTIGAȚIE

Refracția luminii

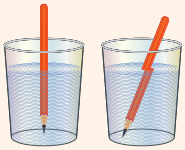


Imaginea de mai sus a fost obținută în condiții de luminozitate redusă şi arată cum se refractă un fascicul laser la suprafața de separație dintre aer şi uleiul dintr-o sticlă de plastic. Folosind un raportor şi o riglă, efectuează măsurători pe imaginea de mai sus pentru a determina unghiurile de incidență şi de refracție (vezi figura 5). Compară cele două unghiuri.

TEMĂ EXPERIMENTALĂ

Creionul din apă

Plasează un creion într-un pahar cu apă și observă-l din lateral în două poziții. De ce creionul apare diferit în cele două situații?



Imaginea creionului în cele două situații se datorează modificării direcției de propagare a razelor de lumină la trecerea dintr-un mediu transparent în alt mediu transparent, atunci când razele de lumină nu sunt perpendiculare pe suprafața de separație dintre cele două medii. Ilustrează cele două situații printr-un desen pe caiet.

Observ

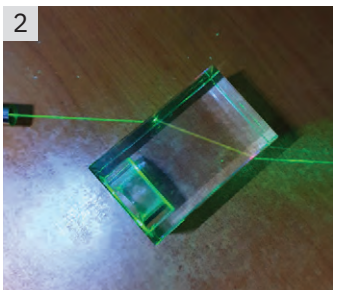
Urmărește imaginile de mai jos și observă fenomenele optice prezentate. La malul mării (imaginea 1) se pot observa o serie de fenomene fizice. Identifică aceste fenomene. În imaginea 2 este prezentată o rază laser ce trece printr-o lamă din sticlă aflată în aer. Rezultatul iluminării unui pahar din sticlă, folosind lumina de la o lanternă, este prezentat în imaginea 3. În imaginea 4 a fost surprinsă o picătură de apă aflată pe petalele unei flori dintr-o grădină.

Analizând fenomenele optice descrise anterior, ce poți spune despre comportarea razelor de lumină atunci când ajung la suprafața de separație dintre două medii?

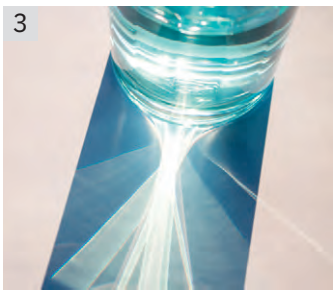
1



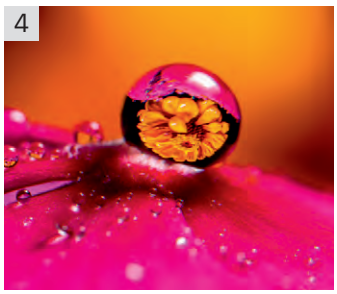
2



3

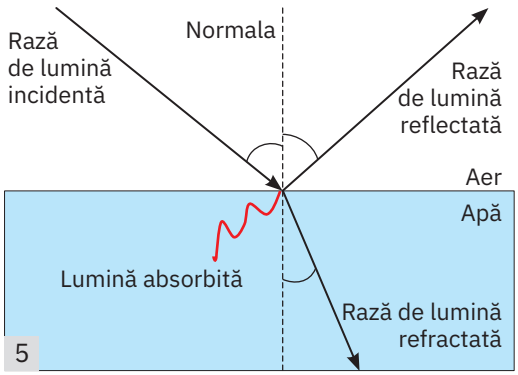


4



Concluzii

Când o rază de lumină ajunge la suprafața de separație dintre două medii, aceasta poate suferi fenomene optice, precum: fenomenul de absorbție, fenomenul de reflexie și fenomenul de refracție (vezi figura 5). Aceste fenomene pot apărea simultan, dacă lumina conține mai multe culori, sau se poate produce numai unul dintre aceste fenomene, în funcție de cele două medii, de orientarea luminii pe suprafața de separație dintre cele două medii și de culorile conținute de lumină.



5

În imaginea 1 sunt prezente fenomenele optice amintite anterior, în imaginea 2 se observă fenomenul de refracție a unei raze laser printr-o lamelă din sticlă cu fețele plane și paralele, în imaginea 3 se observă fenomenul de refracție a luminii prin sticla paharului, iar în imaginea 4 se vede imaginea unei flori, care apare datorită refracției luminii prin picătura de apă.

Experimentez

Iluzii optice

Materiale utilizate: un pahar din sticlă transparentă, o cană, apă, o coală de hârtie, creioane colorate, paie colorate din plastic.

Modul de lucru

- Desenează pe o coală albă două benzi colorate, de exemplu o bandă roșie și una albastră.
- Privește cele două benzi verticale printr-un pahar din sticlă transparentă, așezat la câțiva centimetri de coala de hârtie, apoi toarnă apă în pahar și privește în continuare cele două benzi colorate. Ce observi? Ce fenomen fizic determină acest efect surprinzător? Explică.
- Desenează pe o altă coală de hârtie două săgeți orizontale, orientate în același sens.

- Privește cele două săgeți orizontale prin paharul de sticlă transparent, apoi toarnă apă în pahar și privește în continuare săgețile. Ce observi? Ce fenomen fizic determină acest „miraj“? Explică.
- Pune paie colorate într-un pahar din sticlă transparent și privește paiele din lateral prin sticla paharului, apoi privește paiele din aceeași poziție, dar după ce ai turnat apă în pahar. Ce schimbare observi?

Concluzii

- Turnând apă în paharul din sticlă transparentă, cele două benzi verticale se văd inversate, adică banda roșie se observă în locul celei albastre și invers (imaginile 6 și 7). Acest efect spectaculos se datorează fenomenului de refracție a luminii la trecerea din apă în sticlă și din sticlă în aer.
- Turnând apă în paharul din sticlă transparentă, una dintre cele două săgeți orizontale, și anume cea care este în dreptul nivelului apei din pahar, se vede inversată față de săgeata care este deasupra nivelului apei (imaginile 8 și 9). Acest efect se datorează fenomenului de refracție a luminii la trecerea din apă în sticlă și apoi în aer.
- Paiele puse în paharul din sticlă, prin turnarea apei în pahar, apar frânte. Acest efect se datorează fenomenului de refracție a luminii la trecerea din apă în aer (imaginea 10).


6


7

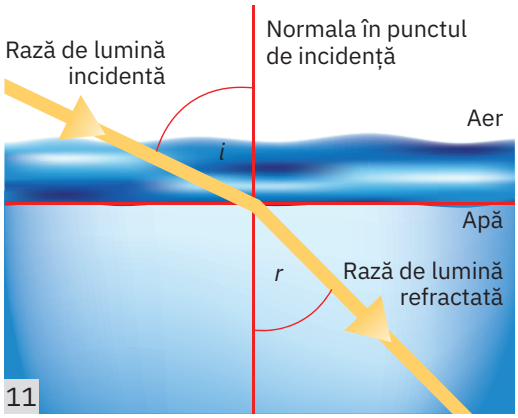

8


9

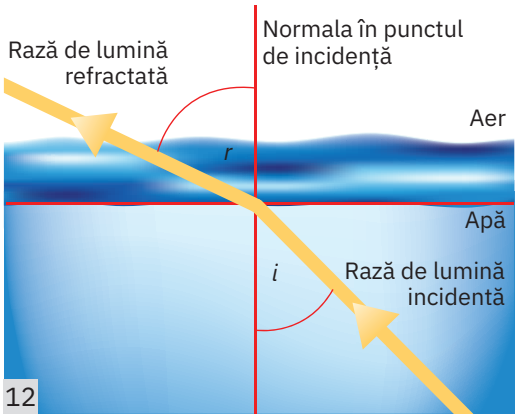

10

Reține

Fenomenul de refracție a luminii constă în modificarea direcției de propagare a razei de lumină la trecerea dintr-un mediu transparent în alt mediu transparent. Unghiul *i* se numește unghi de incidență și reprezintă unghiul format de raza incidentă cu normala, iar *r* se numește unghi de refracție și reprezintă unghiul format de raza refractată cu normala.



11



12

La trecerea luminii dintr-un mediu mai puțin dens într-un mediu mai dens (de exemplu din aer în apă), raza de lumină refractată se apropie de normală (figura 11). Dacă lumina trece dintr-un mediu mai dens într-un mediu mai puțin dens (de exemplu din apă în aer), raza de lumină refractată se depărtează de normală (figura 12).

Aplic

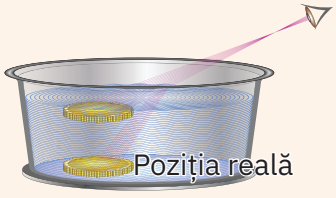
1 Un elev observă o piatră aflată pe fundul unui bazin cu apă. Unde este plasată imaginea pietrei observate de elev, în raport cu fundul bazinului? Este mai jos decât piatra, mai sus sau se află la aceeași înălțime față de fundul bazinului? Realizează un desen explicativ în care să ilustrezi traseul razelor de lumină.

2 Un scafandru aflat pe fundul unui lac privește un balon aflat deasupra apei. Unde este plasată imaginea balonului observată de scafandru, în raport cu suprafața apei din lac? Este mai jos decât balonul, mai sus sau se află la aceeași înălțime față de suprafața apei din lac? Realizează un desen explicativ în care să trasezi traiectoria razelor de lumină.

INVESTIGAȚIE

Moneda care apare

Pune o monedă într-o cană mată și privește-o din lateral, apoi depărtează puțin cana de tine, până când nu mai vezi moneda. Fără să îți modifici poziția față de cană, toarnă apă în ea în timp ce privești către suprafața apei. Ce observi la un moment dat? Apare moneda datorită apei din cană?
Acest experiment arată că imaginea monedei formată de razele de lumină la trecerea din apă în aer este ridicată față de fundul căniii pe care se află moneda (vezi figura de mai jos).

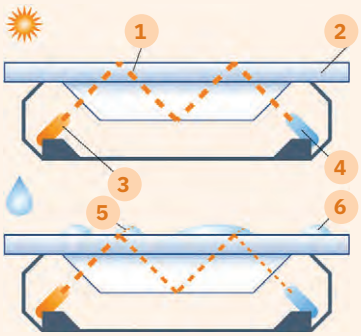


Reflexia totală

ȘTIAI CĂ?

Aplicații practice ale fenomenului de reflexie totală

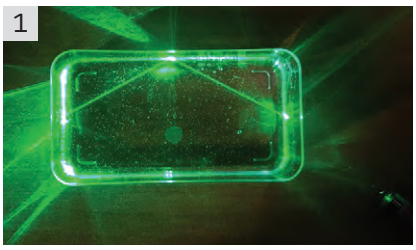
Un senzor de ploaie este un dispozitiv de comutare activat de precipitații. Funcționarea senzorului de ploaie se bazează pe fenomenul de reflexie totală. Un mic LED montat sub parbriz, vizibil din exterior, transmite permanent un fascicul de lumină infraroșie, care cade sub un unghi de 45° pe parbriz, după care se reflectă și ajunge pe o fotodiodă. Atâta timp cât parbrizul este uscat, pe fotodiodă va ajunge o cantitate maximă de lumină de la LED, dar la primele picături de ploaie, lumina reflectată total se diminuează, deoarece o parte din lumină se va refracta prin stratul de apă. Când fotodioda simte că lumina devine mai slabă, activează ștergătoarele.

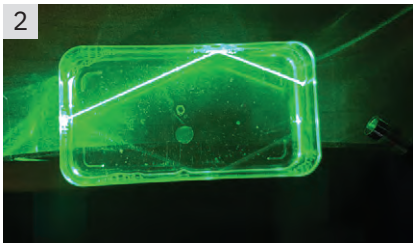


1 rază de lumină reflectată total
2 parbriz
3 LED
4 fotodiodă (senzor de lumină)
5 rază de lumină refractată
6 picătură de ploaie

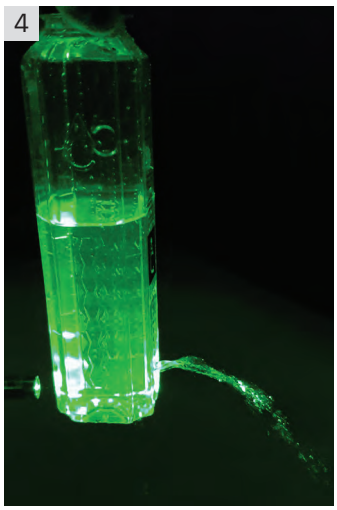
Observ

Analizează imaginile 1 – 4, în care sunt surprinse raze de lumină laser ce se propagă printr-un lichid transparent aflat în vase cu pereți transparenți și descrie fenomenele optice observate. Reprezintă printr-un desen explicativ traiectoria razelor de lumină conform fenomenelor optice observate și verifică dacă sunt respectate legile reflexiei.

1


2


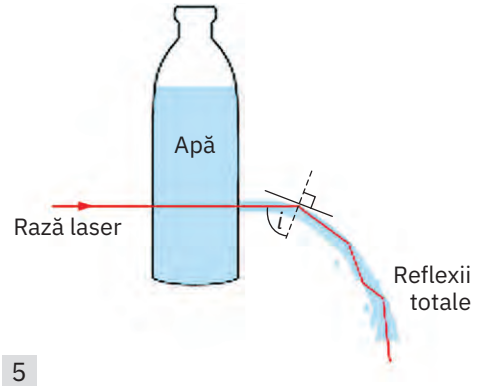
3


4


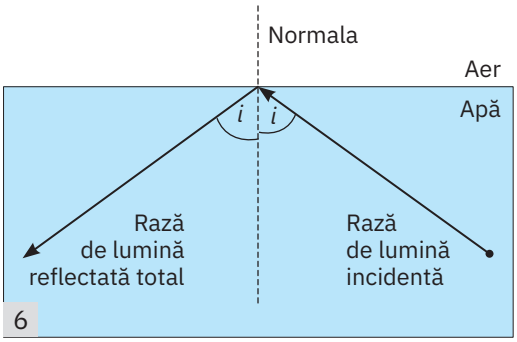
Concluzie

În imaginile 1 și 2 se observă fenomenele de refracție și reflexie a luminii, ce se produc simultan pe peretele din stânga al vasului cu secțiune dreptunghiulară. Astfel, razele de lumină refractată și reflectată sunt mai puțin strălucitoare decât raza incidentă pe peretele din stânga. În imaginile 1, 2 și 3 se observă raza laser care se reflectă la atingerea suprafeței de separație dintre lichid și vas. Razele reflectate în acest caz sunt la fel de strălucitoare ca razele incidente. Acest fapt arată că în aceste cazuri nu mai există rază refractată care să treacă din lichid în aer. În imaginea 4 se observă cum raza laser, care a intrat în jetul de apă, se propagă de-a lungul acestuia fără să iasă în aer prin suprafața laterală a acestuia (figura 5).

Acest fenomen particular, prin care razele de lumină ce cad sub anumite unghiuri se reflectă în loc să se refracte, se numește **reflexie totală**. Analizând imaginile anterioare, se observă că legile reflexiei se verifică și în cazul reflexiei totale (figura 6).



5



6

Experimentez

Reflexia totală în pahare din sticlă

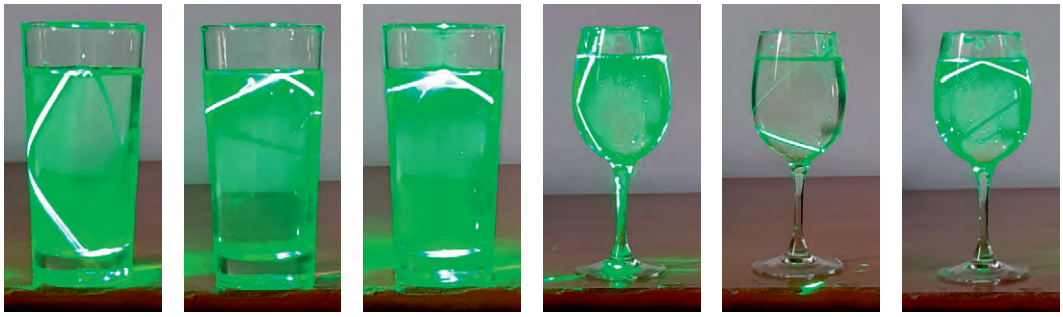
Materiale utilizate: pahare din sticlă transparentă cu pereții netezi (pot fi de forme diferite), apă, detergent lichid, laser, un bețișor.

Modul de lucru

- Toarnă apă în pahare, pune câteva picături de detergent lichid în apă și amestecă ușor cu un bețișor.
- Trimite raza laser prin lichidul din fiecare pahar sub diferite unghiuri. Notează observațiile făcute și reprezintă pe caiet traseul razelor de lumină. Identifică fenomenele optice observate și precizează condițiile în care se produc.

Concluzii

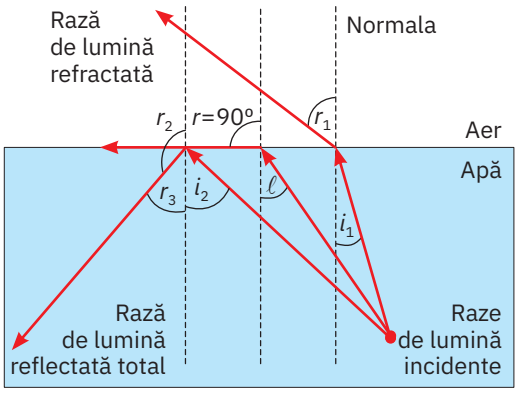
- În cadrul experimentului se observă trei fenomene optice: fenomenul de refracție, fenomenul de reflexie și fenomenul de reflexie totală (vezi imaginile de mai jos).



- Fenomenul de refracție se produce pentru valori mici ale unghiului de incidență și are loc simultan cu fenomenul de reflexie. Fenomenul de reflexie totală se produce pentru valori mari ale unghiului de incidență, iar în acest caz nu se produce și refracție.

Reține

- **Fenomenul de reflexie totală** este fenomenul prin care lumina se reflectă la suprafața de separație dintre două medii transparente, fără a avea loc și fenomenul de refracție.
- Fenomenul de reflexie totală se produce în următoarele condiții:
  - raza de lumină incidentă vine dintr-un mediu cu indice de refracție mare (n_1) și ajunge pe suprafața de separație dintre acest mediu și un mediu cu indice de refracție mai mic ($n_2 < n_1$);
  - raza de lumină incidentă ajunge pe suprafața de separație dintre cele două medii transparente sub unghiuri de incidență mai mari decât unghiul limită $i > \ell$.
- **Unghiul limită** (ℓ) este unghiul de incidență pentru care unghiul de refracție este drept ($r = 90^o$).
- Dacă unghiul de incidență este mai mic decât unghiul limită ($i_1 < \ell$), atunci se produce fenomenul de refracție și unghiul de refracție este ascuțit ($r_1 < 90^o$).
- Dacă unghiul de incidență este mai mare decât unghiul limită ($i_2 > \ell$), atunci se produce fenomenul de reflexie totală și unghiul de reflexie este egal cu unghiul de incidență $r_3 = i_2$.

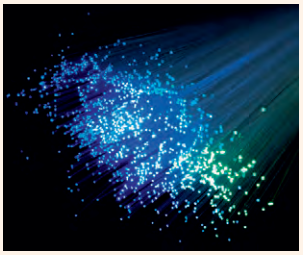


Aplic

O rază de lumină laser este trimisă perpendicular pe suprafața unei prisme optice aflate în aer. Raza de lumină traversează prisma și iese pe direcția feței opuse a prismei, ca în imaginea de pe coloană. Știind că unghiul din vârful prismei este $A = 45^o$, ce valoare are unghiul limită al materialului din care este confecționată prisma?

PROIECT

Aplicații practice ale reflexiei totale

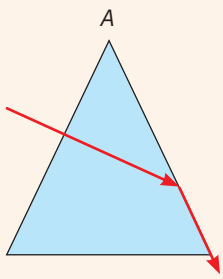


Scopul proiectului
Identificarea dispozitivelor, a aparatelor sau a sistemelor care utilizează fenomenul de reflexie totală a luminii. Tema poate fi realizată individual sau în echipă.

Cum vei/veți face?
1. Vei/veți consulta site-uri de internet precum wikipedia.org sau alte surse de informații.
2. Vei/veți alege informații relevante pentru proiectul tău/vostru.
3. Vei/veți prezenta diverse sisteme care utilizează reflexia totală a luminii.

Cum vei/veți prezenta proiectul colegilor?
Vei/veți realiza o prezentare PowerPoint, cu text și imagini.

Cum se evaluează proiectul?
Au înțeles colegii din celelalte echipe informațiile pe care le-ați prezentat? Criterii: *calitatea documentării*, *selectarea informațiilor relevante*, *acuratețea prezentării*. Cere/cereți să vi se acorde calificative, să vă pună întrebări și să vă facă sugestii.



INVESTIGAȚIE

Studiul propagării razelor de lumină printr-o lamă cu fețe plane și paralele



Poți folosi fotografia de mai sus pentru măsurători de unghiuri legate de propagarea luminii.

Materiale necesare: o lamă transparentă cu fețele plane și paralele, un pointer laser, o coală de hârtie, o riglă, un raportor, un creion.

Modul de lucru: fixează lama pe coala de hârtie și desenează conturul acesteia; • trimite o rază laser pe suprafața lamei și punctează din loc în loc cu creionul pe hârtie traiectoria razelor de lumină incidentă și emergentă (raza care iese din lamă); • desenează traiectoria razelor de lumină prin lamă; • trasează normalele la cele două suprafețe de refracție, măsoară unghiurile de incidență și de refracție și apoi determină indicele de refracție al lamei; • prelungește raza incidentă, compară-i direcția cu raza emergentă și măsoară distanța dintre acestea, numită deviație; • găsește prin calcul relația de legătură dintre deviație, grosimea lamei și unghiurile de incidență, respectiv refracție.

Concluzii:

- Raza incidentă este paralelă cu raza emergentă.
- Indicele de refracție al lamei este $n_2 = n_1 \frac{\sin i}{\sin r}$.
- Deviația razei emergente față de raza incidentă este $h = e\frac{\sin(i-r)}{\cos r}$.

Extindere: Legile refracției, indicele de refracție

Observ

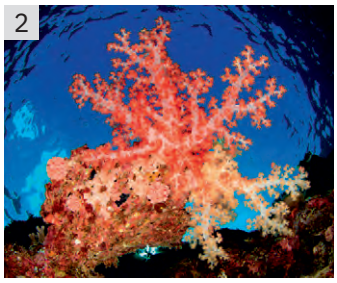
Fereastra lui Snell reprezintă o zonă luminată de formă circulară, observată atunci când se privește de sub apă către suprafața apei. Razele de lumină, ce vin de la Soare și intră în apă, pătrund prin suprafața apei doar prin această „fereastră", iar restul suprafeței apare întunecată. În imaginile de mai jos este surprinsă priveliștea dintr-un recif adânc de corali, luminat de razele Soarelui ce pătrund în apă prin fereastra lui Snell.

Analizează imaginile de mai jos și identifică fenomenul optic care determină acest efect, apoi realizează un desen în care să reprezinți razele de lumină care pătrund în apă prin fereastra Snell. Explică producerea fenomenului observat. Dacă analizezi indicii de refracție al apei și al aerului, ce poți spune despre relația dintre unghiurile de incidență și refracție, pe de o parte, și despre indicii de refracție ai celor două medii, pe de altă parte?

1



2



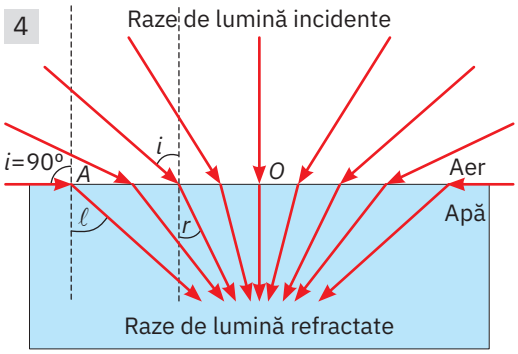
3



Concluzie

Razele de lumină ce pătrund din aer în apă cad pe suprafața apei sub unghiuri de incidență cuprinse între valoarea minimă $i_{min} = 0°$ și valoarea maximă $i_{max} = 90°$. În mod corespunzător, unghiurile de refracție vor fi cuprinse între valoarea minimă $r_{min} = 0°$ și valoarea maximă $r_{max} = \ell$, unde ℓ este unghiul limită la trecerea luminii din apă în aer.

4



Se observă că razele de lumină ce vin din aer nu pot pătrunde în apă decât sub unghiuri mai mici decât unghiul limită. Astfel, se poate spune că razele de lumină pătrund în apă printr-o fereastră, fereastra Snell. Dacă suprafața apei este plană, această fereastră are forma unui cerc de rază *AO*, conform desenului din figura 4.

Se observă că în mediul cu indicele de refracție mai mare (apa în acest caz), unghiul dintre raza de lumină și normală este mai mic decât unghiul dintre raza de lumină și normală din mediul cu indicele de refracție mai mic (aerul în acest caz).

Reține

Legile refracției (Snell-Descartes)

1. Raza de lumină incidentă pe suprafața de separație dintre două medii transparente, normala la această suprafață în punctul de incidență și raza de lumină refractată se află în același plan (sunt coplanare).
2. Produsul dintre indicele de refracție al mediului incident (n_1) și sinusul unghiului de incidență (sin$i$) este egal cu produsul dintre indicele de refracție al mediului de refracție (n_2) și sinusul unghiului de refracție (sin$r$): $n_1 \cdot \sin i = n_2 \cdot \sin r$.
3. **Caz particular:** dacă lumina trece dintr-un mediu cu indice de refracție mic (n_1) într-un mediu cu indice de refracție mare ($n_2 > n_1$), pentru cazul de refracție limită $i = 90°$, se obține $\sin \ell = \frac{n_1}{n_2} < 1$.

Experimentez

Cum depinde indicele de refracție de culoarea luminii?

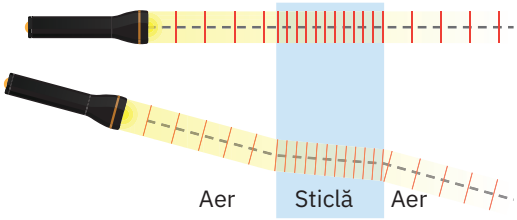
Materiale utilizate: un pointer cu laser de lumină verde și unul cu lumină roșie, o lamă cu fețe plane şi paralele, hârtie albă, un smartphone, un raportor.

Modul de lucru

- Alege un loc pentru desfășurarea experimentului, în care să fie semiîntuneric.
- Poziționează pe hârtia albă lama cu fețe plane şi paralele şi laserul, astfel încât fasciculul laser să se vadă pe suprafața albă (ca în imaginile 5 și 6).
- Trimite pe rând câte un fascicul laser cu lumină verde, respectiv roşie, pe una din suprafețele plane şi paralele şi observă propagarea acestora; în același timp, roagă un coleg să realizeze câte o fotografie.
- Printează imaginile obținute.
- Cu ajutorul raportorului, măsoară, pentru fiecare dintre cele două situații, atât unghiurile formate de razele incidente cu suprafața de refracție a lamei, cât şi unghiurile formate de razele refractate cu această suprafață. Determină unghiurile de incidență şi unghiurile de refracție şi apoi calculează indicii de refracție respectivi, considerând indicele de refracție al aerului $n_{aer} \simeq 1$.
- Găsește o legătură între fenomenul de dispersie și indicele de refracție al unui mediu. Explică.

În cazul în care nu ai posibilitatea să efectuezi experimentul, poți face măsurătorile precizate anterior folosind imaginile 5 și 6, în care au fost surprinse situații reale.

Concluzii



- Efectuând măsurătorile pe imagini anterioare şi calculând indicii de refracție respectivi, se constată că indicele de refracție pentru lumina verde este $n_{verde} \simeq 1{,}30$, iar pentru lumina roşie $n_{roșu} \simeq 1{,}41$.
- Indicele de refracție depinde atât de natura celor două medii, cât şi de tipul radiației luminoase, adică de culoarea sa, ce este caracterizată de lungimea de undă.
- În cazul analizat, s-a dedus că $n_{verde} < n_{roșu}$ și astfel, pentru același unghi de incidență, radiația verde este deviată mai mult decât cea roșie la traversarea lamei cu fețe plane și paralele: $r_{verde} > r_{roșu}$. Acest fenomen, conform căruia indicele de refracție al unui mediu transparent, omogen și izotrop depinde de culoarea luminii, este fenomenul de dispersie a luminii.

Reține

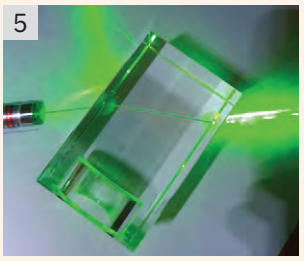
Fenomenul de dispersie a luminii de către un mediu omogen, izotrop și transparent se datorează modificării indicelui de refracție al mediului în funcție de culoarea luminii, ceea ce arată că se modifică viteza de propagare a luminii.

Legea a doua a refracției se poate scrie: $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$.

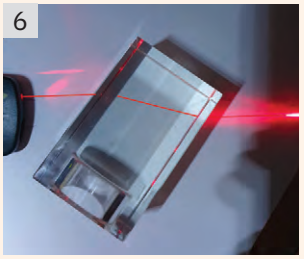
Aplic

O sursă de lumină ce poate fi considerată punctiformă se află la adâncimea $h = \frac{1}{3} m$, într-un bazin cu apă care are indicele de refracție $n_{apă} = \frac{4}{3}$. Lumina iese din apă pe o suprafață circulară. Reprezintă traseul razelor de lumină la trecerea din apă în aer și calculează raza suprafeței circulare.

5



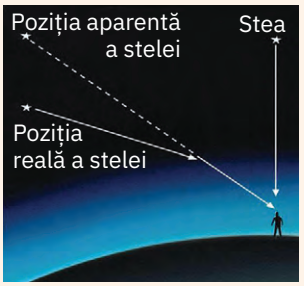
6



ȘTIAI CĂ?

Refracția astronomică

Poziția stelelor observate pe cer (poziția aparentă a stelei) diferă față de poziția reală, din cauza fenomenului de refracție a luminii. La trecerea prin atmosferă, viteza luminii se modifică, deoarece straturile de aer au densități şi temperaturi diferite.



Atmosfera poate fi imaginată ca fiind alcătuită din multe straturi subțiri, în care viteza luminii are valori diferite. Pe măsura apropierii de suprafața Pământului, viteza luminii scade, iar indicele de refracție crește. Din legea a doua a refracției, deducem că unghiul de refracție va fi din ce în ce mai mic. Steaua se va vedea pe direcția prelungirii razei refractate și astfel va părea mai sus decât este în realitate.

Aplicații practice: fibra optică, prisma cu reflexie totală

PROIECT

Utilizarea practică a fibrelor optice

Documentează-te utilizând site-uri de internet precum wikipedia.org sau alte surse de informație și identifică două – trei aparate sau dispozitive care utilizează fibrele optice. Răspunde apoi cerințelor date: realizează o listă de aparate sau dispozitive fizice care utilizează fibrele optice (2 – 4); • ce rol are fibra optică în funcționarea aparatului sau a dispozitivului analizat? • care este scopul funcționării aparatului sau dispozitivului analizat? Tema poate fi realizată individual sau în echipă.

Cum vei/veți prezenta proiectul colegilor?

Proiectul trebuie să conțină imagini sau filmulețe explicative.

Cum se evaluează proiectul?

Criterii: *calitatea documentării, selectarea informațiilor relevante, acuratețea prezentării*. Cere/cereți să vi se acorde calificative, să vă pună întrebări și să vă facă sugestii.

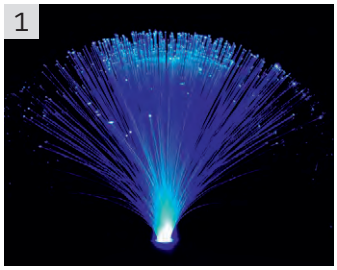
ȘTIAI CĂ?

Principiul care stă la baza fibrelor optice constă în ghidarea luminii prin reflexii totale repetate. A fost demonstrat pentru prima dată de Daniel Colladon și Jacques Babinet la Paris, la începutul anilor 1840. Ei au folosit un jet de apă pe care l-au numit „conductă de lumină".

Observ

Analizează imaginile 1 – 4, ce prezintă fibra optică (figura 4) în diferite situații: lampă de iluminat pentru un cadru ambiental modern (imaginea 1), bec cu LED (imaginea 2), cablu pentru transmiterea semnalelor (imaginea 3). Identifică fenomenul fizic ce are loc într-o fibră optică și reprezintă traseul unei raze de lumină ce pătrunde printr-un capăt al fibrei optice, parcurge fibra optică și iese prin capătul opus. Documentează-te și descrie structura unei fibre optice.

1



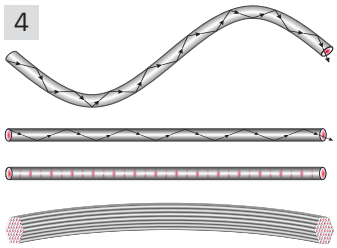
2



3

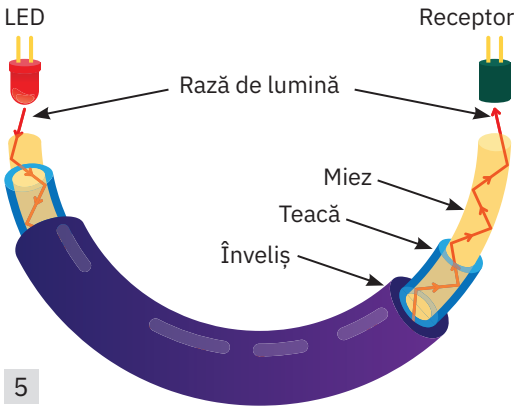


4



Concluzie

Raza de lumină ce pătrunde printr-un capăt al unei **fibre optice** se propagă prin interiorul acesteia prin reflexii totale repetate, astfel încât raza de lumină iese din fibră doar la capătul opus, chiar dacă fibra este curbată. Raza de curbură trebuie să fie mai mare decât o anumită valoare minimă (vezi figura 5).



5

Fibra optică are un miez transparent învelit de un alt strat transparent, numit teacă. Pentru a păstra semnalul optic în miez, indicele de refracție al miezului trebuie să fie mai mare decât cel al tecii. Limita dintre miez și teacă poate să fie abruptă sau gradată.

Fibrele optice sunt utilizate în telecomunicații, medicină, sisteme de iluminat și diverse alte aplicații (senzori, laseri etc.).

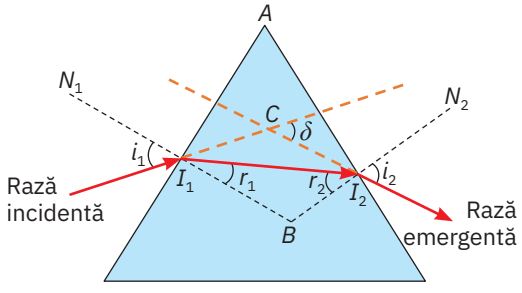
Experimentez

Deviația unei raze de lumină printr-o prismă optică

Materiale utilizate: prisme optice, laser, o coală de hârtie, un creion, o riglă, un raportor.

Modul de lucru

- Fixează pe coala de hârtie una dintre prismele optice, cu partea triunghiulară pe coală, și trasează conturul suprafeței de la bază.
- Potrivește raza laser pe suprafața prismei astfel încât raza de lumină să iasă din prismă prin fața opusă.
- Trimite raza laser pe una dintre suprafețele laterale ale prismei, astfel încât traseul razelor de lumină să poată fi observat, și punctează cu creionul raza de lumină incidentă și raza emergentă.



- Îndepărtează prisma și laserul, apoi trasează razele de lumină prin prismă și normalele la cele două suprafețe de refracție.
- Măsoară unghiul din vârful prismei, care se numește unghi refringent (A), și unghiurile de incidență și de refracție pe cele două fețe ale prismei (i_1, i_2, r_1, r_2).
- Găsește relația care leagă unghiul refringent A de unghiurile r_1, r_2.
- Prelungește raza incidentă și raza emergentă până se intersectează, apoi măsoară unghiul de deviație (δ) al razei de lumină la trecerea prin prisma optică.
- Găsește relația de legătură dintre unghiul de deviație δ și unghiurile i_1, i_2.

Concluzii

- Unghiul refringent este egal cu suma unghiurilor r_1 și r_2: $A = r_1 + r_2$. Relația anterioară se determină geometric, știind că suma unghiurilor în patrulaterul AI_1BI_2 este 360°, iar suma unghiurilor din triunghiul I_1BI_2 este 180°.
- Unghiul de deviație este: $\delta = i_1 + i_2 - A$.
  Relația anterioară se determină geometric din triunghiul CI_1I_2, observând că $\delta = CI_1I_2 + CI_2I_1$ și $CI_1I_2 = i_1 - r_1$, respectiv $CI_2I_1 = i_2 - r_2$.

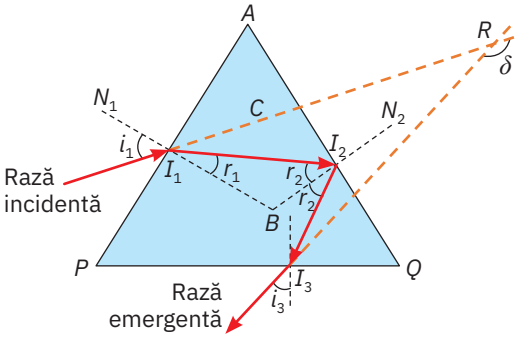
Observație: Relațiile anterioare sunt valabile dacă nu se produce reflexie totală în prisma optică, adică $r_2 < \ell$, unde ℓ este unghiul limită.

Prisma optică cu reflexie totală

Materiale utilizate: prisme optice, laser, o coală de hârtie, un creion, o riglă, un raportor.

Modul de lucru

- Fixează pe coala de hârtie una dintre prismele optice, cu partea triunghiulară pe coală, și trasează conturul suprafeței de la bază.
- Potrivește raza laser pe suprafața prismei astfel încât raza de lumină să nu iasă din prismă prin fața opusă, ci să sufere reflexie totală.
- Trimite raza laser pe una dintre suprafețele laterale ale prismei, astfel încât traseul razelor de lumină să poată fi observat, și punctează cu creionul mersul razei de lumină.



- Îndepărtează prisma și laserul, apoi trasează razele de lumină prin prismă și normalele la cele trei suprafețe de refracție.
- Măsoară unghiurile: A, P, i_1 și i_3.
- Prelungește razele de lumină incidentă și emergentă până se întâlnesc, apoi măsoară unghiul de deviație δ.
- Determină relația de legătură între δ, P, i_1 și i_3.

Concluzii

- Se găsește relația: $\delta = i_1 + i_3 + P$, care se poate determina geometric din patrulaterul RI_1PI_3.

Aplic

O prismă optică are secțiunea transversală un triunghi isoscel cu unghiul refringent $A = 90°$. Materialul din care este confecționată prisma are indicele de refracție $n = \sqrt{2}$. Un elev trimite o rază de lumină sub un unghi de incidență $i_1 = 45°$. Construiește traiectoria razei de lumină prin prismă și află dacă raza de lumină suferă reflexie totală pe una dintre fețele prismei.

INVESTIGAȚIE

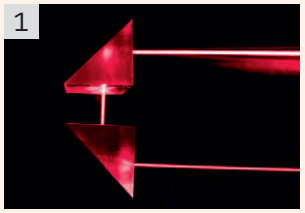
Aplicațiile practice ale prismei optice

Documentează-te utilizând site-uri de internet precum wikipedia.org sau alte surse de informații și identifică două – trei aparate sau dispozitive care utilizează prismele optice.

Investigația poate fi realizată individual sau în echipă.

1 Prisma optică poate avea rolul de a devia lumina cu unghiuri de 90° sau de 180°, în funcție de construcția aparatului optic (imaginea 1), de exemplu: periscop, binoclu (imaginea 2), telescop etc. Descrie atât construcția unui astfel de aparat optic, cât și utilitatea lui.

1



2



2 Prisma optică poate avea rolul de a descompune lumina și de aceea este elementul de bază al unui spectroscop sau spectrograf. Ce elemente de bază are un astfel de aparat și care este utilitatea lui?

Identificarea experimentală a tipurilor de lentile (convergente, divergente)

ȘTIAI CĂ?



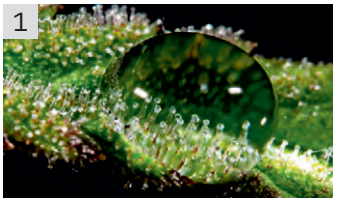
În limba română, cuvântul *lentilă* provine din latinescul *lenticula*, care însemna inițial „linte“, o plantă ale cărei semințe comestibile au o formă biconvexă. Apoi, termenul latinesc a fost folosit și pentru a desemna piesa optică având aproximativ aceeași formă.

Observ

Lentile. Lentile subțiri. Lentile convergente

Analizează imaginile 1 și 2 și observă cum se vede un obiect privit printr-o picătură de apă. În imaginea 3, o lentilă este pusă pe mâna unei persoane; cum se vede mâna prin lentilă? În imaginile 4 și 5 se observă priveliștea din depărtare printr-o sferă transparentă, iar în imaginea 6 obiectele îndepărtate sunt observate prin lentila unui aparat de fotografiat. Ce poți spune despre imaginea observată în aceste situații?

1



2



3



4



5



6



Concluzii

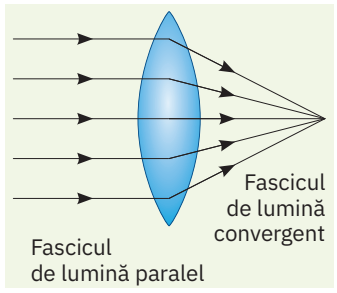
Imaginea obiectelor aflate în apropierea picăturilor de apă sau a lentilei (imaginile 1, 2 și 3) sunt imagini mărite și drepte. Obiectele se văd așa cum sunt orientate în spațiu, dar mai mari. În imaginile 4, 5 și 6, obiectele aflate în depărtare se văd răsturnate, iar imaginea este mai clară. Un astfel de sistem optic reprezintă o lentilă convergentă, utilizată ca lupă sau în diferite instrumente optice: microscop, lunetă, binoclu, ochelari, ochi etc.

Reține

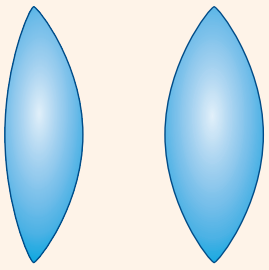
Lentila este un dispozitiv optic format dintr-un mediu transparent, delimitat de exterior prin două suprafețe, dintre care cel puțin una este curbată.

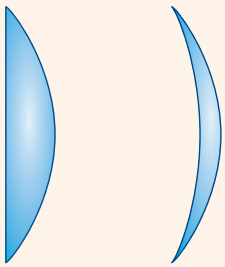
Lentila subțire este lentila care are grosimea mult mai mică decât razele de curbură ale suprafețelor de separație cu mediul exterior.

Lentila convergentă este lentila care transformă un fascicul de lumină paralel într-un fascicul de lumină convergent.



Lentile convergente





Observ

Lentile divergente

În imaginile de mai jos sunt observate obiecte mai mult sau mai puțin depărtate, prin medii optice transparente. Ce caracteristici au imaginile obiectelor prin aceste medii optice?

7



8



9



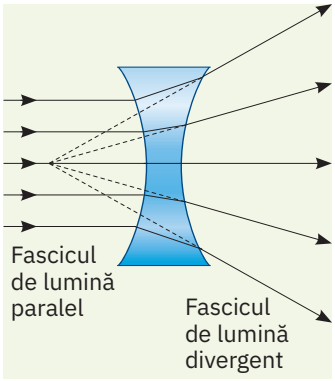
Concluzii

Imaginile observate prin sfera transparentă, prin lentilele ochelarilor și prin lentila unui instrument optic sunt drepte și aduse mai aproape de observator.

Lentilele de acest tip se numesc lentile divergente și sunt utilizate la ochelarii pentru vederea la distanță sau în diverse instrumente optice, de exemplu în luneta Galilei.

Reține

Lentila divergentă transformă un fascicul de lumină paralel într-un fascicul de lumină divergent.



Experimentez

Raze de lumină prin lentile subțiri

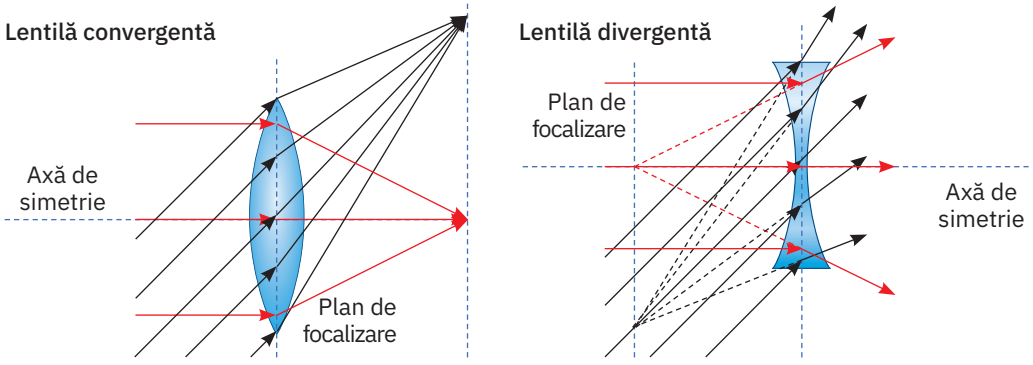
Materiale utilizate: lentile convergente și divergente, o lampă care are bec cu incandescență, un ecran opac, cu fante verticale.

Modul de lucru

- Confecționează un ecran cu orificii verticale din carton sau folie mată (ca în imaginile 10 și 11 de pe coloana alăturată).
- Găsește un loc în semiîntuneric pentru realizarea experimentelor.
- Plasează în dreptul fasciculelor de lumină lentile convergente și divergente și observă traseul razelor de lumină prin acestea; plasează lentilele în poziții diferite față de fasciculele de lumină și observă cum se modifică traiectoria acestora. Cum se văd fasciculele de lumină?
- Desenează pe caiet traseul razelor de lumină pentru lentila convergentă și cea divergentă și formulează o concluzie referitoare la efectul lentilelor asupra razelor de lumină paralele. Ce poți spune despre punctele de întâlnire a razelor de lumină/prelungirilor razelor de lumină?
- Combină mai multe lentile și observă cum se propagă razele de lumină prin sistemul de lentile. Desenează traseul razelor de lumină prin sistemul de lentile.

Concluzii

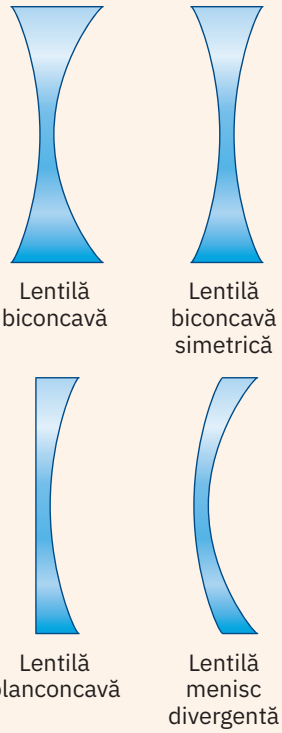
- Lentilele convergente au proprietatea de a strânge razele de lumină într-un punct (fascicule convergente), iar lentilele divergente au proprietatea de a împrăștia razele de lumină (fascicul divergent), dar prelungirile acestor raze de lumină se întâlnesc.
- Punctele de întâlnire ale razelor de lumină inițial paralele se află într-un plan perpendicular pe axa de simetrie transversală a lentilelor, numit plan de focalizare.



Aplic

Realizează pe caiet o schiță similară cu cea din imaginea de pe coloana alăturată, apoi reprezintă traseul razelor de lumină paralele prin lentila menisc convergentă.

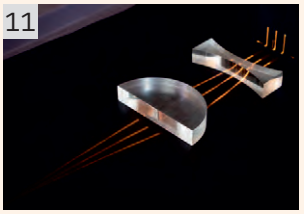
Lentile divergente

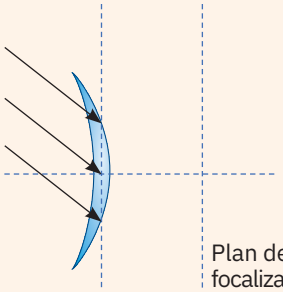


10



11



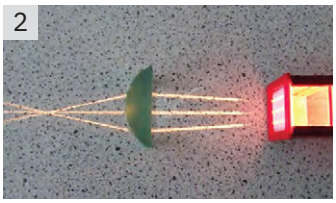


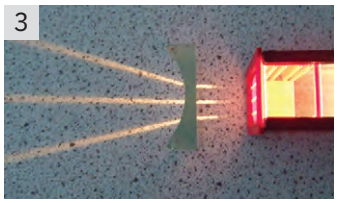
Identificarea experimentală a caracteristicilor fizice ale lentilelor subțiri, focar, poziția imaginii

Observ

În imaginile de mai jos sunt prezentate efectele lentilelor la trecerea razelor de lumină. În imaginea 1 se observă cum o lentilă concentrează lumina de la Soare pe o frunză uscată. Ce se poate întâmpla? Ce tip de lentilă poate produce efectul observat? În imaginile 2 și 3 sunt surprinse raze de lumină ce traversează o lentilă convergentă, respectiv divergentă. Ce poți spune despre comportarea razelor de lumină după traversarea lentilelor? Ce punct particular se poate defini pentru o lentilă subțire? De ce unele raze de lumină nu sunt deviate la trecerea prin lentile? Ce direcție au aceste raze de lumină?

1 

2 

3 

Concluzie

În imaginea 1 este utilizată o lentilă convergentă care adună razele de lumină de la Soare într-o zonă restrânsă, ce poate fi considerată practic un punct; acesta se numește *focar*. Ca urmare a concentrării razelor de lumină, frunza uscată începe să fumege și poate lua foc.

În imaginile 2 și 3 se observă că razele de lumină ce traversează lentilele pe direcția axului de simetrie al lentilelor nu sunt deviate. Celelalte raze de lumină paralele cu axul de simetrie al lentilelor se întâlnesc, după ce traversează lentila, într-un punct pe acest ax în mod real pentru lentila convergentă; pentru lentila divergentă, se întâlnesc prelungirile razelor de lumină.

Reține

Axul optic principal (*Ox*) al unei lentile subțiri reprezintă axul de simetrie al lentilei, iar orice rază de lumină care traversează lentila pe acest ax nu își va schimba direcția de propagare. Sensul axului optic principal al lentilei este dat de sensul propagării luminii prin lentilă.

Focarul imagine (F_2) al unei lentile subțiri este punctul de intersecție al razelor de lumină care traversează lentila și care inițial au fost paralele cu axul optic principal al lentilei. Focarul imagine se află pe axul optic principal.

Experimentez

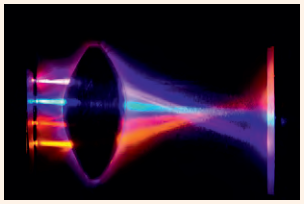
Deviația unei raze de lumină printr-o lentilă

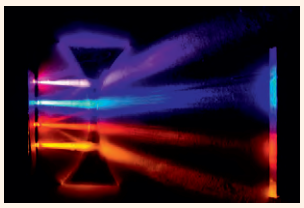
Materiale utilizate: lentile subțiri convergente și divergente, o lampă care are bec cu incandescență, un ecran opac cu fante verticale înguste, o coală de hârtie, un creion, o riglă.

Modul de lucru

- Găsește un loc în semiîntuneric pentru a realiza experimentele.
- Trimite pe lentila convergentă un fascicul de lumină subțire și observă cum este deviată raza de lumină pentru diferite situații. Găsește poziția lentilei pentru care raza de lumină nu este deviată la trecerea prin lentilă și reprezintă axa de simetrie a lentilei. Fixează lentila pe coala de hârtie și trasează conturul acesteia pe coală, apoi trasează axul optic principal al lentilei.
- Menținând aceeași poziție a lentilei pe coala de hârtie, trimite raze de lumină pe lentilă astfel încât razele de lumină să treacă prin centrul optic al lentilei. Ce observi? Cum traversează lentila aceste raze de lumină?
- Identifică centrul optic al lentilei, apoi trasează perpendiculara pe axul optic principal; în centrul optic, aceasta reprezintă axa de simetrie longitudinală a lentilei (*Oy*).

ȘTIAI CĂ?





În imaginile de mai sus se observă cum fascicule de lumină colorate diferit sunt deviate de lentile, astfel încât acestea se întâlnesc practic într-un punct, în cazul lentilei convergente biconvexe, sau, în cazul lentilei divergente biconcave, se întâlnesc prelungirile razelor de lumină ce traversează lentila. Fasciculele de lumină care au culori diferite nu se întâlnesc exact în același punct, ci se întâlnesc în puncte puțin deviate, datorită fenomenului de dispersie a luminii. Conform acestui fenomen, indicele de refracție depinde puțin de culoarea luminii și astfel mersul razelor de lumină este puțin diferit pentru fasciculele de lumină care au culori diferite. Focarele imagine nu coincid pentru toate culorile, ci sunt puțin deplasate unul față de celălalt, dar se află toate pe axul optic principal al lentilelor.

- Trimite pe lentilă raze de lumină paralele cu axul optic principal și găsește focarul imagine al lentilei (F_2).
- Poziționează fasciculul de lumină către lentilă astfel încât raza de lumină incidentă să intersecteze axul optic principal, iar raza emergentă să iasă paralel cu axul optic. Punctul de intersecție dintre axul optic și această rază de lumină se numește *focar obiect* (F_1).
- Măsoară distanța dintre focare și centrul optic al lentilei. Ce poți spune despre aceste distanțe?
- Repetă cerințele anterioare pentru lentila divergentă.

Concluzii

- Fiecare lentilă subțire, convergentă sau divergentă, are mai multe elemente caracteristice: *ax optic principal*, *centru optic*, *ax de simetrie longitudinal*, *focar imagine* și *focar obiect*.
- Distanța dintre focarul obiect și centrul optic al lentilei este egală cu distanța dintre focarul imagine și centrul optic.

Reține

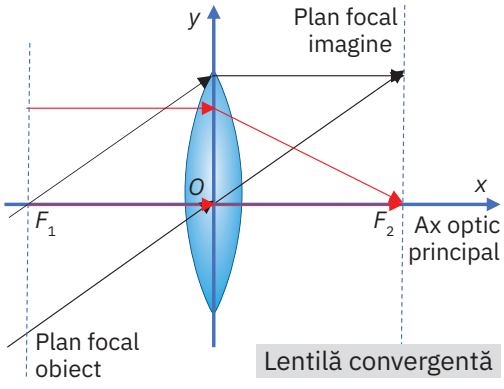
Focarul obiect (F_1) al unei lentile subțiri este punctul de intersecție a razelor de lumină incidente pe lentilă care, după ce traversează lentila, devin paralele cu axul optic principal al lentilei. Focarul obiect se află pe axul optic principal.

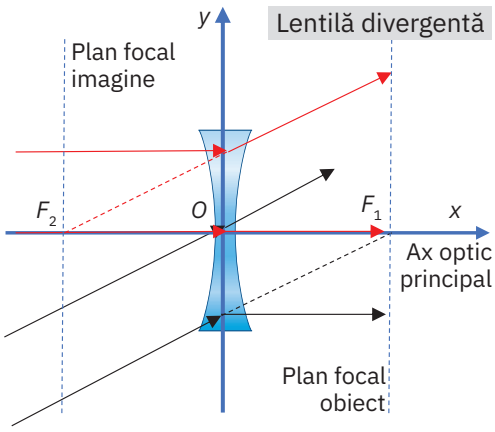
Centrul optic al unei lentile subțiri reprezintă punctul asociat lentilei prin care trec razele de lumină și nu sunt deviate.

Distanța focală a lentilei subțiri (f) reprezintă, prin definiție, coordonata focarului imagine al lentilei (F_2), pe axul optic principal al lentilei, care are originea în centrul optic al acesteia. La lentila convergentă, distanța focală este pozitivă, $f > 0$, iar la lentila divergentă, distanța focală este negativă, $f < 0$.

Planul focal imagine este planul paralel cu lentila și perpendicular pe axul optic principal al lentilei în focarul imagine. Razele de lumină paralele, după ce traversează lentila, se întâlnesc într-un punct din planul focal imagine.

Planul focal obiect este planul paralel cu lentila și perpendicular pe axul optic principal al lentilei în focarul obiect. Razele de lumină ce pleacă dintr-un punct al acestui plan, după ce traversează lentila, vor avea direcțiile paralele.

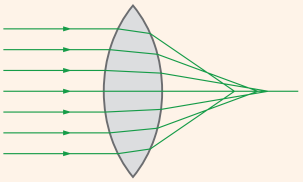




Aplic

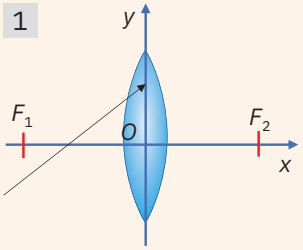
1. Construiește raza de lumină după traversarea lentilei, știind raza de lumină incidentă, conform figurii 1 de pe coloana din dreapta.
2. Știind mersul razei de lumină după traversarea lentilei (vezi figura 2 de pe coloana din dreapta), găsește traiectoria razei de lumină incidente pe lentilă.

ȘTIAI CĂ?

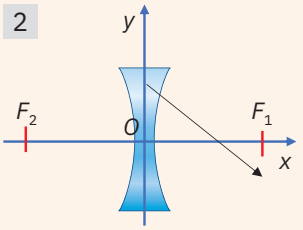


Aberația de sfericitate a lentilei optice este o imperfecțiune optică, ce apare datorită refracției razelor de lumină care intră într-o lentilă optică în apropierea marginii acesteia. Aberația sferică constă în diferența de refracție dintre centrul și periferia lentilei, astfel încât razele marginale sunt refractate mai mult decât cele paraxiale (razele aflate în apropierea axului optic central). Datorită acestui efect, un ochi normal vede seara ca un miop, deoarece vederea nocturnă este cea periferică, spre deosebire de vederea diurnă, care este centrală. Această aberație poate fi corectată prin construirea de sisteme optice cu suprafețe paraboloidale sau poate fi atenuată prin utilizarea unei diafragme care să producă un fascicul incident foarte subțire, format din raze de lumină paraxiale.

1



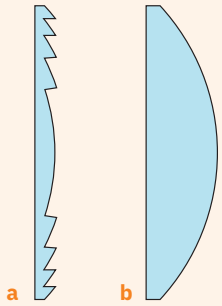
2



ȘTIAI CĂ?



Lentila Fresnel este un tip de lentilă construită prima dată în 1823, de către fizicianul francez Augustin-Jean Fresnel pentru faruri. A fost numită „invenția care a salvat un milion de nave“.



O lentilă Fresnel (a) poate fi făcută mult mai subțire decât o lentilă convențională (b), în unele cazuri luând forma unei foi plane, și, de aceea, poate capta mai multă lumină de la o sursă de lumină, permițând astfel luminii de la un far echipat cu o astfel de lentilă să fie vizibil de la distanțe mari.

O astfel de lentilă este formată dintr-un set de secțiuni inelare concentrice; practic, se împarte efectiv suprafața continuă a unei lentile standard într-un set de suprafețe cu aceeași curbură, dar cu întreruperi între ele (inelele sunt plasate în trepte).

Aplicații: faruri, proiectoare, semafoare, pentru concentrarea razelor solare la centralele solare, proiectoare, în teatru și film etc.

Construcția geometrică a imaginilor prin lentile subțiri

Observ

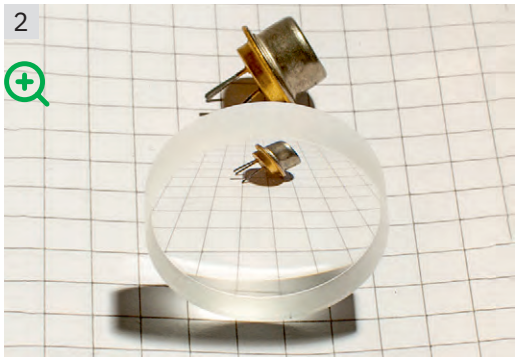
În imaginea 1 se observă imaginea flăcării unei lumânări, formată de o lentilă convergentă și proiectată pe perete. În imaginea 2 a fost surprinsă imaginea unui dispozitiv optic, formată de o lentilă divergentă. Identifică caracteristicile imaginilor formate de lentile în imaginile 1 și 2.

Construiește imaginea formată de lentile în cele două cazuri, știind mersul razelor de lumină particulare, analizate în lecția anterioară.

1



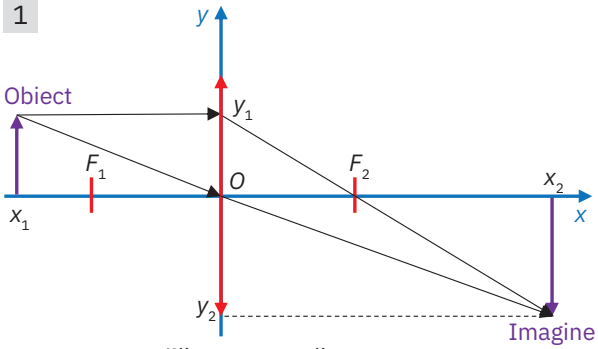
2



Concluzie

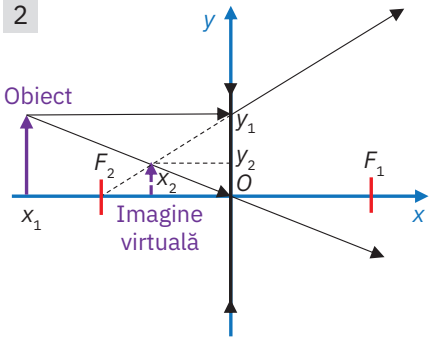
Imaginea formată de lentila convergentă prezentată în imaginea 1 este reală, răsturnată și mărită. Imaginea formată de lentila divergentă prezentată în imaginea 2 este virtuală, dreaptă și micșorată.

1



Lentilă convergentă

2



Lentilă divergentă

Reține

Raze de lumină utilizate pentru construcția geometrică a imaginilor prin lentile subțiri

- Raza de lumină care trece pe direcția focarului obiect al lentilei (F_1), după traversarea lentilei, va avea traiectoria paralelă cu axul optic principal al lentilei.
- Raza de lumină care trece prin centrul optic al lentilei traversează lentila nedeviată.
- Raza de lumină paralelă cu axul optic principal al lentilei, după ce traversează lentila, va avea direcția ce trece prin focarul imagine al lentilei (F_2).

Convenția algebrică pentru analiza imaginilor prin lentile subțiri

- Se asociază axului optic principal al lentilei subțiri axa de coordonate *Ox*, cu originea în centrul optic al lentilei și cu sensul în direcția de propagare a luminii prin lentilă.
- Axa *Oy* este perpendiculară pe axa *Ox* și are originea în centrul optic al lentilei, iar sensul este dat de orientarea obiectului.
- Poziția obiectului este dată de coordonata x_1, iar poziția imaginii este dată de coordonata x_2.
- Înălțimea obiectului este dată de coordonata y_1, iar înălțimea imaginii este dată de coordonata y_2.

Experimentez

Deviația unei raze de lumină printr-o lentilă



Materiale utilizate: lentile subțiri convergente (cu distanțele focale cunoscute), un ecran, o lumânare, diferite figurine, o riglă, o coală de hârtie, suporturi pentru lentile, un banc optic (vezi imaginea alăturată).

Modul de lucru

- Fixează pe suporturile aflate pe bancul optic: lumânarea neaprinsă, lentila convergentă și ecranul pe care se va observa imaginea. **Atenție!** Realizează experimentul doar în prezența unui adult. Lucrează cu lumânarea aprinsă cu mare atenție, astfel încât să nu te arzi!
- Aprinde lumânarea și poziționează cele trei elemente astfel încât imaginea flăcării de la lumânare să fie cât mai clară. Măsoară distanța dintre lumânare și lentilă. În ce relație se află această distanță față de distanța focală a lentilei? Ce caracteristici are imaginea obținută: dreaptă/răsturnată, reală/virtuală, mărită/micșorată/egală cu obiectul?
- Deplasează lentila între lumânare și ecran până când vei obține o altă imagine clară pe ecran. Măsoară distanța dintre lumânare și lentilă. În ce relație se află această distanță față de distanța focală a lentilei? Ce caracteristici are această imagine?
- Deplasează cele trei elemente aflate pe bancul optic astfel încât imaginea să fie egală cu obiectul. Măsoară distanța dintre lumânare și lentilă, cât și distanța dintre lentilă și ecranul pe care se vede imaginea clară a flăcării. În ce relație se află aceste distanțe? Dar între distanța focală și aceste distanțe, ce relație există?
- Privește prin lentilă obiectele apropiate și descrie modul în care le vezi.

Concluzii

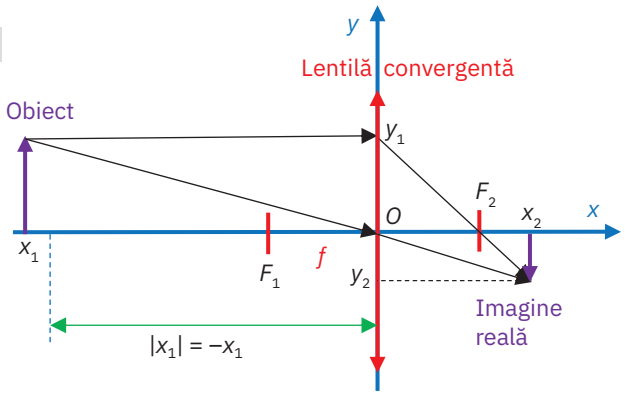
- Dacă pe ecran se obține o imagine clară și micșorată a flăcării, atunci imaginea este reală și răsturnată (figura 1), iar distanța dintre lumânare și lentilă este mai mare decât dublul distanței focale ($|x_1| > 2f$).
- Dacă pe ecran se obține o imagine clară și mărită a flăcării, atunci imaginea este reală și răsturnată (figura 2), iar distanța dintre lumânare și lentilă este mai mică decât dublul distanței focale, dar mai mare decât distanța focală ($f < |x_1| < 2f$).
- Dacă pe ecran se obține o imagine clară și egală cu flacăra, atunci imaginea este reală și răsturnată (figura 3), iar distanța dintre lumânare și lentilă este egală cu dublul distanței focale și egală cu distanța dintre lentilă și ecran ($|x_1| = 2f = x_2$).
- Obiectele aflate în apropiere sunt văzute prin lentilă mărite și drepte (figura 4), iar imaginea este virtuală ($|x_1| < f$).

Reține

În funcție de poziția obiectului față de lentilă, imaginea formată de lentilă poate avea caracteristici diferite:

1 $|x_1| > 2f$, imagine reală, răsturnată și micșorată, $|y_2| < y_1$. (figura 1)

1



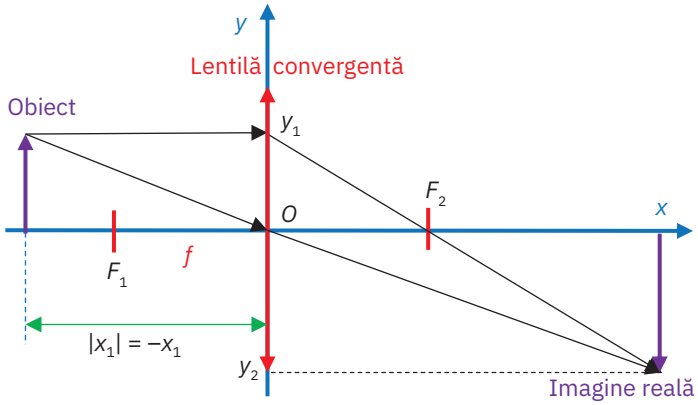
ȘTIAI CĂ?



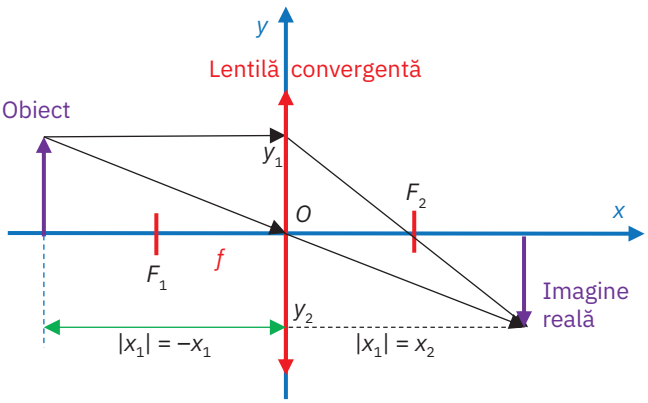
Lentila de contact este o lentilă subțire, care se plasează direct pe suprafața ochiului. Lentilele de contact sunt dispozitive oculare folosite pentru a corecta vederea sau din rațiuni cosmetice.
În comparație cu ochelarii, lentilele de contact oferă, de obicei, o viziune periferică mai bună și nu colectează umezeală (de la ploaie, zăpadă, condens etc.) sau transpirație. Acest lucru le poate face preferabile pentru sport și alte activități în aer liber. Persoanele care utilizează lentile de contact pot purta, de asemenea, ochelari de soare, ochelari de protecție etc.
Leonardo da Vinci a fost primul care a introdus ideea lentilelor de contact. El a descris o metodă de modificare directă a puterii ochiului, prin scufundarea capului într-un vas cu apă, dar ideea nu a fost practic aplicabilă în acea vreme.
Oftalmologul german Adolf Gaston Eugen Fick a fost primul care a fabricat, în 1888, lentile de contact. Primele lentile de contact, moi și ușor de folosit, cu silicon hidrogel au fost lansate în Mexic în 1998. La ora actuală, materialele utilizate sunt din ce în ce mai performante, astfel încât lentilele de contact să fie sigure, ușoare și să poată fi folosite pentru diverse afecțiuni oftalmologice.

2 $f < |x_1| < 2f$, imagine reală, răsturnată și mărită, $|y_2| > y_1$. (figura 2)
3 $|x_1| = 2f$, imagine reală, răsturnată și egală cu obiectul, $|y_2| = y_1$. (figura 3)
4 $|x_1| < f$, imagine virtuală, dreaptă și mărită, $y_2 > y_1$. (figura 4)
5 $|x_1| = f$, imaginea se formează la o distanță extrem de mare, se spune că „se formează la infinit“. (figura 5)
6 Dacă obiectul este foarte departe, $|x_1| \to \infty$, atunci razele de lumină care vin de la obiect sunt paralele și se vor întâlni în planul focal imagine. (figura 6)
7 $x_1 = 0$, imaginea se formează pe lentilă, $x_2 = 0$, și este reală, dreaptă și egală cu obiectul. (figura 7)

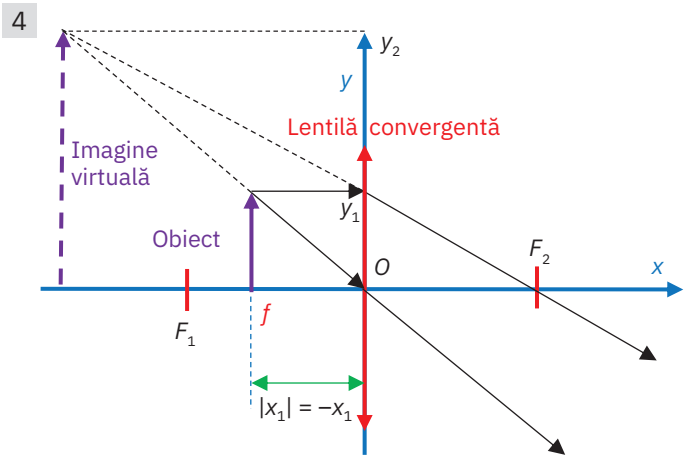
2



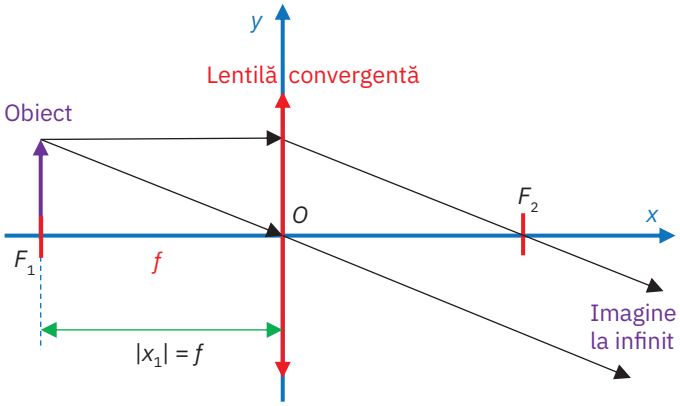
3



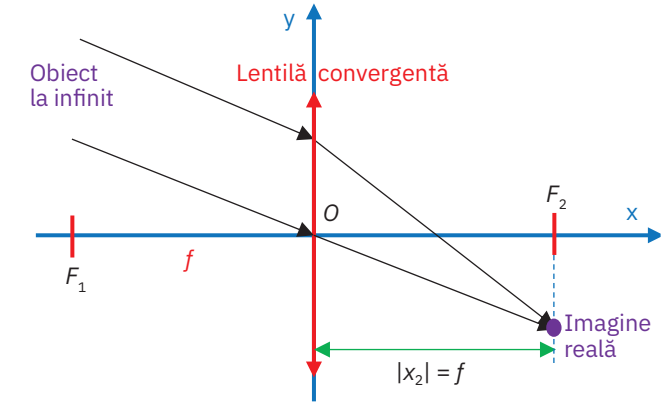
4



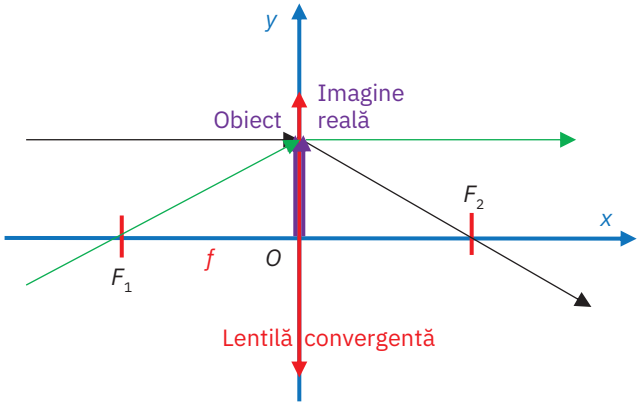
5



6



7



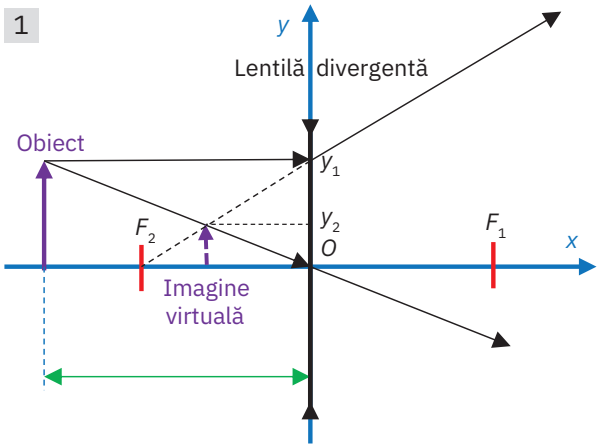
Aplic

Utilizând traseul razelor de lumină particulare la traversarea unei lentile subțiri, construiește geometric și apoi caracterizează imaginea unui obiect formată de o lentilă subțire divergentă în următoarele cazuri:

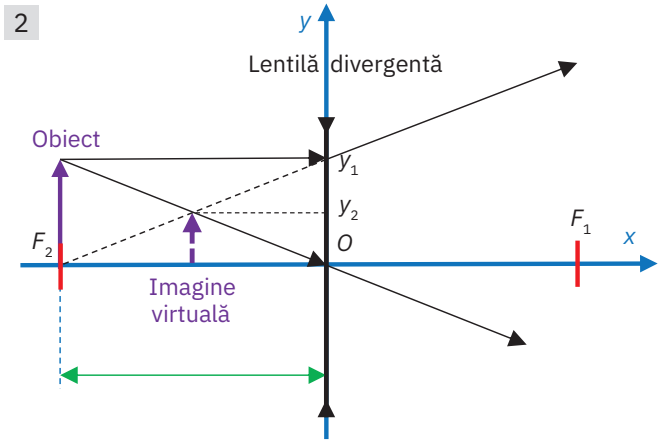
1. Obiectul este aflat față de lentilă la o distanță $|x_1| > |f|$.
2. Obiectul este aflat față de lentilă la o distanță $|x_1| = |f|$.
3. Obiectul este aflat față de lentilă la o distanță $|x_1| < |f|$.
4. Obiectul este aflat față de lentilă la o distanță foarte mare $|x_1| \to \infty$.
5. Obiectul este aflat față de lentilă la o distanță $|x_1| = 0$.

Rezolvare

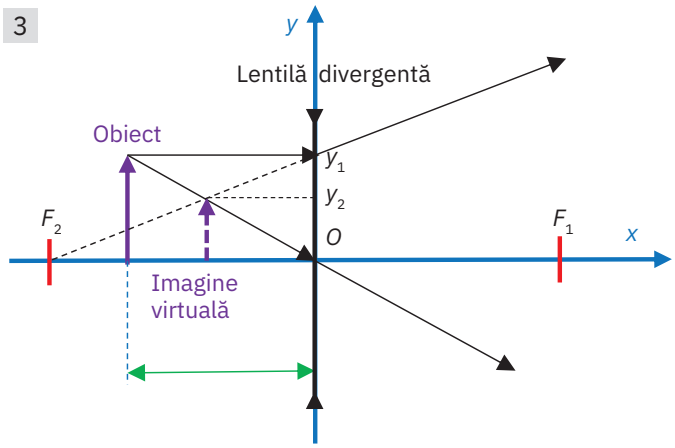
1



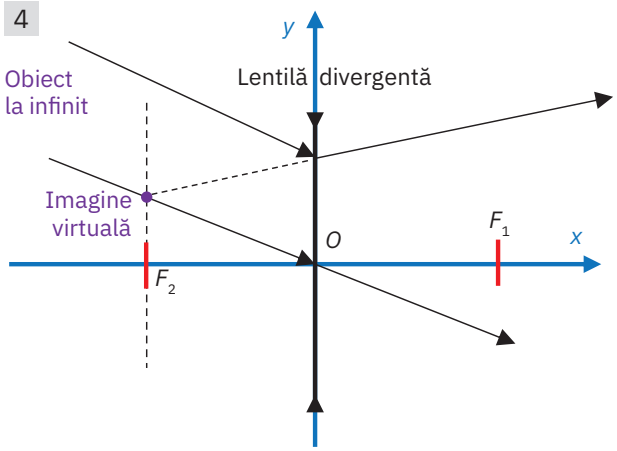
2



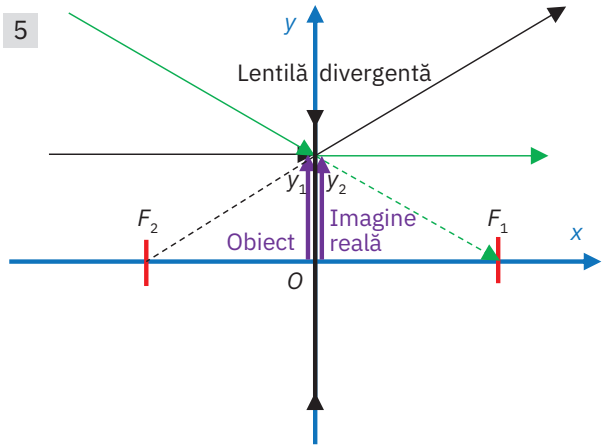
3



4



5



PORTOFOLIU

Luneta

Luneta, numită și *ochean*, este un instrument optic alcătuit din mai multe lentile, folosit la observarea obiectelor îndepărtate. Documentează-te utilizând site-uri de internet precum wikipedia.org sau alte surse de informații și identifică istoria construirii lunetelor și tipurile de lentile utilizate în decursul timpului. Realizează un material în care să prezinți:

- reperele istorice importante în descoperirea lunetei și utilizarea acesteia în practică;
- tipurile de lunete utilizate și principiul de funcționare;
- unde se utilizează lunetele la ora actuală.

Extindere: Determinarea formulelor lentilelor subțiri (puncte conjugate, mărire liniară transversală) folosind elemente de geometrie plană

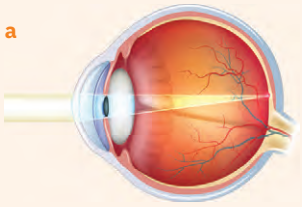
ȘTIAI CĂ?

Imaginea stigmatică

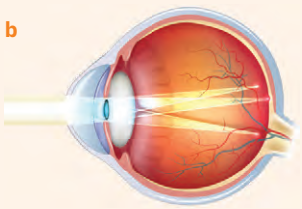
În optica geometrică, se studiază imaginile clare formate de un sistem optic. O imagine clară se numește imagine stigmatică; aceasta are proprietatea că fiecărui punct obiect îi corespunde un singur punct imagine. Aceste puncte obiect-imagine se numesc *puncte conjugate*.

Condiția ca o imagine să fie stigmatică este ca razele de lumină ce formează imaginea să fie paraxiale. *Razele de lumină paraxiale* sunt razele de lumină apropiate de axul optic, care pot face cu acesta unghiuri mai mici de 5°. Aproximația din cadrul opticii geometrice în care se studiază comportarea sistemelor optice pentru raze paraxiale se numește *aproximație gaussiană* și poartă numele matematicianului Carl Friedrich Gauss.

a



b



Imaginea clară observată cu ajutorul ochiului este o imagine stigmatică (a). Dacă imaginea observată este neclară și razele de lumină ce pleacă de la un punct obiect ajung pe retină în mai multe puncte (b), atunci ochiul are astigmatism. Astigmatismul poate fi corectat cu lentile cilindrice.

Observ

Pentru a utiliza o lentilă în diverse scopuri, trebuie ca aceasta să aibă o anumită poziție în raport cu obiectul.

Analizează imaginile următoare și identifică obiectul, sistemul optic ce conține lentila, unde se formează imaginea și în ce scop este utilizată lentila.

1



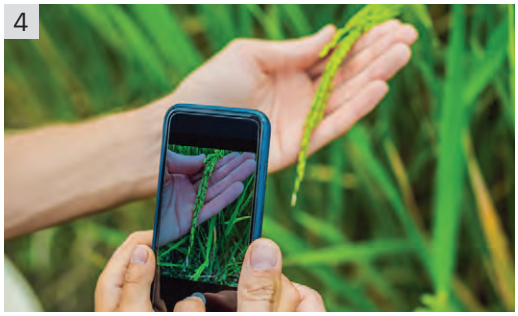
2



3



4



Concluzii

- În imaginea 1, obiectul este Soarele, iar lupa care este formată dintr-o lentilă convergentă este poziționată față de bucata din lemn astfel încât fasciculul de lumină care vine de la Soare să fie focalizat într-o regiune cât mai mică pe suprafața lemnului.
- Lupa din imaginea 2 este de fapt o lentilă convergentă și este utilizată pentru a observa imaginea mărită a unui mugure de copac. Obiectul este mugurele, iar imaginea formată de lentila convergentă este virtuală și este observată de ochi. Imaginea mărită permite observarea detaliilor mugurelui, în vederea îngrijirii copacului.
- Copilul din imaginea 3 este îndrumat de tatăl său pentru a realiza o fotografie reușită cu smartphone-ul.
- Imaginea 4 surprinde poziționarea smartphone-ului în raport cu planta, astfel încât imaginea să fie cât mai clară și luminoasă.
- În imaginile 3 și 4 obiectul vizat este o plantă, sistemul optic este obiectivul smartphone-ului ce conține mai multe lentile subțiri alipite, iar imaginea formată de obiectiv este înregistrată de smartphone și stocată ca fotografie.

Experimentez

Determinarea formulelor lentilelor subțiri

Materiale utilizate: un banc optic, o lentilă convergentă cu distanța focală cunoscută, o lumânare, două ecrane, o riglă, un creion lung din lemn.

Modul de lucru

- Fixează bancul optic (o riglă sau o tijă lungă de 1 – 2 m) pe o masă orizontală.
- Plasează pe bancul optic: lumânarea, lentila și ecranul, apoi aprinde lumânarea.
  Atenție! Poți realiza experimentul doar în prezența unui adult. Lucrează cu lumânarea aprinsă cu mare atenție, astfel încât să nu te arzi!

- Poziționează lumânarea față de lentilă la o distanță mai mare decât distanța focală, apoi poziționează ecranul față de lentilă astfel încât imaginea flăcării să fie cât mai clară pe ecran.
- Măsoară distanța dintre lumânare și lentilă ($|x_1|$), apoi distanța dintre lentilă și ecran (x_2), atunci când imaginea flăcării este cât mai clară. Notează datele obținute într-un tabel de tipul celui alăturat.
- Măsoară înălțimea imaginii flăcării formată pe ecran, $|y_2|$, și noteaz-o în tabel.
- Utilizează un creion din lemn destul de lung pentru a măsura înălțimea flăcării astfel: plasează un ecran vertical în apropierea flăcării și adu în apropierea marginilor flăcării un creion orizontal, astfel încât să marchezi pe ecran două puncte corespunzătoare vârfului și bazei flăcării. Apoi măsoară înălțimea flăcării (y_1) ca fiind distanța dintre cele două puncte marcate pe ecran.
- Repetă indicațiile anterioare pentru alte poziții a lumânării față de lentilă (5 – 6 poziții) și notează datele în tabel.

Nr. det.	$\|x_1\|$ (cm)	x_2 (cm)	y_1 (cm)	$\|y_2\|$ (cm)
1.				
2.				
...				

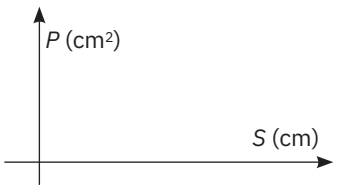
Prelucrarea datelor experimentale

a *Prima formulă fundamentală a lentilelor subțiri*

- Calculează produsul și suma celor două mărimi măsurate pentru fiecare determinare și completează un tabel de tipul celui următor:

Nr. det.	$\|x_1\|$ (cm)	x_2 (cm)	$P = \|x_1\| \cdot x_2$ (cm²)	$S = \|x_1\| + x_2$ (cm)	$R = \frac{\|x_1\| \cdot x_2}{\|x_1\| + x_2}$ (cm)
1.					
...					

- Analizează valorile obținute pentru raportul (R) dintre produsul și suma mărimilor măsurate și formulează o concluzie. Ține cont în formularea concluziei și de valoarea distanței focale a lentilei.
- Desenează un sistem de axe de coordonate în care să reprezinți produsul (P) în funcție de sumă (S), conform figurii alăturate, pentru toate perechile de valori măsurate.



- Analizează modul de aranjare a punctelor din grafic și formulează o concluzie, apoi trasează graficul corespunzător.
- Sintetizând toate concluziile formulate anterior, găsește relația de legătură dintre coordonata obiectului, coordonata imaginii formate de lentila subțire și distanța focală a lentilei subțiri, utilizând sistemul de axe de coordonate xOy definit în lecțiile anterioare.

b *A doua formulă fundamentală a lentilelor subțiri*

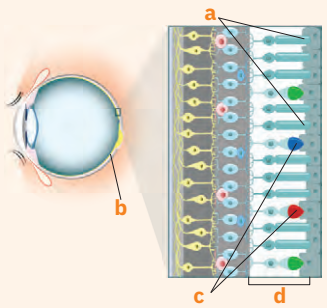
- Calculează rapoartele dintre coordonate $\frac{x_2}{|x_1|}$, cât și raportul dintre înălțimile imaginii și obiectului și completează un tabel de tipul celui alăturat.
- Analizează valorile obținute pentru cele două rapoarte în fiecare caz și formulează o concluzie.

Nr. det.	$\|x_1\|$ (cm)	x_2 (cm)	y_1 (cm)	$\|y_2\|$ (cm)	$\frac{x_2}{\|x_1\|}$	$\frac{\|y_2\|}{y_1}$
1.						
2.						
...						

ȘTIAI CĂ?

Înregistrarea imaginii stigmatice

În practică, imaginea riguros stigmatică este imposibil de obținut, din cauza imperfecțiunilor inerente în construcția lentilelor și a obiectivelor. În realitate, fiecărui punct obiect îi va corespunde o pată imagine. Și atunci cum putem vedea clar sau cum putem face fotografii clare? Imaginile înregistrate de ochi sau de pelicula fotografică sunt clare datorită structurii discontinue a ochiului, respectiv a peliculei fotografice. Imaginea stigmatică are o limită atât la observație, cât și la înregistrarea pe peliculă. De exemplu, retina este formată din celule cu diametrul de aproximativ 5 µm și astfel înregistrează puncte luminoase diferite numai dacă acestea cad pe retină la o distanță mai mare decât diametrul celulelor (vezi imaginea de mai jos).

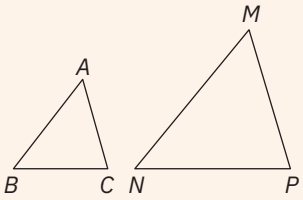


a – celule cu bastonașe
b – retina
c – celule cu conuri
d – celule fotoreceptoare

În mod similar, rezoluția maximă posibilă pentru un anumit tip de peliculă este limitată de dimensiunea granulelor de halogenură de argint.

ȘTIU DEJA

Triunghiuri asemenea



Două triunghiuri sunt asemenea dacă au unghiurile corespunzătoare congruente și laturile corespunzătoare proporționale (vezi figura alăturată):

- $\hat{A} \equiv \hat{M}$; $\hat{B} \equiv \hat{N}$; $\hat{C} \equiv \hat{P}$
- $k = \frac{AB}{MN} = \frac{BC}{NP} = \frac{AC}{MP}$, unde k este *raportul de asemănare*.

Criterii de asemănare

1 *Criteriul U – U (unghi – unghi).* Două triunghiuri care au două perechi de unghiuri congruente sunt asemenea.

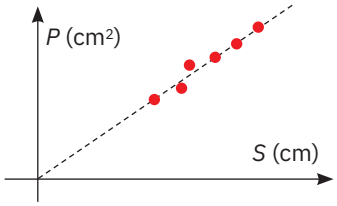
2 *Criteriul L – U – L (latură – unghi – latură).* Dacă două triunghiuri au două laturi proporționale și un unghi congruent, atunci triunghiurile sunt asemenea.

3 *Criteriul L – L – L (latură – latură – latură).* Dacă două triunghiuri au laturile corespunzătoare proporționale, atunci cele două triunghiuri sunt asemenea.

Concluzii

a ***Prima formulă fundamentală a lentilelor subțiri***

- Analizând valorile obținute pentru raportul R, se constată că aceste valori sunt aproximativ egale între ele și egale cu distanța focală a lentilei $R = \frac{|x_1| \cdot x_2}{|x_1| + x_2} \simeq f$.
- Reprezentând grafic produsul (P) în funcție de sumă (S), se observă că punctele obținute se așază practic pe o dreaptă ce trece prin originea sistemului de axe. Se poate concluziona că produsul (P) este direct proporțional cu suma (S), iar micile abateri se datorează erorilor experimentale, care pot fi micșorate, dar nu pot fi eliminate.



b ***A doua formulă fundamentală a lentilelor subțiri***

- Se constată că raportul coordonatelor este egal cu raportul înălțimilor imaginii și obiectului: $\frac{x_2}{|x_1|} = \frac{|y_2|}{y_1}$, pentru fiecare dintre determinările făcute.

Reține

Prima formulă fundamentală a lentilelor subțiri: $\frac{1}{x_2} - \frac{1}{x_1} = \frac{1}{f}$, unde f este *distanța focală a lentilei subțiri*. Această formulă se mai numește și **formula punctelor conjugate**.

A doua formulă fundamentală a lentilelor subțiri: $\beta = \frac{x_2}{x_1} = \frac{y_2}{y_1}$, unde β se numește *mărire liniară transversală*.

Observație: În formulele fundamentale ale lentilelor subțiri scrise anterior, x_1 și x_2 reprezintă coordonatele obiectului și ale imaginii, iar y_1 și y_2 reprezintă înălțimea obiectului și a imaginii. Aceste coordonate și distanța focală sunt mărimi raportate la sistemul de axe de coordonate xOy, adică pot avea valori pozitive sau negative.

Aplic

1 Problemă rezolvată. Un elev dorește să proiecteze pe un ecran imaginea unei baghete fluorescente. El utilizează o lentilă subțire convergentă cu distanța focală f = 20 cm, pe care o fixează față de ecran la distanța de 30 cm. Bagheta și lentila sunt verticale și paralele cu ecranul.



a Construiește geometric imaginea baghetei fluorescente formată de lentilă pe ecran și caracterizează această imagine.

b Găsește formulele fundamentale ale lentilelor subțiri, utilizând noțiuni de geometrie plană (teorema de asemănare a triunghiurilor) și desenul anterior.

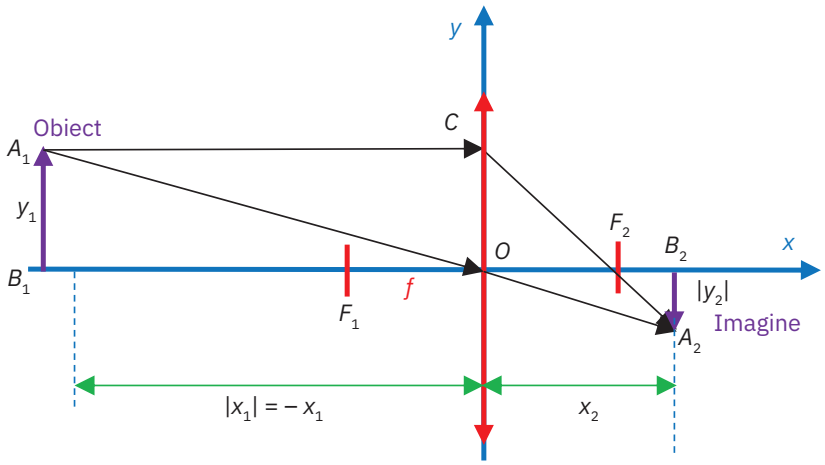
c Calculează coordonata la care trebuie plasată bagheta astfel încât imaginea proiectată pe ecran să fie clară.

d Știind că bagheta are lungimea de 10 cm, calculează mărirea liniară transversală și lungimea imaginii baghetei proiectate pe ecran. Interpretează rezultatele.

Rezolvare

a Imaginea este reală, răsturnată și mai mică decât obiectul.

b Se observă din desen că triunghiurile COF_2 și $A_2B_2F_2$ sunt asemenea. Aplicând teorema asemănării, se obține: $\frac{CO}{A_2B_2}=\frac{OF_2}{B_2F_2}$, unde $CO = y_1$, $OF_2 = f$, $A_2B_2 = |y_2|$ și $B_2F_2 = x_2 - f$. Înlocuind în raportul de asemănare rezultă: $\frac{y_1}{|y_2|}=\frac{f}{x_2-f}$.



Aplicând teorema de asemănare și pentru triunghiurile asemenea A_1B_1O și A_2B_2O se obține: $\frac{A_1B_1}{A_2B_2}=\frac{OB_1}{OB_2}$, unde $A_1B_1 = y_1$, $A_2B_2 = |y_2|$, $OB_1 = |x_1|$ și $OB_2 = x_2$. Înlocuind în raport, rezultă: $\frac{y_1}{|y_2|}=\frac{|x_1|}{x_2}$.

Egalând cele două rapoarte obținute anterior rezultă egalitatea: $\frac{y_1}{|y_2|}=\frac{f}{x_2-f}=\frac{|x_1|}{x_2}$.

Din egalitatea ultimelor două fracții se obține: $f=\frac{x_2\cdot|x_1|}{x_2+|x_1|}$ sau $\frac{1}{f}=\frac{x_2+|x_1|}{x_2\cdot|x_1|}$.

Distribuind numitorul la cei doi termeni din sumă rezultă: $\frac{1}{f}=\frac{1}{x_2}+\frac{1}{|x_1|}$, dar cum x_1 este negativ, se obține *prima formulă fundamentală a lentilelor subțiri*: $\frac{1}{f}=\frac{1}{x_2}-\frac{1}{x_1}$.

Din teorema de asemănare a triunghiurilor A_1B_1O și A_2B_2O rezultă $\frac{y_1}{|y_2|}=\frac{|x_1|}{x_2}$, unde x_1 și y_2 sunt negative conform desenului. Se obține astfel *a doua formulă fundamentală a lentilelor subțiri*: $\beta=\frac{y_2}{y_1}=\frac{x_2}{x_1}$.

Aplicând prima formulă fundamentală a lentilelor subțiri, rezultă: $x_1=\frac{x_2\cdot f}{x_2-f}=-60$ cm.

Rezultatul negativ al coordonatei x_1 arată că obiectul este situat în partea negativă a axei Ox.

Aplicând a doua formulă fundamentală a lentilelor subțiri, se găsește: $\beta=\frac{y_2}{y_1}=\frac{x_2}{x_1}=-\frac{1}{2}$.

Valoarea negativă a lui β arată că imaginea este răsturnată, iar faptul că β este subunitar arată că imaginea este mai mică decât obiectul și are înălțimea $y_2 = y_1 \cdot \beta = -5$ cm.

2 În laboratorul de fizică, mai mulți elevi pasionați de fizică analizează imaginile formate de lentilele divergente. Una dintre lentile are distanța focală $f = -20$ cm, iar obiectul observat este plasat paralel cu lentila la distanța de 30 cm față de lentilă.

a Construiește geometric imaginea obiectului formată de lentilă și caracterizează această imagine.

b Găsește formulele fundamentale ale lentilelor subțiri utilizând noțiuni de geometrie plană (teorema de asemănare a triunghiurilor) și desenul anterior.

c Calculează coordonata imaginii formate de lentilă.

d Știind că obiectul are înălțimea de 10 cm, calculează mărirea liniară transversală și înălțimea imaginii, apoi interpretează rezultatele.

ȘTIAI CĂ?

Convergența unei lentile subțiri reprezintă mărimea fizică egală cu inversul distanței focale: $C=\frac{1}{f}$. Unitatea de măsură pentru convergență în SI este: $[C]=\frac{1}{\text{m}}=\text{m}^{-1}=\text{dioptrie}=\delta$. De exemplu, o lentilă care are distanța focală $f = 20$ cm are convergența $C = 5\delta$.

Convergența ochiului uman normal poate avea valori între 60 dioptrii și –3 dioptrii, în funcție de poziția obiectului privit. Convergența cristalinului are 20 – 21 dioptrii.



Ochelarii de vedere, în funcție de rolul pe care îl au, pot avea convergențe pozitive, de la 0,5 dioptrii până la 8 dioptrii, sau convergențe negative, de la –0,5 dioptrii până la –8 dioptrii.

Ochiul, lupa, ochelarii

PROIECT

Ochiul uman – un sistem optic complex

Scopul proiectului

Identificarea părților principale ale unui ochi uman și găsirea rolului fiecărei componente. Tema poate fi realizată individual sau în echipă.

Ce vei/veți face?

Vei/veți realiza o schemă a ochiului uman, în care să fie puse în evidență componentele principale.

Ce vei/veți face?

Vei/veți găsi funcția fiecărei componente identificate a ochiului.

Cum vei/veți face?

1 Vei/veți analiza fiecare componentă principală a ochiului.
2 Vei/veți stabili importanța fiecărei componente a ochiului și vei/veți găsi modalități de păstrare a sănătății ochilor.
3 Vei/veți prezenta colegilor rezultatele investigării realizate, concluziile referitoare la funcționarea optimă a ochiului și metodele de păstrare a sănătății acestuia.

Cum vei/veți prezenta proiectul colegilor?

Vei/veți realiza o prezentare powerpoint cu text, imagini sau film.

Cum se evaluează proiectul?

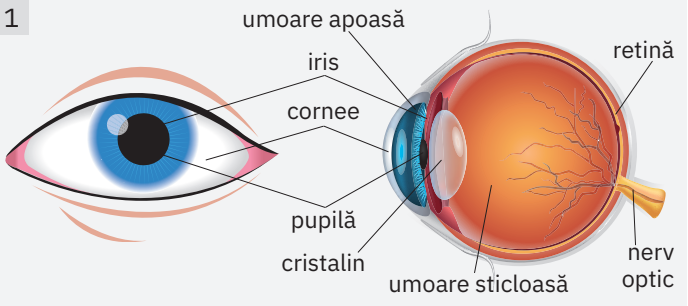
Ce părere au colegii despre cele prezentate? Criterii: *calitatea documentării*, *selectarea informațiilor relevante*, *acuratețea prezentării*. Cere/cereți să ți/vi se acorde calificative, să ți/vi se pună întrebări și să ți/vi se facă sugestii.

Observ

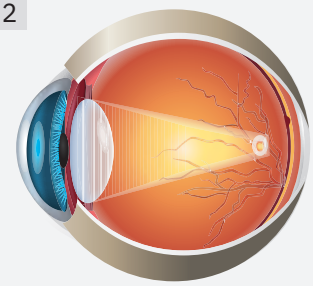
Urmărește imaginile 1 și 2 de mai jos, în care este prezentat ochiul ca sistem optic. În imaginea 1 sunt notate câteva componente ale ochiului uman, iar în imaginea 2 se arată schematic cum traversează lumina ochiul.

- Reamintește-ți noțiunile referitoare la ochi studiate în clasa a VII-a la biologie, analizează imaginile prezentate și explică pe scurt atât rolul ochiului, cât și modul în care lumina produce efectul luminos. Ce caracteristici are imaginea formată de ochi pe retină?
- Cunoscând formulele fundamentale ale lentilelor subțiri, se constată că dacă distanța dintre lentilă și ecran este fixată, atunci, pentru a se obține o imagine clară, obiectul trebuie plasat la o anumită distanță. Cum poți explica faptul că ochiul permite vederea clară a obiectelor aflate la distanțe diferite?
- În ce poziție trebuie să se afle obiectele pentru ca un ochi normal să formeze imagini clare? Ce reprezintă punctul proxim și punctul remotum?
- Ce rol are pupila?

1



2



Concluzii

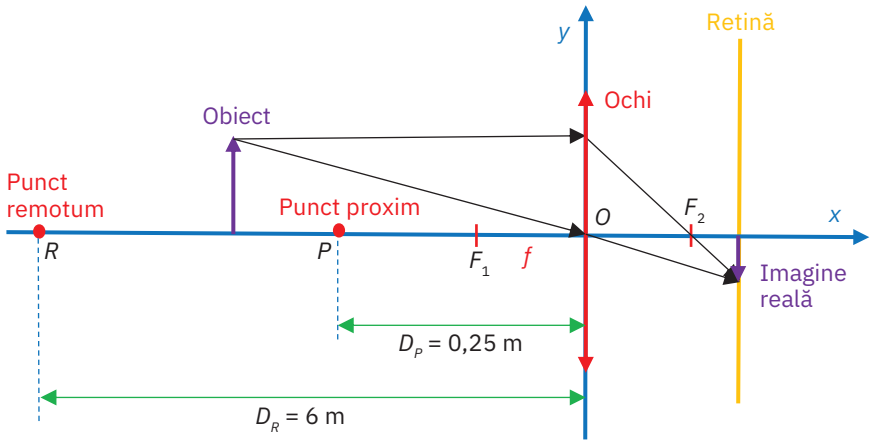
- *Ochiul* este un organ care are rolul de a detecta lumina. Pentru acest scop, ochiul are în componența sa elemente sensibile la schimbările de lumină, care produc impulsuri nervoase. Cu ajutorul ochiului, omul detectează obiectele din jur și le poate caracteriza din punct de vedere al formei, al dimensiunilor, al culorii etc.
- Lumina pătrunde prin partea din față a ochiului printr-o membrană transparentă numită *cornee*, apoi trece printr-un lichid numit *umoare apoasă* și traversează *irisul* prin *pupilă*, iar în continuare lumina trece prin *cristalin* și *umoarea sticloasă*, ca în final *imaginea obiectului* de la care a plecat lumina să fie proiectată pe o membrană numită *retină*. Celulele specializate din retină transformă imaginea în impulsuri nervoase care ajung, prin *nervul optic*, până la regiunea posterioară a creierului. Acesta din urmă interpretează semnalele printr-un mecanism complex, care implică milioane de neuroni.
- Imaginea formată de ochi pe retină este reală, răsturnată și micșorată. Creierul prelucrează semnalele electrice primite de la ochi și îndreaptă imaginea astfel încât imaginea să fie conformă cu obiectul vizat.
- Se pot vedea obiecte aflate la diverse distanțe față de ochi, deoarece ochiul are capacitatea de acomodare. Acomodarea este un proces automat de adaptare a ochiului pentru vederea clară a obiectelor situate între punctul proxim și punctul remotum. Acomodarea se datorează elasticității cristalinului, ligamentului suspensor al acestuia și mușchiului ciliar. Organul activ al acomodării este mușchiul ciliar. Când ochiul privește la distanțe mai mari de 6 metri, mușchiul ciliar este relaxat, dar ligamentul suspensor este tensionat. Pentru privirea la distanțe mai mici de 6 metri, mușchiul ciliar este tensionat, ceea ce duce la comprimarea cristalinului și modificarea distanței sale focale, în funcție de distanța la care se află obiectul. În acest mod, imaginea obiectelor este proiectată pe retină.
- *Punctul proxim* (25 cm) este punctul cel mai apropiat de ochi la care vederea clară a obiectelor se face cu efort maxim de acomodare.
- *Punctul remotum* (6 m) este punctul cel mai apropiat de ochi la care vederea clară a obiectului se face fără acomodare.

- Un ochi normal poate vedea clar obiecte oricât de îndepărtate; în acest caz, se poate spune că punctul cel mai depărtat de ochi la care vederea clară se face fără acomodare este aflat la infinit (∞).
- Irisul este un mușchi în care se află un orificiu cu diametru reglabil, numit pupilă. Pupila are rolul de a regla cantitatea de lumină ce intră în ochi. Pentru lumină puternică, pupila se micșorează, iar pentru lumină slabă, pupila se mărește.

Reține

Ochiul este un sistem optic echivalent cu o lentilă convergentă, care are distanța focală variabilă; centrul său optic se află între cristalin și retină, la o distanță de aproximativ 17 mm față de retină.

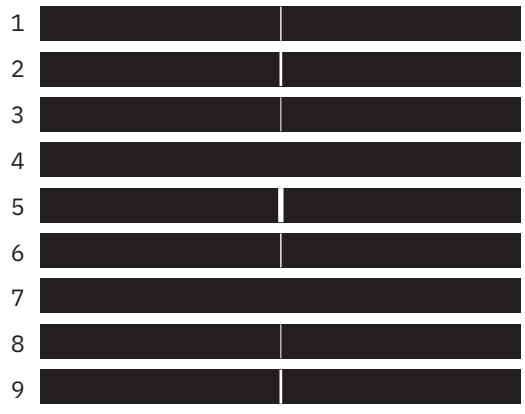
Un ochi normal formează imagini clare pentru obiecte aflate la o distanță cuprinsă în intervalul de valori: $D \in [0{,}25\ \text{m}; \infty]$.



Experimentez

Estimarea rezoluției ochiului uman

Materiale utilizate: o coală de hârtie albă, un computer, o imprimantă, o ruletă, o riglă.



Modul de lucru

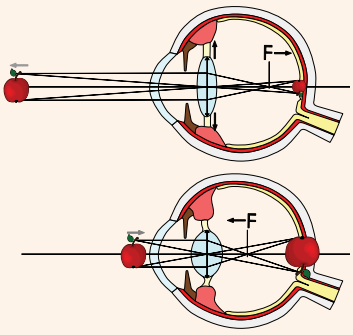
- Desenează cu ajutorul computerului, pe o coală de hârtie, dungi orizontale negre, separate prin spații orizontale albe, apoi împarte o parte dintre dungile negre în două părți egale prin spații verticale albe cu dimensiunea ce variază între 0,5 mm și 5 mm, conform desenului alăturat. Poți face experimentul împreună cu colegii; fiecare dintre voi faceți desene cu benzile aranjate aleatoriu.
- Fixează desenele cu benzi pe un perete și apoi alege o poziție din care le vei/veți privi, între 7 m și 10 m față de perete. Măsoară această distanță (D).
- Poziționează-te în locul de observație, alege un desen și urmărește cu atenție dungile negre, notând numărul benzilor pe care le vezi întregi, fără spațiu de separare în două părți.
- Analizează desenul și găsește spațiul cu dimensiunea cea mai mică care a mai fost văzut. Măsoară această distanță (d_1) și noteaz-o într-un tabel.

ȘTIAI CĂ?

Din punct de vedere al unui sistem optic, ochiul este format din cornee (cu convergența de aproximativ 40 de dioptrii) și cristalin (cu convergența de aproximativ 20 de dioptrii). Pentru simplitate, se poate considera că ochiul este echivalent cu o lentilă convergentă ce are convergența de aproximativ 60 de dioptrii, și centrul optic aflat la 17 milimetri în fața retinei. Razele de lumină paralele care vin de la un obiect aflat la o distanță mai mare de 6 metri se vor focaliza la 17 milimetri în spatele centrului optic, adică pe retină, formându-se o imagine reală, mai mică și răsturnată.

Cristalinul este important, deoarece raza lui de curbură poate fi modificată, realizând astfel procesul de acomodare.

Pentru vederea de aproape, cristalinul se bombează, iar pentru vederea la distanță se aplatizează (se alungește).



- Repetă procedeul anterior pentru alte desene (3 – 4) și determină dimensiunea cea mai mică observată (d).

Prelucrarea datelor experimentale

- Calculează rezoluția unghiulară a ochiului (α), ca fiind unghiul minim sub care se mai văd distinct două puncte: $\alpha \simeq \left(\frac{d}{D} \cdot \frac{180}{\pi}\right)^\circ$.
- Compară valoarea rezoluției unghiulare a ochiului tău cu valorile găsite de colegii tăi, cât și cu valoarea cunoscută în medie pentru ochiul uman normal, $\alpha_0 \simeq \left(\frac{1}{60}\right)^\circ = 1'$, unde un grad este egal cu 60 minute: 1° = 60′, iar un minut este egal cu 60 de secunde: 1′ = 60″.

Concluzie

- Rezoluția unghiulară a ochiului uman variază de obicei între $\alpha \in [40''; 60'']$.
- Pentru a percepe două puncte separate, sunt necesari cel puțin trei fotoreceptori aranjați la rând: câte unul pentru a primi lumină din fiecare punct și unul pentru decalajul dintre puncte. Astfel, rezoluția unghiulară este specifică fiecărei persoane.

Experimentez

Lupa

Materiale utilizate: o lupă cu distanța focală cunoscută, o coală de hârtie albă, o carioca neagră, o riglă.



Modul de lucru

- Scrie pe coala de hârtie litere cu dimensiuni diferite, conform figurii alăturate.
- Observă literele cu ajutorul lupei, astfel încât literele să fie văzute cât mai mari și mai clare; în ce condiții imaginea literelor a fost observată cel mai bine? Măsoară distanța aproximativă ochi – lupă și lupă – litere. Unde a fost poziționată lupa față de ochi? Dar față de coala de hârtie?
- Compară rezultatele măsurătorilor efectuate de tine cu cele efectuate de colegii tăi.
  Observație. Este recomandat să realizezi experimentul împreună cu un coleg.
- Știind că lupa este o lentilă convergentă, caracterizează imaginea formată de lupă și apoi observată de tine; construiește grafic imaginea literei *I* văzută de tine, prin lupă.

Concluzie



- Literele se văd mărite și clare atunci când lupa este poziționată la o anumită distanță atât față de ochi, cât și față de coala de hârtie.
- Distanța dintre ochi și lupă este aproximativ egală cu distanța focală a lupei, iar distanța dintre obiect și lupă este mai mică decât distanța focală.
- Valorile măsurate de către fiecare elev sunt puțin diferite, deoarece poziția este aleasă cât mai convenabil de fiecare, dar nu sunt foarte diferite, deoarece construcția ochiului este aceeași pentru fiecare persoană.

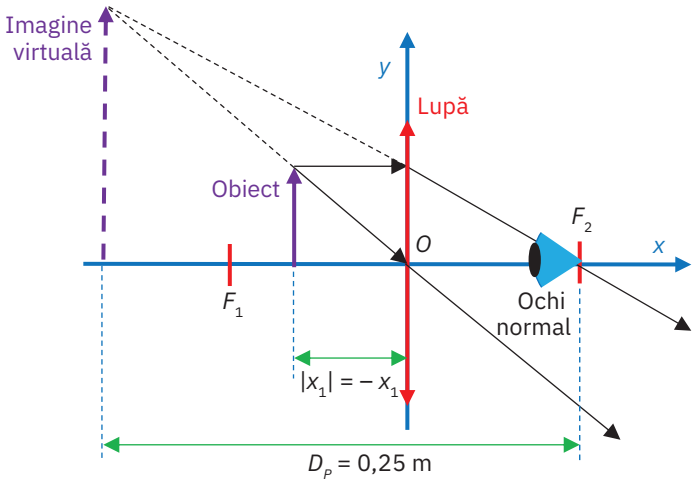
ȘTIAI CĂ?

Lupa este un instrument optic format dintr-o lentilă convergentă sau dintr-un sistem convergent de lentile fixate într-o montură, care, plasată în fața unui obiect, formează o imagine mărită a acestuia, permițând examinarea unor obiecte de foarte mici dimensiuni. Lupa uzuală are o distanță focală de circa 25 de centimetri, adică o convergență de 4 dioptrii. Ideea de lupă a apărut în Grecia și Roma antică încă de acum 2000 de ani, sub forma unui vas de sticlă umplut cu apă prin care se vedeau obiectele mărite. Primele lentile de sticlă au început să fie folosite pe la începutul anilor 1000 d.Hr. de către călugării ce scriau manuscrise, iar după anii 1200 au apărut ochelarii care corectau hipermetropia. După circa 200 de ani a fost descoperită tehnica fabricării lentilelor divergente, ceea ce a permis corectarea ei.

Tipuri de lupe:

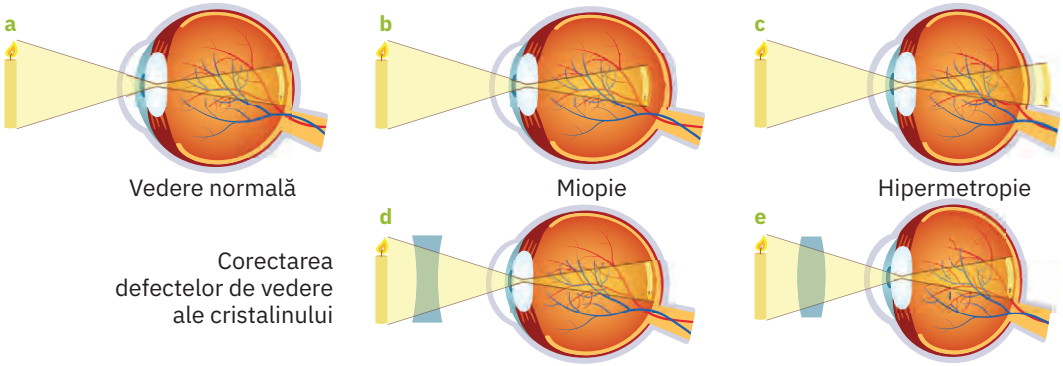
- *lupa de mână*, utilizată în mod obișnuit;
- *lupa filatelică*, o lupă de mici dimensiuni ce are de obicei trei lentile, pentru o putere de mărire mare;
- *lupa cu mărire automată* (*zoom*), care funcționează pe același principiu ca o lupă normală, doar că utilizatorul nu mai este nevoit să deplaseze lupa față de obiect pentru a o poziționa optim.
- *lupa cu LED* are mai multe LED-uri încorporate, care au rolul de a ajuta la formarea unei imagini cu o luminozitate puternică.

- Imaginea observată prin lupă este virtuală, dreaptă și mărită, iar pentru o observare optimă, ochiul este plasat în apropierea focarului imagine al lupei (F_2) și imaginea este plasată în punctul proxim al ochiului. Dacă ochiul este normal, distanța optimă dintre ochi și imagine este de $D_P = 0{,}25$ m.



Reține

Defectele de vedere ale cristalinului și corectarea lor



1 *Miopia* este defectul de vedere al unei persoane care poate vedea clar obiectele apropiate, dar are dificultăți în observarea obiectelor îndepărtate. Acest lucru se întâmplă atunci când globul ocular este alungit, ceea ce face ca imaginea să se formeze în fața retinei, așa cum se observă în imaginea **b**. Pentru a corecta miopia, sunt folosiți ochelari cu lentile divergente (figura **d**). Lentilele divergente pentru corectarea miopiei au distanța focală egală în modul cu distanța maximă de vedere clară în depărtare: $f_{lentilă} = -D_{max}$, dacă sunt foarte apropiate de ochi; dacă sunt aflate la o distanță d față de ochi (în jur de 1,5 – 2 cm), atunci $f_{lentilă} = -(D_{max} - d)$.

2 *Hipermetropia* este defectul de vedere al unei persoane care nu vede clar obiectele aflate în apropiere, dar vede clar obiectele aflate în depărtare (figura **c**). Globul ocular al ochiului hipermetrop este mai mic decât cel al ochiului normal și în consecință imaginea se formează în spatele retinei. Hipermetropia este corectată cu ajutorul lentilelor convergente (figura **e**).

3 *Prezbitismul* este defectul de vedere care apare de obicei la bătrânețe și se datorează atrofierii elasticității cristalinului. Persoana nu mai vede clar obiectele aflate în apropiere, ca în cazul hipermetropiei. Lentilele utilizate pentru corectare sunt convergente.

Aplic

Un ochi normal are distanța focală $f = 17$ mm fără acomodare. Calculează distanțele focale pe care trebuie să le aibă ochiul pentru vederea clară a unor obiecte aflate la distanța de 1 m, respectiv 20 cm față de centrul optic al ochiului. Analizează rezultatele obținute și formulează o concluzie referitoare la modul de variație al distanței focale a ochiului, la apropierea unui obiect față de ochi.

PORTOFOLIU

Ochelarii – un instrument magic



Documentează-te utilizând site-uri de internet precum wikipedia.org sau alte surse de informații și realizează o lucrare despre istoria apariției ochelarilor și tipurile de ochelari utilizați în decursul timpului.

- Identifică reperele istorice importante în descoperirea și utilizarea ochelarilor.
- Găsește tipurile de ochelari și scopul în care sunt folosiți.
- Din ce materiale se pot confecționa lentilele ochelarilor la ora actuală?

Fizică aplicată

Aparatul fotografic al smartphone-ului

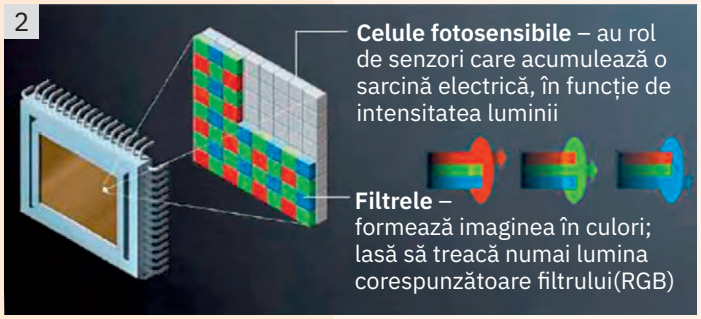
1



Aparatul fotografic digital are același principiu de funcționare cu aparatul fotografic analogic, cu diferența că imaginea este înregistrată de un sistem digital, în loc de pelicula fotografică. În imaginea 1 se observă elementele componente ale unui aparat fotografic încorporat într-un smartphone: sistemul de lentile care formează obiectivul și captează razele de lumină, sistemul de obturare și sistemul de transformare a imaginii reale în imagine digitală.

Diferența dintre aparatul fotografic digital și cel analogic se datorează modului în care acestea înregistrează, captează, memorează şi prelucrează imaginile fotografice. Aparatele foto digitale folosesc *senzori de imagine* pentru memorarea inițială a imaginii. Senzorul de imagine transformă imaginea într-un semnal electric, care apoi este transformat într-un semnal digital care este înregistrat pe un mediu de stocare (cum ar fi un card de memorie sau memoria smartphone-ului). În imaginea 2 este prezentată schematic matricea cu filtre și senzori care transformă imaginea reală în semnale electrice, după care este transformată într-o „hartă“ de puncte colorate (pixeli). Pentru fiecare punct al imaginii există trei filtre (roşu, verde, albastru – R/red G/green B/blue), iar fiecare filtru are asociat un senzor. În funcție de intensitatea luminii, senzorul transmite procesorului de imagine un semnal electric pe care acesta îl transformă în semnal digital (în biți – șiruri de 0 şi 1); semnalul digital este purtătorul informației despre imaginea captată de obiectivul aparatului fotografic. Imaginea văzută pe ecranul smartphone-ului este rezultatul reconstituirii imaginii reale şi poate fi înregistrată în memoria dispozitivului.

2



Rezoluția imaginii (claritatea imaginii) este legată de numărul de pixeli care pot fi înregistrați de senzorul de imagine al aparatului. De exemplu, o imagine cu dimensiunile 2 592 × 1 944 pixeli este echivalentul a 5 megapixeli.

Există două tehnologii care stau la baza senzorilor de imagine; pentru una dintre acestea, în anul 2009, a fost atribuit Premiul Nobel în Fizică.

Cât de intens este percepută lumina de către ochiul omului?

Fotometria este domeniul opticii care studiază modul în care ochiul uman percepe lumina emisă de o sursă. Senzația luminoasă depinde de fluxul energetic care cade pe retină şi de lungimea de undă a radiației luminoase recepționate (culoarea luminii). Ochiul uman este cel mai sensibil la lumina verde. Din acest motiv, fluxul de lumină care are o altă culoare decât verde trebuie să fie mai intens decât fluxul luminii verzi pentru a putea fi perceput de către ochi la fel de „luminos“.

3

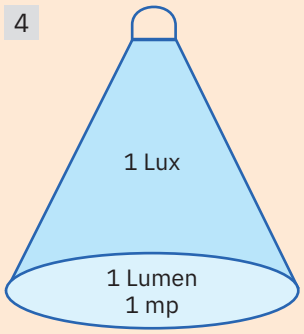


Fluxul luminos este proporțional cu fluxul energetic și depinde de proprietățile optice ale receptorului. **Fluxul energetic** reprezintă energia emisă de o sursă de lumină în unitatea de timp printr-o secțiune transversală a fasciculului de lumină. Unitatea de măsură pentru fluxul energetic este *wattul* (W).

În imaginea 3 se remarcă fluxul de lumină, sub forma unui con luminos, care provine de la o sursă punctiformă. Zona din spațiu aflată în interiorul conului luminos și mărginită de suprafața conului se numește *unghi solid*.

Fluxul luminos se mai numește și puterea radiată a sursei, iar unitatea de măsură în SI este *lumenul* (lm).

4



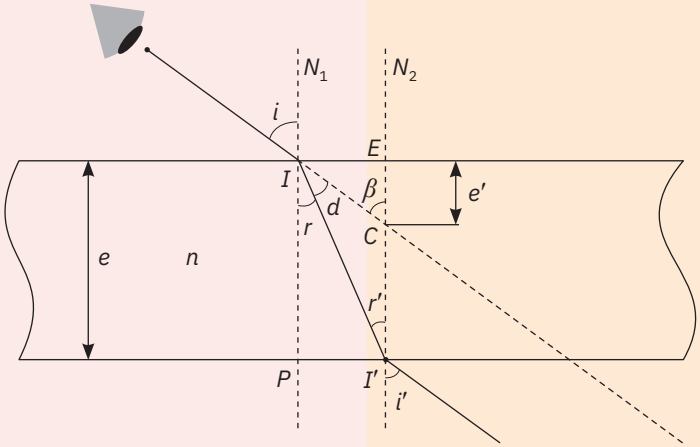
Intensitatea luminoasă reprezintă fluxul luminos emis în unitatea de unghi solid. Unitatea de măsură a intensității luminoase în SI este *candela* (*cd*) şi este una dintre cele şapte unități de măsură fundamentale.

Iluminarea reprezintă fluxul luminos ce cade normal pe unitatea de suprafață şi caracterizează gradul de iluminare al unei suprafețe. Unitatea de măsură a iluminării în SI este *luxul* (lx). Un lux reprezintă iluminarea uniformă a unei suprafețe de un metru pătrat de către un flux luminos de un lumen (vezi figura 4).

Probleme rezolvate

1 Adâncimea aparentă

Privind fundul unui lac cu apă limpede, acesta pare mai aproape de suprafața apei decât este în realitate. Consideră lacul ca fiind asemenea unei lame cu fețe plane şi paralele de grosime e. Determină adâncimea aparentă e' la care se vede un obiect punctiform aflat pe fundul lacului, privind sub unghiul de incidență i. Consideră cunoscut indicele de refracție al apei în raport cu aerul (n) şi neglijează deplasarea imaginii în plan orizontal. Particularizează rezultatul pentru cazul în care observarea se face sub un unghi de incidență foarte mic, mai mic de 5°.



Rezolvare

Din desen se observă că: $tg\,\beta = \frac{IE}{e'}$, unde $\beta = i \Rightarrow tg\,i = \frac{IE}{e'}$.

Deoarece $IE = I'P \Rightarrow tg\,r = \frac{I'P}{e} = \frac{IE}{e}$ şi

$$e' = e\frac{tg\,r}{tg\,i} = e\frac{\sin r}{\sin i}\cdot\frac{\cos i}{\cos r} = \frac{e}{n}\cdot\frac{\cos i}{\sqrt{1-\sin^2 r}} = \frac{e}{n}\cdot\frac{\cos i}{\sqrt{1-\frac{1}{n^2}}}.$$

Pentru $i < 5°$ se pot face aproximările $tg\,i \simeq \sin i$ şi $tg\,r \simeq \sin r$.

În acest context se obține: $e' = e\frac{tg\,r}{tg\,i} = e\frac{\sin r}{\sin i} = \frac{e}{n}$.

2 Două lentile plasate succesiv

Două lentile subțiri convergente L_1 şi L_2 au distanțele focale f_1, respectiv f_2 şi sunt poziționate astfel încât planul lentilelor este perpendicular pe axul optic principal al acestora. Distanța dintre lentile este d şi îndeplineşte condiția $d > f_1 + f_2$. Un obiect liniar AB are înălțimea y_1 şi se află la distanța $d_1 = -x_1$ față de lentila cu distanța focală f_1.

a Determină coordonata x_2 la care se formează imaginea obiectului AB față de lentila L_1.

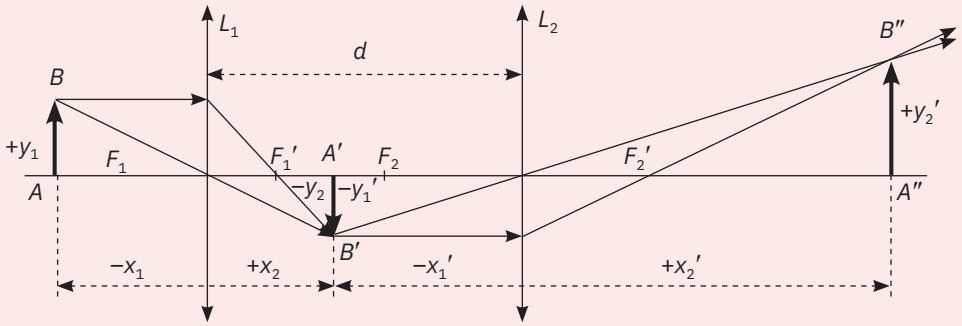
b Construieşte geometric imaginile formate de cele două lentile şi notează atât distanțele dintre obiect şi lentilă, cât şi distanțele dintre lentilă şi imagine , ştiind că imaginile formate de cele 2 lentile sunt reale.

c Determină o relație din care poți determina poziția imaginii obiectului AB, formate de sistemul celor două lentile, în raport cu lentila L_2. Determină mărirea liniară transversală a sistemului de lentile în formarea imaginii obiectului AB , în condițiile punctului b.

Rezolvare

a $\frac{1}{x_2} - \frac{1}{x_1} = \frac{1}{f_1} \Rightarrow x_2 = \frac{f_1 \cdot x_1}{f_1 + x_1}$.

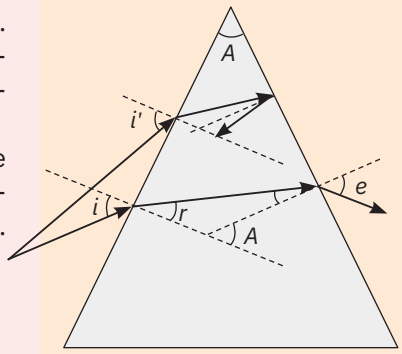
b Vezi desenul de mai jos.



c Se aplică succesiv, în sensul propagării luminii, formulele lentilelor subțiri, ținând cont de faptul că imaginea rezultată din lentila L_1 poate fi considerată obiect pentru lentila L_2: $\frac{1}{x_2'} - \frac{1}{x_1'} = \frac{1}{f_2}$; $d = x_2 - x_1'$, de unde rezultă relația: $\frac{1}{x_2} - \frac{1}{x_1} + \frac{1}{x_2'} - \frac{1}{x_2 - d} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$.

Din triunghiurile asemenea formate rezultă: $\beta_1 = \frac{y_2}{y_1} = \frac{x_2}{x_1}$; $\beta_2 = \frac{y_2'}{y_1} = \frac{y_2'}{y_2} = \frac{x_2'}{x_1'} \Rightarrow$ $\beta = \frac{y_2'}{y_1} = \beta_1\beta_2 = \frac{x_2}{x_1}\cdot\frac{x_2'}{x_2 - d}$, unde β este mărirea liniară transversală a sistemului de lentile.

ŞTIAI CĂ?



Pentru a nu avea loc reflexie totală pe suprafața emergentă a prismei trebuie ca $r' < \ell$, unde ℓ este unghiul limită. Cum $A = r + r'$, rezultă $A < r + \ell \Rightarrow r > A - \ell$. În cazul extrem, unghiul maxim de incidență poate fi 90°, iar sin 90° = 1. Din legea unghiurilor pentru refracție rezultă, în acest context, $\sin r = \frac{1}{n}$. Astfel, $\frac{1}{n} = \sin\ell$ şi $\frac{1}{n} > \sin(A - \ell)$, de unde rezultă $\sin\ell > \sin(A - \ell)$, astfel încât condiția căutată este $A < 2\cdot\ell$.

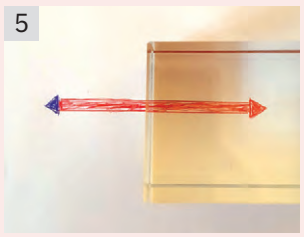
Probleme propuse

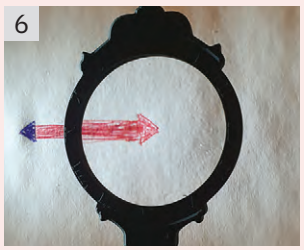
1


2


3


4


5


6


7


1 Creionul din imaginea 1 este sprijinit cu vârful de o oglindă plană și cu capătul cu radieră de o suprafață orizontală. Lungimea creionului este $\ell = 185$ mm, iar unghiul pe care-l formează cu planul oglinzii este $\alpha = 30°$. Construiește geometric imaginea creionului în oglindă. Calculează la ce distanță d se află capătul cu radieră față de imaginea sa în oglindă.

2 Consideră că eşti în picioare şi îți priveşti imaginea într-o oglindă plană verticală. Pentru a vedea propria imagine în oglindă, lumina reflectată de tine către oglindă parcurge un drum până la întoarcere în timpul t. Determină timpul τ necesar luminii să parcurgă distanța de la tine la oglindă, în același context; argumentează răspunsul pe baza unuia dintre principiile propagării luminii.

3 În fotografia 2 este surprinsă imaginea cuvântului FIZICA, scris pe o foaie, privind prin prisma optică plasată cu una dintre fețele laterale pe foaie. Precizează fenomenele optice care determină natura imaginii observate şi argumentează răspunsul pe baza analizei propagării luminii prin prismă.

4 În imaginea 3 se observă o lamă cu fețe plane şi paralele de forma unei prisme patrulatere pătrate aşezate pe o foaie, lângă un desen. În imaginea 4, lama respectivă a fost aşezată peste desen, ceea ce a determinat formarea celor două imagini surprinse în fotografie. Argumentează cum s-au format cele două imagini.

5 În imaginea 5 se observă cum se vede printr-o lamă cu fețe plane şi paralele o porțiune peste care a fost aşezată lama, din desenul făcut pe foaia de hârtie. Consideră că fotografia a fost făcută la incidență normală în raport cu foaia. Indicele de refracție al lamei, în raport cu aerul, este $n = 1{,}5$, iar grosimea lamei este $e = 5{,}5$ cm. Calculează distanța față de foaie, d, la care se vede desenul prin lamă.

6 Imaginile 6 și 7 prezintă un desen realizat pe o foaie de hârtie, surprins privind printr-o lentilă. Într-una dintre imagini, lentila se află mai aproape de desen decât în cealaltă. Precizează şi argumentează dacă lentila este convergentă sau divergentă şi care este motivul pentru care, într-una dintre imagini, practic desenul nu se mai vede. Folosind construcțiile geometrice pentru formarea imaginilor în lentile subțiri, realizează câte un desen pentru fiecare dintre cele două situații prezentate.

7 Completează pe caiet spațiile libere astfel încât afirmațiile să fie corecte.

a Imaginea unui obiect format de o lentilă convergentă subțire este ....., dreaptă şi mărită, dacă obiectul se află față de lentilă la o distanță ..... decât distanța focală a lentilei.

b Imaginea unui obiect format de o lentilă convergentă subțire este ....., reală şi micșorată, dacă obiectul se află față de lentilă la o distanță ..... decât dublul distanței focale.

c Imaginea formată de o lentilă divergentă subțire este ....., ... şi mai ..... decât obiectul, indiferent de poziția obiectului real față de lentilă.

8 Privind printr-o lentilă subțire divergentă, de-a lungul axului optic principal, un obiect liniar cu înălțimea $h_1 = 1$ cm, obținem o imagine cu înălțimea $h_2 = 0{,}5$ cm. Cunoscând că distanța dintre obiect și lentilă este $d = 2$ cm, construiește geometric imaginea și determină atât poziția imaginii față de lentilă, cât şi distanța focală a lentilei.

9 Distanța dintre o lupă şi centrul optic al unui ochi normal este $d = 3$ cm. Se ştie că imaginea este observată cu efort maxim de acomodare, iar mărirea liniară rezultată în acest caz este $\beta = 10$. Construiește geometric imaginea formată de lupă şi calculează distanța focală a lupei.

Indicație. Efortul de acomodare este maxim când lupa este poziționată pentru distanța minimă de vedere clară $\delta = 25$ cm.

Test

Pentru fiecare subiect se acordă 10 puncte; 10 puncte se acordă din oficiu.

Punctaj total: 100 de puncte

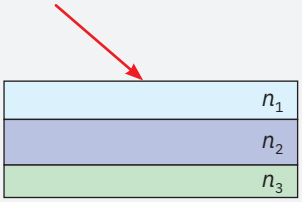
Timp de lucru: 50 de minute

1 Completează pe caiet spațiile libere din următorul text, astfel încât afirmațiile să fie adevărate:

O rază de lumină ce se propagă printr-un mediu optic, adică un mediu omogen, ... și transparent, este întotdeauna ..... . Dacă două sau mai multe ..... de lumină se întâlnesc într-un mediu optic, atunci acestea se propagă în continuare ..... .

Pentru itemii 2 – 5 alege răspunsul pe care îl consideri corect.
Doar unul dintre răspunsuri este corect.

2 O rază de lumină vine din aer și cade, sub un unghi de incidență i, pe suprafața de separație dintre aer și lamela transparentă cu indicele de refracție n_1, așa cum se vede în desenul de pe coloana alăturată. Știind că raza de lumină traversează cele trei lamele omogene, izotrope și transparente, cu indicii de refracție n_1, n_2, n_3, unghiul de emergență sub care iese raza de lumină din lamela a treia:



a depinde de indicii de refracție n_1, n_2, n_3 și nu depinde de unghiul de incidență i;
b depinde de indicii de refracție n_1, n_2, n_3 și de unghiul de incidență i;
c este întotdeauna egal cu unghiul de incidență;
d depinde doar de indicele de refracție n_3 al ultimei lamele.

3 Știind că raza de lumină incidentă vine din mediul 1, fenomenul de reflexie totală se poate produce la suprafața de separație dintre mediile optice cu indicii de refracție n_1, n_2, n_3 dacă:
a $n_1 > n_2$ și $i > l$; **b** $n_1 < n_2$ și $i > l$; **c** $n_1 > n_2$ și $i < l$; **d** $n_1 > n_2$ și $i = l$.

4 Proiectând cu o lentilă subțire imaginea unui obiect pe un ecran, se observă o imagine răsturnată și egală cu obiectul. Ce tip de lentilă a fost utilizat și la ce distanță (d) este plasat ecranul față de obiect?
a lentilă convergentă și $d \leq f$;
b lentilă divergentă și $d \geq f$;
c lentilă divergentă și $d = 2f$;
d lentilă convergentă și $d = 4f$.

5 Acomodarea ochiului pentru a vedea clar obiecte aflate la distanțe diferite (între punctul proxim și punctul remotum) constă în:
a modificarea distanței dintre cristalin și retină;
b modificarea razelor de curbură ale cristalinului;
c modificarea indicelui de refracție al cristalinului;
d modificarea diametrului pupilei.

Rezolvă următoarele probleme.

6 Un elev trimite pe o prismă cu indicele de refracție $n = \sqrt{2}$ o rază de lumină laser sub unghiul de incidență $i = 45°$ și observă că raza iese din prismă pe o direcție perpendiculară pe fața opusă. Construiește geometric mersul razei de lumină prin prismă și calculează unghiul refringent al prismei (A).

7 Un elev realizează un proiector utilizând o lentilă convergentă ce formează pe ecran o imagine de 4 ori mai mare decât obiectul; distanța dintre obiect și ecran este $d = 60$ cm.
a Construiește geometric imaginea obiectului formată de lentilă pe ecran.
b Calculează coordonatele obiectului și imaginii față de lentilă.
c Determină distanța focală a lentilei.

8 Din cauza vârstei înaintate, un om poate vedea doar obiectele situate la distanțe cuprinse în intervalul de la 65 cm până la 3,5 m. Calculează distanța focală a lentilelor ochelarilor utilizați pentru corectarea miopiei, știind că ochelarii se află la distanța $d = 2$ cm față de ochi.

9 Un ceasornicar utilizează o lupă și vede obiectele clar și mărite de 5 ori. Știind că ceasornicarul are vederea normală (punctul proxim este la 25 cm) și că privește obiectele prin lupă în condiții optime (ochiul este plasat în F_2), calculează distanța focală a lupei.

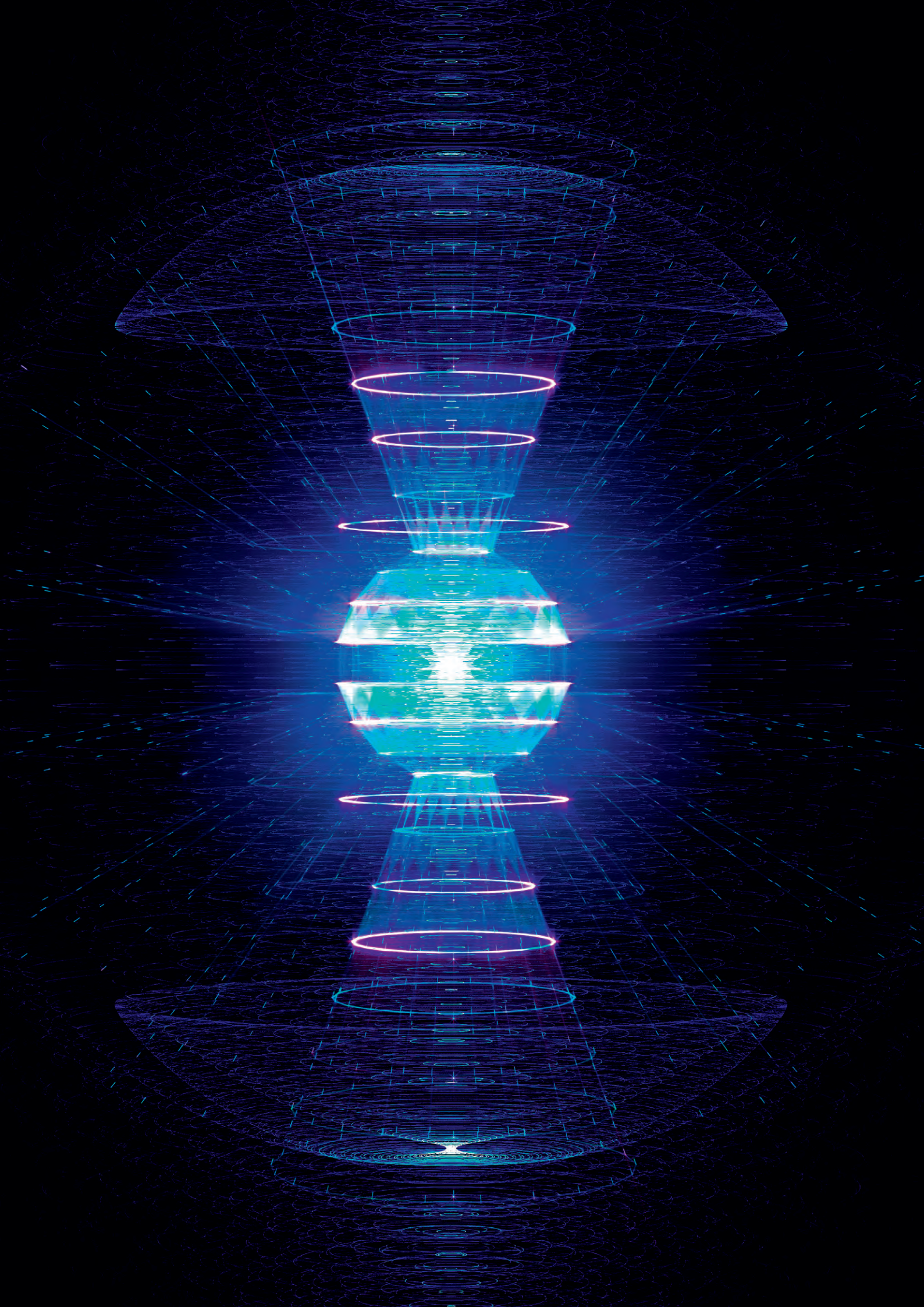
Autoevaluare

Completează în caiet următoarele afirmații:
- Din ce am învățat, cel mai important mi se pare ... .
- Cel mai mult mi-a plăcut activitatea ... .
- Cel mai dificil mi s-a părut ... .

U4 Extindere: Energia și viața

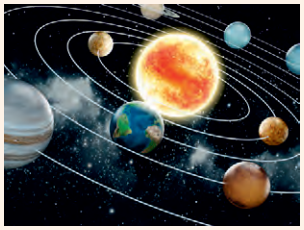


Lecția 1	124	Forme de energie
Lecția 2	127	Surse de energie
Lecția 3	129	Transformarea și conservarea energiei în diferite sisteme
Fizică aplicată	130	Reacții nucleare și producerea energiei nucleare
Probleme rezolvate	131	
Probleme propuse	132	
Test. Autoevaluare	133	



ȘTIAI CĂ?

Soarele



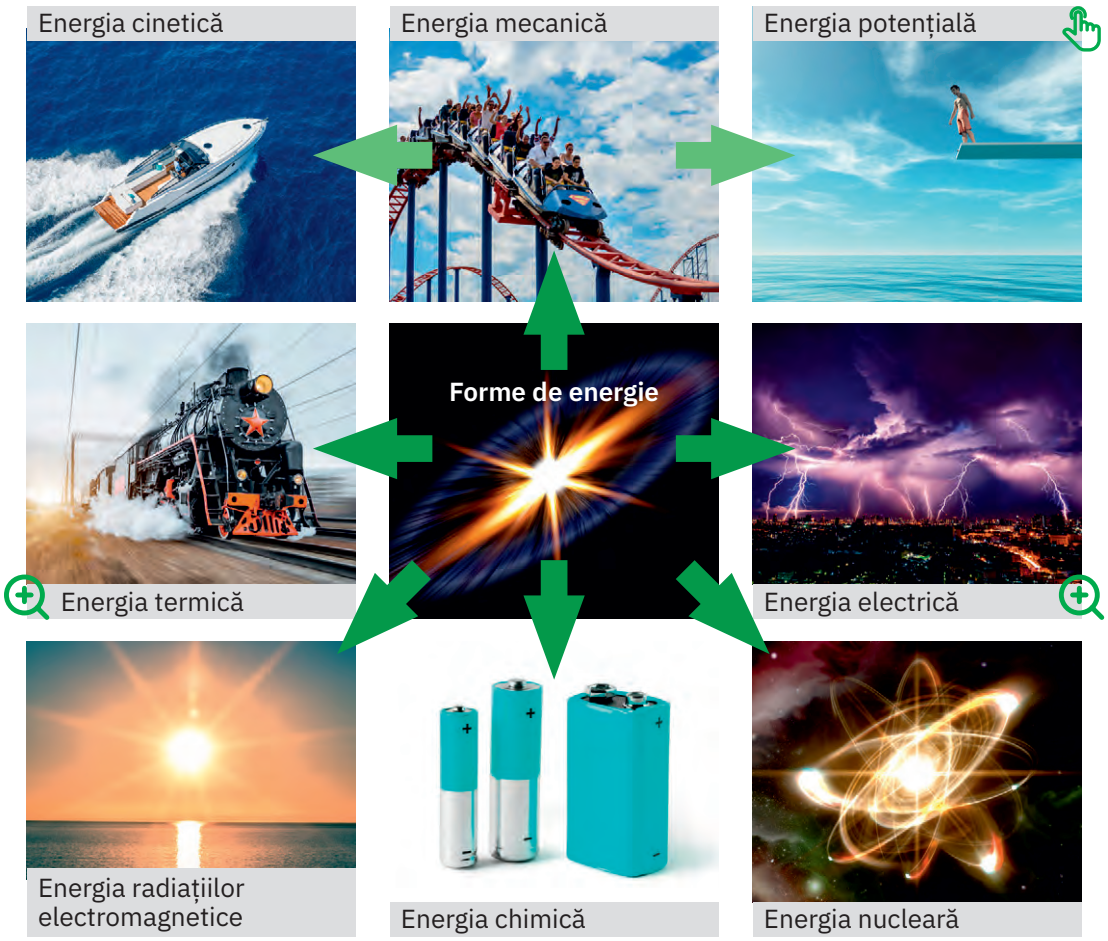
Soarele este steaua aflată în centrul sistemului nostru solar; masa acestuia reprezintă 99,86% din masa întregului Sistem Solar.

- În Soare au loc reacții de fuziune nucleară, care duc la degajarea de căldură și lumină.
- Majoritatea radiațiilor solare se află în spectrul luminii ultraviolete, vizibile și infraroșii.
- Lumina solară este necesară la fotosinteza plantelor.
- Căldura, sub formă de radiație infraroșie, creează pe Pământ temperatura necesară vieții și asigură energia necesară circulației oceanice și atmosferice.
- O mare parte dintre radiațiile nocive, ultraviolete, sunt absorbite de stratul de ozon din atmosfera Pământului. Restul de radiații electromagnetice ajung până la suprafața Pământului și pot provoca arsuri grave de piele, cataracte și chiar cancer.
- Soarele, privit din afara atmosferei, are culoarea alb-argintie. Din cauza fenomenelor optice care au loc în atmosfera Pământului, el pare roșu-gălbui.

Forme de energie

Observ

Energia este o mărime fizică ce exprimă capacitatea unui sistem fizic de a efectua lucru mecanic, atunci când are loc un proces prin care sistemul își schimbă starea. Când un sistem suferă o transformare, acestuia i se poate schimba starea de mișcare, termică, electrică, magnetică etc. În acest context, se poate vorbi despre forme de energie.
Observă diagrama de mai jos și remarcă formele de energie prezentate.



Concluzii

- Parcurgând traseul unui roller-coaster, vei avea parte de variații ale tipurilor de energie mecanică atât sub formă de energie cinetică, cât și sub formă de energie potențială gravitațională.
- Căldura rezultată prin arderea unor combustibili rezultă din variația energiei termice și stă la baza funcționării oricărui motor termic, cum ar fi: motorul cu aburi, motorul cu ardere internă, turbina cu gaze (care se întâlnește la motorul avioanelor), motorul-rachetă.
- Fulgerele sunt descărcări electrice frecvente în atmosfera terestră, care reprezintă o formă de energie electrică; existența oricărui curent electric într-un mediu conductor determină procese de transformare a energiei electrice în alte forme de energie.
- Reacțiile nucleare sunt reacții din care rezultă o cantitate mare de energie în raport cu energia necesară declanșării lor. Reactoarele nucleare de fisiune din centralele electrice sunt instalații complexe, unde energia nucleară rezultată este convertită în energie electrică.
- Radiațiile electromagnetice emise de Soare transportă o cantitate imensă de energie.
- Energia electrică se poate obține din energia chimică în cazul pilelor electrice. Acestea sunt elemente galvanice prin care se poate transforma energia chimică în energie electrică. Este posibil și procesul invers prin care energia electrică poate fi transformată în energie chimică, iar dispozitivul are rol, indirect, de acumulator de energie electrică.

Reţin

Energia mecanică reprezintă capacitatea unui corp, la un moment dat, de a efectua lucru mecanic și se regăsește sub formă de energie cinetică și energie potențială. *Energia cinetică* este o caracteristică a corpurilor aflate în mișcare și este numeric egală cu lucrul mecanic al unei forțe de tracțiune care aduce corpul din repaus la starea de mișcare corespunzătoare vitezei respective a acestuia. *Energia potențială* se datorează poziției corpului și este numeric egală cu lucrul mecanic al unui tip de forță necesar aducerii acestuia în poziția de referință.

Energia termică este energia corespunzătoare mișcării atomilor și moleculelor unui corp.

Energia electrică este energia corespunzătoare mișcării ordonate a sarcinilor electrice în corpuri conductoare electric.

Energia nucleară este energia eliberată într-o reacție nucleară fie datorată scindării unui nucleu greu în două nuclee cu mase mai mici (reacție nucleară de fisiune), fie datorată fuziunii a două nuclee ușoare (reacție nucleară de fuziune) pentru a forma un nucleu mai greu.

Energia radiațiilor electromagnetice este energia care se propagă sub formă de unde electromagnetice, cum ar fi lumina vizibilă. De exemplu, încălzirea alimentelor în cuptorul cu microunde se face pe seama energiei transportate de radiațiile electromagnetice din categoria microundelor.

Energia chimică este energia corespunzătoare asocierii atomilor în molecule sau în alte stări de agregare ale materiei; este o formă de energie potențială corespunzătoare proceselor de formare a legăturilor chimice.

Experimentez

1 Transformări ale energiei mecanice

Materiale necesare: un pix cu mecanism prevăzut cu resort elastic, o riglă gradată, o balanță, un aparat pentru înregistrare video sau un smartphone.

Modul de lucru

- Poziționează rigla gradată vertical, sprijinind-o, de exemplu, de un perete.
- Pornește înregistrarea video astfel încât aparatul să preia imagini ale planului vertical al riglei gradate.
- Reglează pixul pentru scriere, apasă-l vertical în jos, comprimând la maxim resortul și apoi eliberează-l (vezi imaginea 1).
- Determină, pe baza înregistrării video, înălțimea la care urcă centrul de greutate al pixului.
- Determină, cu balanța, masa acestuia.

Concluzie

Energia potențială de deformare elastică a resortului comprimat se transformă, practic, în energie cinetică, iar apoi în energie potențiala gravitațională a pixului, al cărui centru de greutate este propulsat la o înălțime maximă.

2 Motorul termic

Materiale necesare: o folie de staniol sau un carton subțire impermeabil, o țeavă de cupru, o lumânare, un vas cu apă.

Modul de lucru

- Confecționează din materialul impermeabil o mică barcă.
- Modelează țeava de cupru ca o serpentină și fixeaz-o în barcă precum în imaginea 2.
- Aprinde lumânarea și poziționeaz-o sub serpentină.
- Așază barca astfel încât să plutească într-un vas cu apă și remarcă, după scurt timp, propulsia acesteia datorită fluxului de apă care circulă prin țeavă.

Concluzie

Energia termică rezultată prin arderea lumânării încălzește partea inferioară a serpentinei mult mai mult decât partea superioară. În acest fel, se creează o diferență de temperatură între fluidul din ramura inferioară a conductei în raport cu cel din ramura superioară. Acest fapt determină o circulație a fluidului în interiorul țevii. Energia termică este transformată astfel în energie mecanică.

ȘTIAI CĂ?

Fuziunea nucleară este un proces foarte răspândit în Univers care se petrece permanent în stele, deci şi în Soarele din sistemul nostru solar. În Soare, nucleele de hidrogen se unesc două câte două, dând naștere heliului şi eliberând, cu acest prilej, mari cantități de energie.
În stele, temperaturile ajung la milioane de grade. Elementele există aici într-o stare de agregare denumită plasmă, care reprezintă un amestec de nuclee şi electroni, adică particule ionizate, încărcate electric.

1



2



ȘTIAI CĂ?

Tipuri de centrale electrice



După felul energiei primare care este convertită în energie electrică, centralele se împart în:

- termocentrale, care convertesc energia termică obținută prin arderea combustibililor fosili. La rândul lor, acestea pot fi centrale termoelectrice (CTE), care produc în special energie electrică, căldura fiind un produs secundar, și centrale electrice de termoficare (CT), care produc atât energie electrică, cât și căldură;
- centrale nuclearo-electrice (CNE), care convertesc energia termică obținută prin fisiune nucleară în energie electrică;
- centrale geotermale, care convertesc energia geotermală în energie electrică;
- centrale hidroelectrice (CHE), care convertesc energia hidraulică (de tip mecanic);
- centrale solare, care convertesc energia solară;
- centrale mareomotrice, care convertesc energia valurilor și a mareelor (de tip mecanic);
- centrale eoliene, care convertesc energia vântului (de tip mecanic).

3 Motorul electric

Materiale necesare: o baterie electrică de tip AA, un magnet din neodim, un conductor de cupru.

Modul de lucru

- Poziționează bateria deasupra magnetului, cu borna pozitivă în sus.
- Confecționează, din conductorul de cupru, un cadru de forma celui din imaginea 3, astfel încât inelul din partea de jos să înconjoare magnetul și să aibă contact cu acesta, iar punctul principal de sprijin al cadrului să fie borna (+) a bateriei.
- Imprimă cadrului un mic impuls de rotație și observă ce se întâmplă.

Concluzie

Energia electrică corespunzătoare curentului electric din cadru este transformată în energie mecanică a cadrului, care se rotește.

3



4 Transformarea energiei electromagnetice în energie termică

Materiale necesare: o lentilă convergentă, un fascicul de lumină solară.

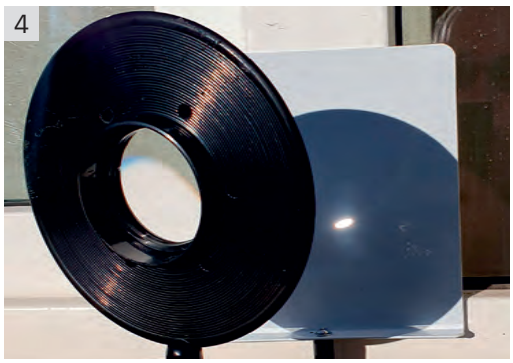
Modul de lucru

- Poziționează lentila astfel încât să concentrezi, în focarul ei, fasciculul de lumină paralelă, format din razele soarelui.
- Poziționează-ți una dintre palme în planul focal al lentilei astfel încât să observi, în palmă, cea mai mică pată de lumină (la fel cum se remarcă, în imaginea 4, pe ecran).
- Remarcă, după un timp, încălzirea palmei.

Concluzie

Energia radiației electromagnetice (a luminii) care provine de la Soare se transformă, ca urmare a interacțiunii cu atomii palmei, în energie termică.

4



5 Transformarea energiei chimice în energie electrică

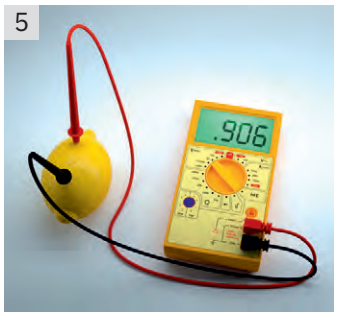
Materiale necesare: un instrument de măsură de tip voltmetru, conductoarele de legătură ale instrumentului (din metale diferite – cupru și zinc), o lămâie.

Modul de lucru: Realizează un circuit similar celui din imaginea 5 și observă tensiunea electrică indicată.

Concluzie

Energia electrică a fost obținută prin transformarea energiei chimice.

5



Reține

- Energia se regăsește uzual în forme diferite: mecanică, termică, electrică, a radiațiilor electromagnetice, chimică.
- Este posibilă transformarea energiei dintr-o formă în alta, fie în scopul utilizării convenabile, fie în scopul conservării acesteia, pentru o anumită perioadă de timp.

Aplic

Pentru fiecare dintre experimentele de mai sus, încearcă să explici, pe baza celor învățate la fizică, funcționarea dispozitivelor respective și transformările de energie care au loc.

Surse de energie

Observ

Sursele de energie depind, în sens fizic și tehnic, de tehnologiile folosite pentru obținerea diferitelor forme de energie. Aceste tehnologii sunt importante atât din punctul de vedere al posibilității producerii de energie în cantități mari pe termen lung, cât și din punctul de vedere al poluării mediului înconjurător.

Observă imaginile următoare și remarcă sursele de energie, formele de energie produse și transformările energetice respective, apoi notează în caiet concluziile.

1 

2 

3 

Concluzii

- În imaginea 1 se observă barajul unei hidrocentrale care transformă energia potențială gravitațională a apei acumulate într-un baraj în energie electrică. Curgerea apei din baraj pune în mișcare rotoarele unor turbine electrice care transformă energia cinetică în energie electrică.
- În imaginea 2 se observă minicentrale eoliene, care transformă energia cinetică a curenților de aer în energie electrică.
- În imaginea 3 se observă rotoarele unor turbine care transformă energia cinetică a mareelor în energie electrică. Când apa înaintează spre țărm, este posibilă umplerea unor minibaraje din care apoi, la reflux, apa se scurge și astfel pune în funcțiune turbinele.

4 

5 

6 

- În imaginile 4 și 5 se observă o termocentrală, respectiv cărbunele prin arderea căruia se produce energia termică necesară în termocentrală. Căldura este transmisă unor cazane în care se produce abur sub presiune care, prin intermediul turbinelor, permite transformarea energiei termice în energie electrică. Există termocentrale care folosesc drept combustibil gazele naturale.

7 

- Imaginile 6 și 7 arată o centrală care funcționează pe baza energiei termale și un gheizer. Gheizerul este un izvor de apă termală care provine de la adâncimi mari, unde temperaturile sunt mult mai ridicate decât la suprafața Pământului. În cazul centralei, apa geotermală este pompată la suprafață, apoi, prin intermediul unor schimbătoare de căldură, se formează vapori care sunt utilizați ulterior în turbine, ca și în cazul centralelor termice clasice, și astfel se produce electricitate.
- În imaginea 8 se observă o multitudine de panouri solare, prin intermediul cărora energia solară (radiația electromagnetică vizibilă) este transformată în energie electrică. Un panou solar conține mai multe celule fotovoltaice (celule solare). Lumina care cade pe suprafața celulei interacționează cu unii dintre electronii atomilor, pe care îi „eliberează“ din atomii lor; aceștia devin electroni liberi

8 

ȘTIAI CĂ?

Energia mareelor

Energia mareelor este energia ce poate fi captată prin exploatarea energiei potențiale rezultate din deplasarea pe verticală a masei de apă sau a energiei cinetice datorate curenților de maree.

Pentru a se genera eficient energie electrică, este necesară o diferență minimă de 8 metri între nivelul apei la flux și nivelul apei la reflux și de un golf îngust sau estuar care să accentueze forța apei. Curentul puternic al mareelor pune în mișcare turbinele montate într-un baraj ridicat transversal în golf sau în estuar.

Sunt puține coaste care oferă astfel de condiții. Cea mai mare centrală bazată pe maree se află pe râul Rance, în Franța; această centrală produce majoritatea energiei consumate în Bretania și alte regiuni din Franța.

Energia geotermală

Sursa naturală de căldură provine de la o adâncime foarte mare, corespunzătoare stratului în care există magma, și este propulsată la suprafață prin intermediul izvoarelor subterane care circulă prin roca poroasă. Aburii și apa fierbinte sunt utilizați direct pentru încălzire. Aburii sunt folosiți pentru producerea de energie electrică în centrale geotermale. În Europa, principalul utilizator al acestei energii este Islanda, unde peste 45% din energie provine din resurse geotermale.

ȘTIAI CĂ?

Centrala nucleară de la Cernavodă

Este unica de acest fel din România.

În prezent funcționează unitățile I și II, care produc împreună circa 20% din necesarul de energie electrică al țării.

Planul inițial, datând de la începutul anilor 1980, prevedea construcția a cinci unități (reactori). Unitatea I a fost terminată în 1996, are o putere electrică instalată per unitate de 706 MW și produce anual circa 5 TWh. Unitatea II a fost conectată la sistemul energetic național și funcționează la parametrii nominali din luna septembrie 2007.

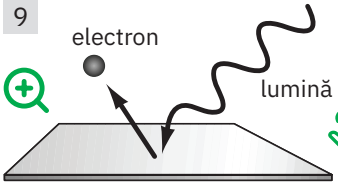
Reactorii nucleari de la Cernavodă utilizează tehnologia canadiană cunoscută sub acronimul CANDU (**CAN**ada **D**euterium **U**ranium), în care apa grea este folosită drept moderator.

Reactorul CANDU consumă uraniu natural, utilizând apă grea de puritate nucleară (conținut izotopic peste 99,75% D_2O) ca moderator și agent de răcire, în două sisteme independente, separate și care formează un circuit închis.

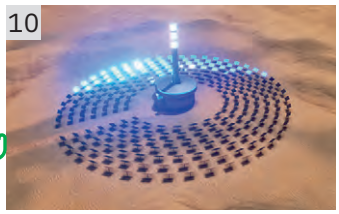
În cele patru generatoare de abur, căldura din circuitul primar este preluată de apa ușoară din circuitul secundar, prin transformarea în abur saturat. Acesta se destinde în turbina formată dintr-un corp de medie presiune și trei corpuri de joasă presiune, producând energia mecanică necesară acționării generatorului electric.

La ieșirea din turbină, prin extragerea căldurii reziduale cu ajutorul apei de răcire preluate din Dunăre, aburul este condensat, după care circuitul se reia.

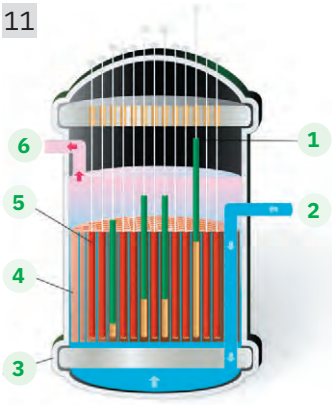
9



10



11



1 bare de control al neutronilor
2 lichid de răcire
3 barieră de protecție împotriva radiațiilor
4 moderator
5 combustibil nuclear
6 lichid de răcire

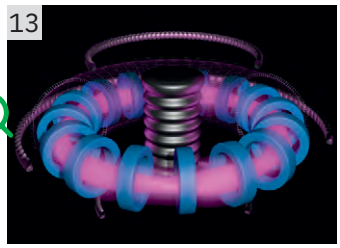
care pot forma un curent electric. Fenomenul fizic prin care electronii sunt „scoși" din atomii lor este cunoscut sub numele de efect fotoelectric (imaginea 9). Pentru teoria efectului fotoelectric, cunoscutul fizician Albert Einstein a primit Premiul Nobel. Fenomenul este important și din punct de vedere teoretic, pentru că evidențiază aspecte în care lumina poate fi privită nu ca o undă (radiație electromagnetică), ci ca un fascicul de particule cunoscute sub numele de fotoni.

- Imaginea 10 arată o modalitate de transformare a energiei radiației luminoase direct în energie termică. Oglinzi, cu suprafață parabolică, focalizează lumina solară asupra unui cuptor în care, astfel, se înregistrează temperaturi foarte mari (cuptor solar).
- Imaginea 11 arată schema unui reactor nuclear de fisiune. Combustibilul folosit este, de regulă, format din bare de uraniu în care, datorită unor reacții în lanț (reacții nucleare de fisiune), nucleul de uraniu, ciocnit de un neutron, este scindat în două nuclee mai mici. Prin acest proces se produce energie termică; aceasta este scoasă din reactor și transferată unui sistem precum cel de la termocentrale. În acest fel are loc conversia energiei nucleare în energie electrică.
- Imaginea 12 arată un reactor nuclear de fuziune, iar imaginea 13 – inelul în interiorul căruia se află plasmă, la temperaturi asemenea celor din Soare, și unde se produc reacțiile de fuziune. Combustibilul este format din nuclee ușoare de deuteriu, care sunt forțate să se unească (să fuzioneze) și care astfel dau naștere nucleelor de heliu. Procesul produce o cantitate mare de energie termică.

12



13



Reține

- Există, în natură, *surse directe de energie* cum ar fi: energia mecanică a cursurilor de apă, a mareelor, a valurilor, a vântului, energia termică transportată de apa care provine de la adâncime mare, energia solară. Toate aceste forme de energie naturală pot fi transformate în energie electrică și sunt, practic, nepoluante.
- Energia termică se poate obține, la scară industrială, prin procese suferite de combustibili (de exemplu, arderea combustibililor fosili) sau prin conversia energiei nucleare. Aceste *surse indirecte de energie* sunt mai mult sau mai puțin poluante.

Aplic

Scrie un eseu scurt în care să identifici sursele de energie folosite în țara noastră, modul de utilizare a acestora, gradul de utilizare, instalațiile prin care se realizează conversia energiei. Folosește surse de informare precum site-urile de pe internet sau cărți pe care le găsești la biblioteca școlii.

Transformarea și conservarea energiei în diferite sisteme

Observ

Observă imaginile alăturate, identifică sistemele ilustrate, remarcă sursele de energie, formele de energie produse, transformările energetice respective și diferite utilizări ale acestora. Discută cu colegii și cu profesorul despre acestea, apoi formulează concluzii.

Concluzii

- În imaginea 1 se observă stația spațială internațională orbitând în jurul Pământului și panourile solare ale acesteia; prin intermediul acestora, energia solară este transformată în energia electrică necesară propulsiei navei (corecții ale orbitei, de exemplu), climatizării interiorului, purificării aerului, producerii apei etc. Energia luminoasă este transformată în energie electrică și apoi în energie mecanică, termică, chimică, luminoasă etc.
- În imaginea 2 se observă o casă a cărei energie electrică se obține atât cu ajutorul panourilor solare, cât și prin intermediul minicentralelor eoliene. În funcție de dispozitivele existente în casă, energia luminoasă/mecanică este transformată în energie electrică și apoi în energie mecanică, termică, luminoasă etc.
- În imaginea 3 se observă o pompă de căldură. Pompa de căldură este o instalație care, consumând energie, transferă căldură de la un mediu cu temperatură joasă, la un alt mediu cu temperatură mai ridicată. Aceste instalații se folosesc, în general, pentru încălzirea locuințelor.
- În imaginea 4, se observă o hartă cu circulația curentului oceanic Gulf Stream (Curentul Golfului); acesta este un curent oceanic cald, care are originea în Golful Mexic. Energia mecanică corespunzătoare curentului de apă se obține prin schimb de căldură.
- Imaginea 5, furnizată de NASA, arată curenții de aer ai uraganelor Irma, Jose și Katia din Marea Caraibelor și Oceanul Atlantic. Uraganul se formează când aerul cald și umed de deasupra apei întâlnește un front de aer rece; astfel, are loc un schimb de energie sub formă de căldură și lucru mecanic.
- Imaginea 6 este o schemă a procesului de fotosinteză. Fotosinteza este procesul de fixare a dioxidului de carbon din atmosferă de către plantele verzi, în prezența radiațiilor solare, cu eliminare de oxigen și formare de compuși organici (glucide, lipide, proteine).

Reține

- Întreținerea vieții în ecosisteme și la nivelul microclimatelor corespunzătoare locuințelor sau instalațiilor spațiale necesită atât existența a diferite forme de energie, cât și schimbul de energie dintre diferitele sisteme fizice aflate în legătură.
- *Energia verde* este un termen care se referă la surse de energie regenerabilă și nepoluantă. Este importantă folosirea surselor de energie verde pentru diminuarea unor efecte negative, precum încălzirea globală.

Aplic

Scrie un eseu scurt, în care să analizezi, din punct de vedere al formelor de energie și al transformărilor acestora, funcționarea unor microclimate cum au fost cele prezentate anterior. Folosește diverse surse de documentare și precizează-le în referat.

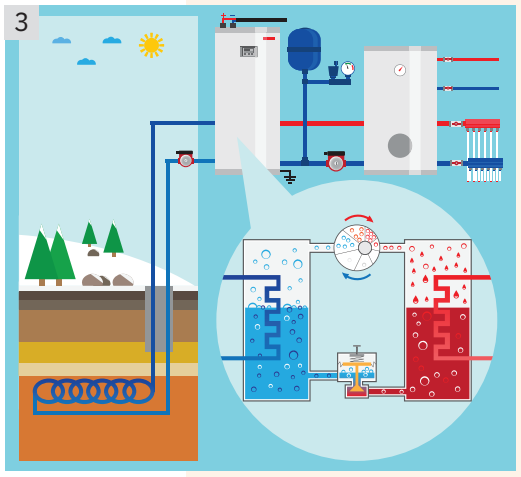
1



2



3



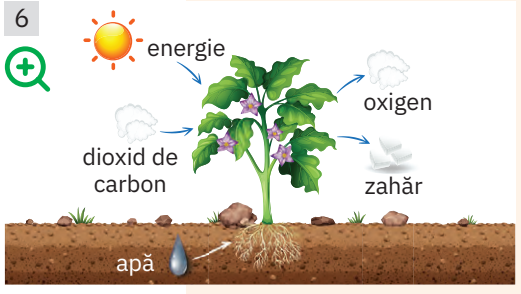
4



5



6



Fizică aplicată

ȘTIAI CĂ?

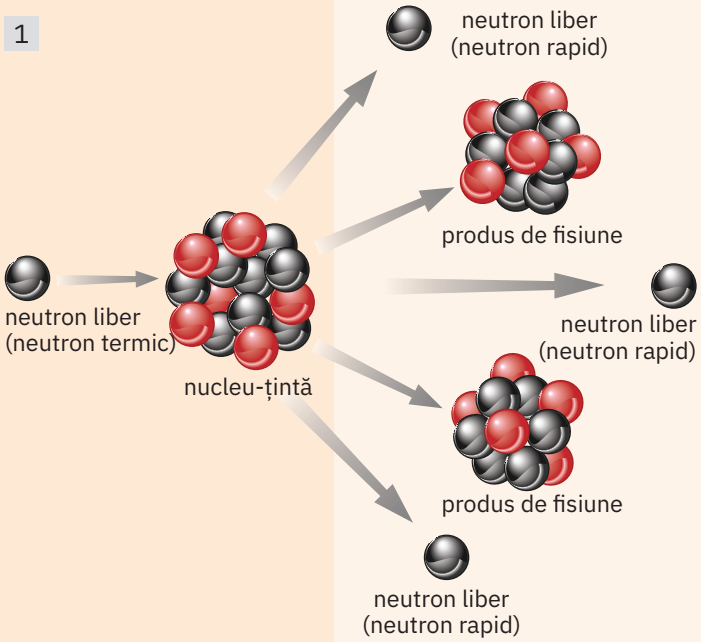
Principiul I al termodinamicii reprezintă legea conservării energiei în procesele în care are loc mișcare termică, cum ar fi, de exemplu, mișcarea browniană. Enunțul său poate fi scris $\Delta U = Q - L$, unde ΔU reprezintă variația unei mărimi fizice numite energie internă, care reprezintă suma tuturor formelor de energie ale constituenților unui sistem fizic, cum ar fi atomii şi moleculele.

Reacții nucleare și producerea energiei nucleare

Reacțiile nucleare sunt reacții care se datorează interacțiunii (ciocnirii) directe a două nuclee sau interacțiunii directe dintre o particulă elementară, cum ar fi un nucleon, și un nucleu. Rezultatele acestor reacții pot fi producerea de nuclee noi și producerea de energie, cunoscută sub numele de energie nucleară.

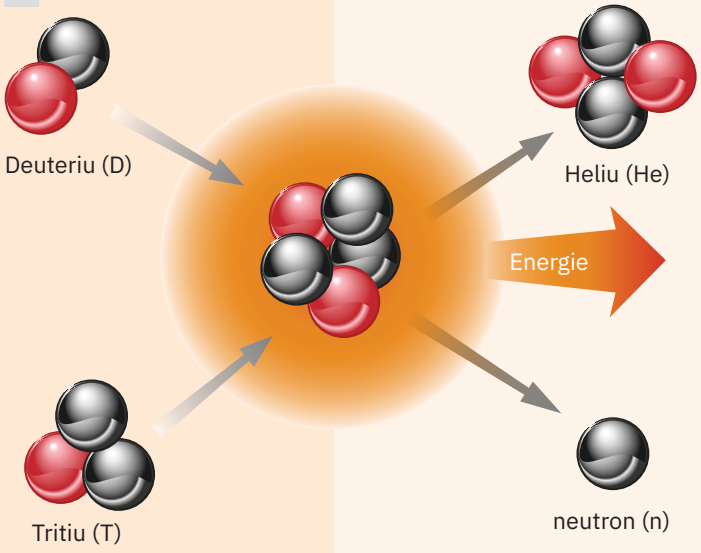
Din punct de vedere al producerii energiei nucleare, cea mai cunoscută reacție nucleară este reacția de **fisiune**. Această reacție are loc ca urmare a ciocnirii unui nucleu greu de către un neutron cu energie cinetică mică, numit și neutron termic. Neutronul termic este capturat de către nucleu, care se rupe în două nuclee cu masă mai mică. Efectele secundare ale unei astfel de interacțiuni constau în expulzarea surplusului de neutroni, sub formă de neutroni cu energie cinetică mare (neutroni rapizi) și producerea de radiații γ. Interacțiunea acestora cu mediul în care se află combustibilul nuclear determină producerea de energie termică; aceasta este cunoscută, în mod uzual, sub numele de *energie nucleară*.

1



În figura 1 este prezentată schematic o astfel de reacție, care are loc în reactoarele centralelor nucleare. Aceasta poate fi scrisă astfel: ${}^{1}_{0}n_{termic} + {}^{235}_{92}U \rightarrow {}^{236}_{92}U^{*} \rightarrow {}^{144}_{56}Ba + {}^{89}_{36}Kr + 3{}^{1}_{0}n_{rapid}$. Într-un reactor nuclear de fisiune, neutronii rapizi sunt încetiniți prin interacțiunea cu un mediu numit *moderator*. Rezultatul constă în producerea de energie termică și în multiplicarea reacțiilor de fisiune (producerea în lanț); moderatorul poate fi apa grea (D_2O). Pentru a nu se ajunge la o explozie nucleară, produsă de reacțiile în lanț, o parte dintre neutronii rezultați sunt absorbiți cu ajutorul unor bare de control din cadmiu.

2



O altă reacție nucleară importantă pentru producerea de energie este reacția de **fuziune**. Este reacția prin care două nuclee ușoare interacționează pentru a forma un nucleu mai greu; procesul putând fi însoțit de producerea de energie și de particule precum neutroni, nuclee de heliu etc. (vezi figura 2).

Datorită faptului că nucleele care fuzionează sunt încărcate electric, reacția de fuziune nucleară poate avea loc numai atunci când cele două nuclee au energie cinetică suficientă pentru a învinge forțele de respingere electrică. Această condiție presupune temperaturi extrem de ridicate, dacă reacția are loc prin realizarea stării de plasmă; în această situație, reacția de fuziune mai este cunoscută și sub numele de reacție termonucleară. De exemplu, pentru ca reacția să aibă loc, temperatura plasmei trebuie să fie de ordinul 10^8 °C, iar densitatea de particule de ordinul 10^{20} particule pe metru cub. Reacțiile de fuziune constituie, în același timp, sursa de energie a stelelor. Pentru o stea de mărimea Soarelui, principala reacție este fuziunea a două nuclee de hidrogen: ${}^{1}_{1}H + {}^{1}_{1}H \rightarrow {}^{2}_{1}D + e^{+} + \nu_e$. Pe lângă energia degajată, rezultă două particule, cunoscute sub numele de *pozitron* și *neutrino*. Fuziunea termonucleară ar putea deveni o sursă de energie practic nelimitată (și ecologică) atunci când reactorii de fuziune (care în prezent se află în fază experimentală) vor deveni viabili din punct de vedere tehnologic și economic.

Probleme rezolvate

1 Energia mecanică și echilibrul mecanic al lichidelor nemiscibile

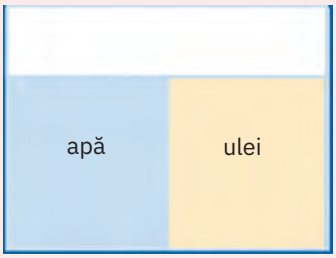


Prin definiție, două lichide nemiscibile, cum ar fi apa și uleiul, sunt lichide care nu se amestecă. Atunci când se află în același vas, în starea corespunzătoare echilibrului mecanic, stratul de ulei se va afla deasupra stratului de apă (vezi imaginea alăturată).

Argumentează starea de echilibru mecanic a situației descrise, analizând stabilitatea stărilor de echilibru mecanic.

Rezolvare

Orice sistem mecanic aflat sub acțiunea forței de greutate va tinde către starea de echilibru mecanic, în care energia potențială a acestuia are valoarea cea mai mică. În acest context, se pot compara trei configurații posibile de echilibru ale apei și uleiului din vas. Fie h înălțimea straturilor de ulei și apă din vas; se consideră că volumele de apă și ulei sunt egale. Schimbarea poziției lichidelor nu afectează volumul acestora (volumul se conservă). Considerând nivelul zero de energie potențială gravitațională ca fiind fundul vasului, am putea avea următoarele situații:



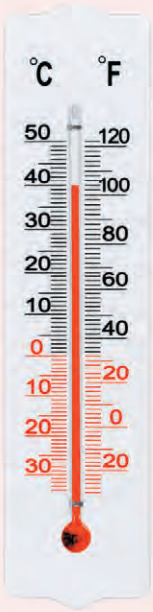
1 Uleiul se află deasupra apei: $E_{pg} = \left(\frac{3}{4}\rho_{ulei} + \frac{1}{4}\rho_{apa}\right)Vgh$.

2 Uleiul și apa se află ca în figura alăturată: $E_{pg} = \left(\frac{1}{2}\rho_{ulei} + \frac{1}{2}\rho_{apa}\right)Vgh$.

3 Apa se află deasupra uleiului: $E_{pg} = \left(\frac{1}{4}\rho_{ulei} + \frac{3}{4}\rho_{apa}\right)Vgh$.

Cum $\rho_{apă} > \rho_{ulei}$, comparând energiile potențiale gravitaționale, ajungem la concluzia descrisă în enunț.

2 Termometrul cu lichid



Majoritatea termometrelor cu lichid, așa cum este și cel din imaginea alăturată, funcționează pe baza dilatării lichidului izolat într-un tub de sticlă. Un astfel de termometru poate fi folosit pentru măsurarea temperaturii fie în poziție verticală, fie în poziție orizontală. Folosind considerente legate de conservarea energiei mecanice în procesele mecanice și termice, precizează și argumentează dacă poate fi înregistrată o diferență între valorile temperaturii indicate de instrument în cele două ipostaze de funcționare.

Rezolvare

Fie cazul în care temperatura inițială a lichidului termometric este mai mică decât temperatura mediului înconjurător (care trebuie măsurată).

Lichidul termometric primește aceeași căldură Q atât în poziție orizontală, cât și în poziție verticală; aceasta depinde doar de căldura specifică a lichidului, de masa acestuia și de variația de temperatură. Căldura primită de lichidul termometric se obține astfel:

a în poziția orizontală: din variația energiei necesare modificării temperaturii și lucrul mecanic necesar dilatării, $Q = \Delta U_{orizontal} + L_{orizontal}$;

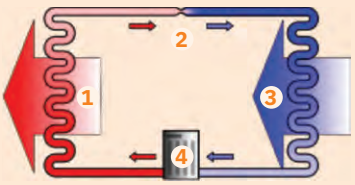
b în poziția verticală: din variația energiei necesare modificării temperaturii, lucrul mecanic necesar dilatării și lucrul mecanic efectuat împotriva greutății, $Q = \Delta U_{vertical} + L_{vertical} + |L_G|$.

Cum variația de temperatură a lichidului este aceeași în ambele situații, rezultă $L_{orizontal} > L_{vertical}$, adică termometrul va indica în acest caz o temperatură mai mică.

ȘTIAI CĂ?

Pompe de căldură cu agent frigorific

Cele mai întâlnite pompe de căldură funcționează prin exploatarea proprietăților fizice ale unui fluid cunoscut sub denumirea de „agent frigorific“. Fluidul de lucru, în stare gazoasă, este comprimat și făcut să circule în sistem prin intermediul unui compresor. La ieșirea din compresor, gazul fierbinte și cu presiune mare este răcit într-un schimbător de căldură numit „condensator“, până când devine lichid (aflat la o presiune mare și o temperatură moderată). Agentul frigorific trece apoi printr-un dispozitiv de scădere a presiunii, cu o supapă de expansiune, un tub capilar sau, eventual, un dispozitiv extractor de lucru mecanic, cum ar fi o turbină. După acest dispozitiv, lichidul refrigerant, aflat acum într-o stare quasi-lichidă, trece printr-un alt schimbător de căldură numit „evaporator“, în care agentul refrigerant absoarbe căldură schimbându-și starea de agregare. Fluidul revine astfel la compresor și ciclul se repetă. În figura de mai jos este ilustrată, schematic, instalația descrisă anterior.



1 condensator
2 supapă de expansiune
3 evaporator
4 compresor

Probleme propuse

1 Completează fiecare spațiu punctat astfel încât afirmațiile să fie corecte din punct de vedere fizic.

a Energia mecanică se întâlnește în natură sub formă de ..... și de ..... .
b Energia acumulată într-o baterie electrică este sub formă de energie ..... .
c Moleculele unui gaz se află în ..... la temperatura de zero absolut, iar energia termică a gazului este ..... .
d Frigiderul este mașina termică ce transformă lucrul mecanic în căldură și folosește ca sursă de energie energia ..... .
e Procesul de ....., întâlnit la plante, folosește ca sursă de energie energia ..... .
f Energia electrică se poate obține din energie ....., energie ....., energie ....., energie ....., energie ..... .

2 Un meteorit este un corp de proveniență extraterestră, ajuns pe suprafața Pământului ca urmare a arderii incomplete în atmosferă. Să luăm în considerare un astfel de corp ca fiind o rocă de mici dimensiuni. Ținând cont de interacțiunea corpului cu aerul atmosferic și cu suprafața Pământului, precizează formele de energie care apar și transformările energetice prin care trece meteoritul, de la intrarea în atmosferă până când ajunge pe suprafața Pământului.



3 Motorul termic al unui autoturism își bazează funcționarea pe arderea unui combustibil, precum benzina, și pe procesele fizice pe care le suferă un gaz izolat într-un cilindru cu piston. Precizează care sunt formele prin care gazul respectiv schimbă energie cu mediul exterior. Argumentează, apoi, de ce randamentul termic al motorului nu poate fi de 100%.

4 Un circuit electric este format dintr-o baterie electrică și un bec electric cu incandescență, care este conectat la bornele bateriei prin intermediul a două cabluri electrice. Precizează care sunt formele de energie și transformările energetice corespunzătoare circuitului electric închis.

5 Focalizând, cu ajutorul unei lupe, lumina solară asupra unui corp, acesta se încălzește. Precizează care sunt formele de energie și transformările energetice corespunzătoare procesului fizic descris. Argumentează de ce randamentul procesului nu este de 100%.

6 Pregătirea hranei, iluminatul, încălzirea/răcirea și ventilația aerului sunt procese uzuale pentru o locuință. Analizând, în contextul evidențiat anterior, ce se întâmplă în locuința ta, precizează care sunt formele de energie și transformările energetice prezente.

7 Având în vedere că locuiești în emisfera nordică, cum crezi că ar fi mai eficient să fie poziționată o casă pentru a beneficia cât mai eficient de energia solară? Argumentează răspunsul.

8 Două bile metalice, identice și care au aceeași temperatură, se află poziționate la aceeași înălțime. Una dintre ele este supendată de un fir, iar cealaltă este așezată pe un suport orizontal. Bilele se încălzesc astfel încât, în același timp, primesc aceeași căldură Q. Compară temperaturile finale ale celor două bile.

9 Un fulger este o descărcare electrică în timpul căreia se produce o cantitate mare de energie electrică. Fie o descărcare electrică de lungime $\ell = 1$ km și care durează aproximativ $\Delta t = 10^{-4}$ s. Se cunoaște faptul că intensitatea electrică medie a curentului dintr-o descărcare electrică este de aproximativ $I = 2 \cdot 10^5$ A, iar pentru străpungerea unui metru de aer uscat (ionizare) este necesară o diferență de potențial de $\Delta V = 3 \cdot 10^6$ V. Determină energia electrică W produsă de fulger.

Test

1 Ceasornicul mecanic portabil are un mecanism prin intermediul căruia se produce energia cinetică necesară rotirii acelor ceasornicului. Precizează care este transformarea de energie care face mecanismul să funcționeze.

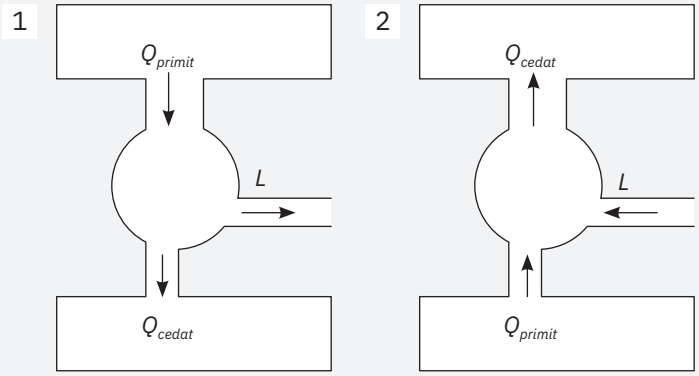
2 Citește enunțul și alege răspunsul corect.
În mod uzual, energia care ajunge pe Pământ prin intermediul luminii solare poate fi transformată direct în:
a energie mecanică;
b energie electrică;
c energie termică;
d energie nucleară.

3 Numește un dispozitiv, foarte folosit în viața de zi cu zi, prin care energia electrică este transformată în energie chimică.

4 În fiecare locuință există un panou de distribuție a energiei electrice, care conține un contor pentru măsurarea energiei și siguranțe electrice.
a Pe una dintre siguranțele electrice, se află înscrisă valoarea de 10 A. Precizează, pe scurt, ce rol au siguranțele electrice și ce semnificație fizică are această valoare.
b Pe display-ul contorului electric este inscripționată valoarea 2 020 kWh. Exprimă, în jouli, energia electrică consumată în locuință de la montarea contorului.

5 Un circuit electric simplu conține o baterie electrică, cu caracteristicile 1,5 V, 1 550 mAh și un consumator a cărui rezistență electrică este de $2\,\Omega$.
a Determină puterea electrică a bateriei.
b Determină randamentul circuitului electric.

6 În imaginile care urmează sunt reprezentate, schematic, două mașini termice.



a Precizează, pentru fiecare figură, tipul de mașină termică.
b Determină randamentul termic corespunzător procesului ciclic care are loc în cilindrul cu piston al unui motor termic, dacă Q_{cedat} = 8000 J, iar Q_{primit} = 3600 J. Notațiile sunt cele consacrate.

Punctaje:
1 10 puncte
2 10 puncte
3 10 puncte
4 20 de puncte
5 20 de puncte
6 20 de puncte

Se acordă 10 puncte din oficiu.
Timp de lucru: 50 de minute.

Autoevaluare

Completează în caiet următoarele afirmații:
- Din ce am învățat, cel mai important mi se pare ... .
- Cel mai mult mi-a plăcut activitatea ... .
- Cel mai dificil mi s-a părut ... .

Recapitulare finală

Unitatea 1 – Fenomene termice

Difuzia este fenomenul de pătrundere a moleculelor unui corp printre moleculele altui corp, fără intervenție exterioară.

Agitația termică reprezintă mișcarea spontană, continuă și complet dezordonată (haotică) a moleculelor unui corp aflat în orice stare de agregare.

Energia termică caracterizează gradul de agitație termică a particulelor într-o substanță și este egală cu energia medie a particulelor din substanța analizată.

Temperatura empirică este mărimea fizică fundamentală ce caracterizează starea de echilibru termic a unui corp; unitatea de măsură în Sistemul Internațional de unități este kelvinul (K).

Relațiile de legătură dintre temperaturile asociate unei stări de echilibru termic a unui corp exprimate în scara Kelvin, respectiv în scara Celsius: $T(\text{K}) = t(^\circ\text{C}) + 273{,}15 \cong$ $\cong t(^\circ\text{C}) + 273$.

Căldura (Q) este o formă a schimbului de energie între corpuri, datorată diferențelor de temperatură sau datorată schimbării stării de agregare a corpurilor; unitatea de măsură este joulul ($[Q]_{SI} = \text{J}$). Căldura poate fi transferată de la un corp la altul prin: **conducție termică, convecție și radiație termică**.

Motorul termic este un sistem termodinamic care este acționat termic, prin arderea unui carburant și care efectuează lucru mecanic în anumite condiții. Motorul termic convertește doar o parte din căldura obținută din arderea combustibilului (Q_1) în lucru mecanic (L); restul este cedată sistemului de răcire (Q_2): $L = Q_1 - |Q_2|$.

Randamentul motorului termic este: $\eta = \frac{L}{Q_1} = \frac{Q_1 - |Q_2|}{Q_1}$; $\eta = 1$.

Capacitatea calorică a unui corp este numeric egală cu energia schimbată sub formă de căldură de un corp pentru a-și modifica temperatura cu un grad: $C = \frac{Q}{\Delta t}$; $[C]_{SI} = \frac{[Q]_{SI}}{[t]_{SI}} = \frac{\text{J}}{\text{K}}$. Capacitatea calorică este o constantă termică a corpului și nu a substanței din care este acesta făcut.

Căldura specifică a unei substanțe este numeric egală cu energia schimbată sub formă de căldură de unitatea de masă dintr-un corp din acea substanță, pentru a se modifica temperatura cu un grad: $c = \frac{Q}{m \cdot \Delta t}$; $[c]_{SI} = \frac{[Q]_{SI}}{[m]_{SI} \cdot [t]_{SI}} = \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$. Căldura specifică este o constantă de material.

Căldura latentă specifică (λ) reprezintă căldura latentă schimbată de unitatea de masă a unui corp pentru a-și modifica starea de agregare: $\lambda = \frac{Q}{m}$, $[\lambda]_{SI} = \frac{[Q]_{SI}}{[m]_{SI}} = \frac{\text{J}}{\text{kg}}$.

Puterea calorică a unui combustibil reprezintă căldura degajată la arderea unui kilogram: $q = \frac{Q}{m}$, $[q]_{SI} = \frac{[Q]_{SI}}{[m]_{SI}} = \frac{\text{J}}{\text{kg}}$.

Unitatea 2 – Fenomene electrice și magnetice

Legea lui Coulomb. Două corpuri electrizate, considerate punctiforme în raport cu distanța dintre ele, interacționează cu o forță direct proporțională cu produsul sarcinilor și invers proporțională cu pătratul distanței dintre ele: $F = k\frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$. Pentru vid, $k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9 \cdot 10^9\ \text{N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$, unde mărimea $\varepsilon_0 = 8{,}856 \cdot 10^{-12}\ \text{C}^2/\text{Nm}^2$ se numește permitivitate electrică absolută a vidului și este o constantă universală.

Tensiunea electrică între două puncte ale câmpului electric este egală cu lucrul mecanic necesar transportării unității de sarcină între acele puncte; se mai numește și diferență de potențial: $U_{AB} = \frac{L_{AB}}{q} = V_A - V_B$.

Potențialul câmpului electric creat de sarcina electrică Q la distanța r de sarcină este $V_A = \frac{L_{A0}}{q} = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r_A}$. În Sistemul Internațional de unități, tensiunea și potențialul electric se măsoară în volți (V).

Intensitatea curentului electric este o mărime fizică fundamentală egală cu sarcina care străbate o secțiune transversală a unui circuit în unitatea de timp: $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$; $[I]_{SI} = \frac{[\Delta Q]_{SI}}{[\Delta t]_{SI}} = 1\ \text{C/s} = 1\ \text{A}$.

Rezistența electrică este mărimea fizică ce arată cât de mult se opune un conductor la trecerea curentului electric: $R = \frac{U}{I}$. Unitatea de măsură este ohm, $1\ \Omega = \frac{1\ \text{V}}{1\ \text{A}}$.

Intensitatea curentului electric printr-un circuit simplu este direct proporțională cu tensiunea electromotoare a sursei și invers proporțională cu rezistența totală a circuitului: $I = \frac{E}{R + r}$.

Rezistența echivalentă a unei grupări în serie din n rezistori: $R_S = R_1 + R_2 + \ldots + R_n$.

Rezistența echivalentă a unei grupări în paralel din n rezistori: $\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \ldots + \frac{1}{R_n}$.

Parametrii sursei echivalente cu **o grupare în serie de generatoare electrice**: $E_S = E_1 + E_2 + \ldots + E_n$ și $r_S = r_1 + r_2 + \ldots + r_n$.

Parametrii sursei echivalente cu **o grupare în paralel de generatoare electrice**: $E_P = \dfrac{\frac{E_1}{r_1} + \frac{E_2}{r_2} + \ldots + \frac{E_n}{r_n}}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \ldots + \frac{1}{r_n}}$ și $\dfrac{1}{r_P} = \dfrac{1}{r_1} + \dfrac{1}{r_2} + \ldots + \dfrac{1}{r_n}$.

Legea lui Joule. Căldura disipată de o porțiune de circuit care are rezistența electrică R este direct proporțională cu pătratul intensității curentului care parcurge acea porțiune, cu rezistența ei și cu durata trecerii curentului electric: $Q = I^2 R \Delta t = UI\Delta t = \dfrac{U^2}{R}\Delta t$.

Inducția câmpului magnetic $\vec{B}$ este o mărime fizică vectorială care indică proprietățile câmpului magnetic. În interiorul unei bobine parcurse de curent electric, inducția câmpului magnetic este: $B = \mu \dfrac{N \cdot I}{\ell}$; unde N este numărul de spire al bobinei, I este intensitatea curentului electric ce parcurge spirele bobinei, ℓ este lungimea bobinei, iar μ este permeabilitatea magnetică ce caracterizează proprietățile magnetice ale mediului. Unitatea de măsură este: $[B]_{SI}$ = T (tesla).

Forța electromagnetică este rezultatul interacțiunii dintre un câmp magnetic și un conductor parcurs de curent electric aflat în acel câmp; are direcția perpendiculară pe planul determinat de direcția curentului electric și vectorul inducție magnetică $\vec{B}$. Sensul se poate determina cu regula lui Flemming, cunoscută și sub numele de regula mâinii stângi. Modulul forței este $F = I \cdot \ell \cdot B \cdot \sin \alpha$, unde ℓ este lungimea conductorului aflat în câmp magnetic, iar α este unghiul făcut de vectorul inducție magnetică cu orientarea curentului electric (direcție și sens).

Unitatea 3 – Fenomene optice

O rază de lumină reprezintă un model fizic asociat drumului parcurs de lumină printr-un mediu. În aproximația opticii geometrice, raza de lumină are practic o grosime neglijabilă în raport cu dimensiunea obiectelor întâlnite.

Fasciculul de lumină reprezintă un ansamblu de raze învecinate, care suferă simultan aceleași fenomene fizice.

Principiul liniarității razelor de lumină. Razele de lumină ce se propagă printr-un mediu omogen și izotrop sunt rectilinii.

Principiul reversibilității razelor de lumină. O rază de lumină se propagă între două puncte pe aceeași traiectorie, indiferent de sensul de propagare al luminii.

Principiul independenței propagării razelor de lumină. În cadrul opticii geometrice, razele de lumină care se întâlnesc într-un punct nu se influențează reciproc, păstrându-și fiecare direcția inițială de propagare.

Imaginea unui obiect formată de o oglindă plană este virtuală, egală cu obiectul și este simetrică față de oglindă, în raport cu obiectul.

Legile refracției

1. Raza de lumină incidentă pe suprafața de separație dintre două medii transparente, normala la această suprafață și raza de lumină refractată se află în același plan (sunt coplanare).
2. Produsul dintre indicele de refracție al mediului incident (n_1) și sinusul unghiului de incidență (sin i) este egal cu produsul dintre indicele de refracție al mediului de refracție (n_2) și sinusul unghiului de refracție (sin r): $n_1 \cdot \sin i = n_2 \cdot \sin r$.
3. Caz particular. Dacă lumina trece dintr-un mediu cu indice de refracție mic (n_1) într-un mediu cu indice de refracție mare ($n_2 > n_1$), pentru cazul de refracție limită $i = 90°$, se obține $\sin \ell = \dfrac{n_1}{n_2} < 1$.

Lentila este un dispozitiv optic format dintr-un mediu transparent, delimitat de exterior prin două suprafețe dintre care cel puțin una este curbată.

Lentila subțire este lentila care are grosimea mult mai mică decât razele de curbură ale suprafețelor de separație cu mediul exterior.

Lentila convergentă este lentila care transformă un fascicul de lumină paralel într-un fascicul de lumină convergent.

Lentila divergentă este o lentilă care transformă un fascicul de lumină paralel într-un fascicul de lumină divergent.

Raze de lumină utilizate pentru construcția geometrică a imaginilor prin lentile subțiri

a. Raza de lumină ce trece pe direcția focarului obiect al lentilei (F_1), după traversarea lentilei, va avea traiectoria paralelă cu axul optic principal al lentilei.
b. Raza de lumină ce trece prin centrul optic al lentilei traversează lentila nedeviată.
c. Raza de lumină paralelă cu axul optic principal al lentilei, după ce traversează lentila, va avea direcția ce trece prin focarul imagine al lentilei (F_2).

Prima formulă fundamentală a lentilelor subțiri: $\dfrac{1}{x_2} - \dfrac{1}{x_1} = \dfrac{1}{f}$, unde f este **distanța focală a lentilei subțiri.** Această formulă se mai numește și **formula punctelor conjugate.**

A doua formulă fundamentală a lentilelor subțiri: $\beta = \dfrac{x_2}{x_1} = \dfrac{y_2}{y_1}$, unde β se numește **mărire liniară transversală.**

Ochiul este un sistem optic echivalent cu o lentilă convergentă, ce are distanța focală variabilă; centrul optic se află între cristalin și retină, la o distanță de aproximativ 17 mm față de retină. Un ochi normal formează imagini clare pentru obiecte aflate la o distanță cuprinsă în intervalul de valori: $D \in [0{,}25\ \text{m}; \infty]$.

ȘTIAI CĂ?

Bismutul este un element chimic cu simbolul **Bi** și numărul atomic 83. Este un metal moale și fragil, de culoare alb-argintie, când este proaspăt produs; oxidează la suprafață și poate avea o tentă de roz sau galben. Dintre metale, bismutul are una dintre cele mai scăzute valori ale conductivității termice. Majoritatea substanțelor se contractă în urma solidificării, dar bismutul are proprietatea neobișnuită de a se dilata pe măsură ce se solidifică. Datorită acestei proprietăți, bismutul este utilizat pentru realizarea de litere în tipografie. Astfel, este topit un aliaj cu bismut și este turnat în forme (litere, cifre etc.). Bismutul are o toxicitate neobișnuit de scăzută pentru un metal greu. Deoarece toxicitatea plumbului a devenit evidentă în ultimii ani, aliajele de bismut sunt folosite din ce în ce mai des, în detrimentul aliajelor cu plumb.
Principala utilizare a bismutului este în formarea de aliaje cu puncte de topire scăzute. Bismutul se topește în condiții normale la 271,5 °C; unele aliaje au temperatura de topire la 70 °C. Bismutul și compușii săi sunt utilizați în multe domenii, de exemplu, în produse cosmetice, pigmenți, vopsele metalice sau produse farmaceutice.



Probleme recapitulative rezolvate

1 Utilizarea energiei solare





Un tumul (gorgan) este o movilă de pământ sau de piatră, de formă conică sau piramidală, ridicată din vremuri antice, în diferite scopuri. Tumulii sunt caracteristici pentru multe culturi antice din toată lumea, fiind ridicați începând din neolitic, în scop funerar, ca observator astronomic sau ca semn geodezic. Există peste tot în România astfel de tumuli; de exemplu, în Dobrogea se găsesc în jur de 400.

Într-unul dintre tumulii din Bărăgan, un arheolog a descoperit mai multe artefacte din vremea geților. Pentru a studia unul dintre artefacte, arheologul s-a hotărât să facă o copie din bismut. În imaginea alăturată este prezentată *fotografia* copiei din bismut a artefactului, suprapusă pe hârtie milimetrică. Piesa are în realitate grosimea h = 4 mm, iar diametrul unuia dintre discurile solare aflate pe marginea piesei este d = 1,6 cm. Bismutul utilizat pentru a realiza o copie turnată într-o formă de lut a fost topit într-un polonic din inox, utilizând energia solară captată cu ajutorul unei lentile convergente cu diametrul Δ = 14 cm. Temperatura inițială a bismutului utilizat este t_i = 20 °C, energia solară incidentă normal la nivelul solului pe unitatea de suprafață și în unitatea de timp este E_0 = 1 350 W/m², iar randamentul de utilizare a energiei solare pentru încălzirea bismutului din polonic este η = 60%. Bismutul este un metal moale care poate fi prelucrat relativ ușor și are următoarele caracteristici: căldura specifică c = 120 J/kg·K, densitatea ρ = 9,78 g/cm³, temperatura de topire t_{Bi} = 271 °C, căldura latentă specifică de topire λ_{Bi} = 54 0721 J/kg. Determină cât timp durează topirea bismutului necesar pentru producerea unei copii a piesei și specifică unde trebuie plasat polonicul cu bismut în raport cu lentila pentru o încălzire optimă.

Rezolvare

$$Q_2 = \eta Q_1;\ Q_1 = E_0 S_0 \tau = E_0 \frac{\pi D^2}{4}\tau;\ Q_2 = mc(t_{Bi} - t_i) + m\lambda_{Bi};$$

$$m = \rho Sh,\ S = \frac{\pi}{4}(12d^2 + D^2),\ \text{unde } D = 4{,}5 \text{ cm};$$

$$E_0 \frac{\pi D^2}{4}\tau\eta = \rho Sh[c(t_{Bi} - t_i) + \lambda_{Bi}];\ \tau = \frac{4\rho Sh[c(t_{Bi} - t_i) + \lambda_{Bi}]}{E_0 \eta \pi D^2};$$

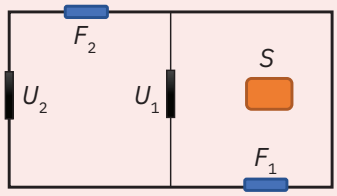
$$\tau = \frac{\rho h(12d^2 + D^2)[c(t_{Bi} - t_i) + \lambda_{Bi}]}{E_0 \eta \Delta^2};\ \tau = 1057{,}4\text{ s} \cong 17{,}6\text{ min}.$$

Polonicul este plasat pe axul optic principal al lentilei, în focar.

2 Materiale izolatoare și conductoare termic

O cabană are două încăperi și este construită din materiale termoizolante (pereții, acoperișul și podeaua). Dar ușile (U_1 și U_2) și geamurile (F_1 și F_2) sunt termoconductoare, au aceleași proprietăți fizice și au suprafețe de arii egale. Într-una dintre camere, se află o sobă (S) care emite căldură cu puterea constantă P. Într-o zi din ianuarie, în afara casei temperatura este de $t_e = -12$ °C. Dacă ușa dintre cele două camere este deschisă, iar ușa spre exterior este închisă, în cele două camere se stabilește o temperatură $t = 10$ °C. Calculează temperaturile care se vor stabili în cele două încăperi dacă sunt închise ambele uși. Cele două ferestre sunt închise în permanență, iar temperatura din exterior este constantă.





Rezolvare

Dacă ușa dintre camere este deschisă, căldura radiată de sobă într-un interval de timp τ este egală cu căldura pierdută prin ferestre și ușa U_2: $P\cdot\tau = 3\alpha(t - t_e)\cdot\tau$, unde α este o constantă.

În situația în care ușa dintre camere este închisă, se realizează echilibru termic astfel: $P\cdot\tau = \alpha(t_1 - t_e)\cdot\tau + \alpha(t_1 - t_2)\cdot\tau$, pentru camera cu sobă; $\alpha(t_1 - t_2)\cdot\tau = 2\alpha(t_2 - t_e)\cdot\tau$, pentru camera fără sobă.

Din cele trei relații obținem: temperatura în camera cu sobă este $t_1 = 27{,}6$ °C, iar temperatura în camera fără sobă este $t_2 = 1{,}2$ °C.

3 Poduri de gheață

Islanda este supranumită și Țara Ghețurilor. În timpul iernilor geroase, apa de la suprafața lacurilor înghează progresiv în adâncime, formându-se poduri de gheață. În ianuarie 1918 s-au înregistrat temperaturi de –40 °C și s-au format poduri de gheață pe suprafața apei. Unul dintre podurile de gheață are grosimea $d = 80$ cm. Calculează viteza de creștere a grosimii podului de gheață în aceste condiții. Se cunosc: densitatea gheții $\rho = 0{,}92$ g/cm^3, căldura latentă de topire a gheții $\lambda = 330$ kJ/kg și coeficientul de conductibilitate termică a gheții $k = 2{,}2$ W/m·K.



Precizare. Viteza de transfer a căldurii printr-un perete de grosime d și suprafață de arie S, datorită diferenței de temperatură $t_1 - t_2$ dintre cele două suprafețe ale peretelui, are expresia $\frac{Q}{\tau} = k\cdot S\cdot\frac{t_1 - t_2}{d}$.

Rezolvare

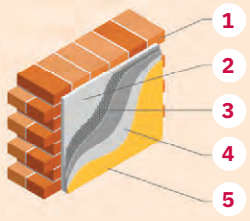
Căldura cedată de apa care înghează este $Q = \Delta m\cdot\lambda$, iar căldura transmisă prin stratul de gheață are expresia $Q = \frac{k\cdot S\cdot(-t)\cdot\tau}{d}$.

Masa de apă care înghează se scrie $\Delta m = r\cdot\Delta x\cdot S$.

Aceste călduri au valorile egale, de unde rezultă că viteza de creștere a grosimii podului de gheață este: $\frac{\Delta x}{\tau} = \frac{k\cdot(-t)}{d\cdot\rho\cdot\lambda}$. Se obține: $\frac{\Delta x}{\tau} \cong 1{,}3$ mm/h.

ȘTIAI CĂ?

Izolarea termică reprezintă un proces prin care se reduce transferul de căldură între două medii. Termenul de „izolare termică“ este foarte des întâlnit în asociere cu locuințele. Izolația termică contribuie la confortul termic din interiorul locuinței, astfel: locatarii se bucură de răcoare vara și de căldură în anotimpul rece. Izolarea casei implică folosirea anumitor materiale termoizolante, atât la interior, cât și la exterior. Materialele de construcții folosite la izolația termică exterioară și la cea interioară au doi parametri foarte importanți: coeficientul de conductivitate termică și rezistența termică. Coeficientul de conductivitate termică evidențiază capacitatea unui material de a transfera energie termică, iar rezistența termică arată capacitatea unui material de a izola termic. Materialele principale utilizate la construcția locuinței sunt cărămida, BCA etc., iar cele folosite la termoizolarea interioară și exterioară a casei – vata minerală, polistirenul, spuma poliuretanică etc. În imaginea de mai jos se observă materialele utilizate la izolarea termică a unui perete al unei locuințe.



1 zid de cărămidă;
2 placa de polistiren;
3 plasă din fibră de sticlă;
4 strat de acril;
5 înveliș decorativ

ȘTIAI CĂ?

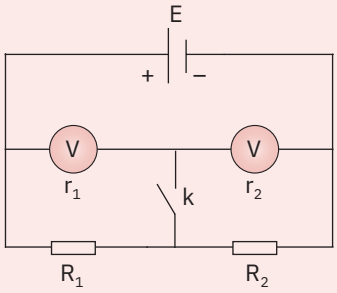
Voltmetrul este un aparat electric de măsură, folosit pentru măsurarea tensiunii electrice dintre două puncte ale unui circuit electric.
Voltmetrele clasice sunt compuse din dispozitive de măsură propriu-zise, alături de care, pentru extinderea domeniului de măsură, sunt incluse în construcție rezistențe adiționale. În prezent, voltmetrele electronice analogice (cu ac indicator, ca în imaginea 1) nu se mai fabrică, locul lor fiind luat aproape în totalitate de voltmetrele digitale (numerice, ca în imaginea 2). Voltmetrele analogice se utilizează încă în număr mare atât în tehnica de laborator, cât și în instrumentația industrială mai veche (vezi imaginea 3).

1


2


3


4 Voltmetre



Două voltmetre de rezistențe necunoscute sunt conectate la bornele unui generator electric de rezistență neglijabilă, conform montajului din figura alăturată. Rezistorii utilizați în circuit au rezistențele electrice $R_1 = 3\ k\Omega$ și $R_2 = 2\ k\Omega$, iar indicațiile voltmetrelor pentru cele două poziții ale întrerupătorului sunt trecute în tabelul alăturat.

Poziția întrerupătorului K	U_1 (V)	U_2 (V)
deschis	80	120
închis	100	100

a Află tensiunea electromotoare a generatorului.
b Calculează intensitatea curentului electric ce trece prin rezistorul R_1 dacă întrerupătorul este deschis.
c Determină valoarea rezistențelor electrice ale celor două voltmetre r_1 și r_2.
d Calculează intensitatea curentului electric ce trece prin generator după închiderea întrerupătorului.

Rezolvare

a Suma tensiunilor indicate de aparatele de măsură este egală cu tensiunea electromotoare a sursei: $E = U_1 + U_2$, de unde rezultă valoarea $E = 200$ V.

b Tensiunea la bornele grupării în serie de rezistori este: $E = I_1 (R_1 + R_2)$; $I_1 = 0{,}04$ A.

c k-deschis: $U_1 = r_1 \cdot I_1$; $U_2 = r_2 \cdot I_2$; $\frac{U_1}{U_2} = \frac{r_1}{r_2} = \frac{2}{3}$;

k-închis: $R_{p1} = \frac{r_1 R_1}{r_1 + R_1}$; $R_{p2} = \frac{r_2 R_2}{r_2 + R_2}$; $R_{p1} = R_{p2} = \frac{U_1'}{I'}$.

Din aceste relații rezultă valorile: $r_1 = 2\ k\Omega$; $r_2 = 3\ k\Omega$.

d $I_G = \frac{U_1'}{R_{p1}}$, de unde: $I_G = 83{,}3$ mA.

5 Grupare de becuri



La bornele unui generator cu tensiunea la borne $U = 380$ V se pot conecta în paralel mai multe becuri de putere $P = 100$ W și tensiune $U_b = 220$ V. Gruparea în paralel este legată la bornele generatorului prin intermediul unui cablu ce conține fire de legătură confecționate din aluminiu ($\rho = 2{,}2 \cdot 10^{-8}\ \Omega$m), cu aria secțiunii transversale $S = 10\ mm^2$ și lungime $l = 10$ km. Determină:

a rezistența electrică a unui fir de legătură;
b câte becuri poate avea gruparea de becuri legate în paralel astfel încât acestea să funcționeze normal;
c randamentul de funcționare al sursei de tensiune în raport cu gruparea becurilor;
d distanța la care s-a produs un scurtcircuit în cablul de legătură, datorită distrugerii izolației dintre fire, știind că intensitatea curentului electric ce trece prin circuitul exterior generatorului este $I = 10$ A.

Rezolvare

a $R = \frac{\rho l}{S}$; $R = 22\ \Omega$;

b $U = U_b + 2I \cdot R$; $I = n \cdot I_b$; $I_b = \frac{P}{U_b}$; $n = 8$;

c $\eta = \frac{P_{becuri}}{P_{sursa}} = \frac{U_b}{U}$; $\eta = \frac{11}{19} \simeq 57{,}9\%$;

d $R_x = \frac{\rho \cdot x}{S}$; $I = \frac{U}{2R_x}$; $x \simeq 8{,}64$ km.

6 Lentile și oglindă

O sursă luminoasă punctiformă se află pe axa optică a unei lentile convergente cu distanța focală $f_1 = 20$ cm, la distanța $d = 60$ cm de lentilă.

a Determină poziția imaginii sursei luminoase, formată de lentila convergentă.

b În focarul imagine al lentilei convergente se plasează o lentilă divergentă. Care este distanța focală a lentilei divergente, dacă imaginea sursei de lumină formată de sistemul de lentile coincide cu sursa luminoasă?

c Se plasează o oglindă plană perpendicular pe axa optică a lentilei convergente, la distanța $l = 30$ cm de aceasta. Unde se va forma imaginea sursei luminoase dată de sistemul lentilă convergentă – oglindă plană?

Rezolvare

a $\frac{1}{x_2} - \frac{1}{x_1} = \frac{1}{f_1}$; $x_2 = 30$ cm.

b $x_1' = x_2 - f_1 = 10$ cm; $x_2' = x_1 - f_2 = -80$ cm; $\frac{1}{x_2'} - \frac{1}{x_1'} = \frac{1}{f_2}$; $f_2 = -8{,}9$ cm.

c Imaginea formată de lentila convergentă se formează pe oglindă. Astfel, oglinda va reflecta lumina ce va trece din nou prin lentila convergentă.

Noul obiect pentru lentilă se află pe oglindă, la distanța: $x_1'' = -x_2$; $x_2'' = \frac{x_1'' f_1}{x_1'' + f_1}$; $x_2'' = 60$ cm.

7 Lentile de contact



Un ochi normal poate forma imagini clare pe retină pentru obiecte aflate la distanțe mai mari de 25 de centimetri față de ochi. La multe persoane, ochii pot prezenta defecte de vedere care pot fi corectate utilizând lentile de contact sau ochelari. Doi copii prezintă următoarele defecte de vedere: băiatul are miopie, iar fata, hipermetropie. Băiatul poate vedea cu ochiul liber imagini clare ale obiectelor aflate față de ochi la distanțe (d_1) cuprinse între 18 centimetri și 100 de centimetri, iar fata poate vedea cu ochiul liber obiecte aflate la distanțe mai mari de 40 de centimetri. Calculează convergența lentilelor de contact pentru corectarea defectelor de vedere ale celor doi copii.

Precizare. Două sau mai multe lentile subțiri alipite (acolate) sunt echivalente din punct de vedere fizic cu o lentilă care are convergența egală cu suma convergențelor lentilelor alipite: $C_{echivalent} = C_1 + C_2$; $\frac{1}{f_{echivalent}} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$.

Rezolvare

Se utilizează prima formulă fundamentală a lentilelor subțiri: $\frac{1}{x_2} - \frac{1}{x_1} = \frac{1}{f}$, unde x_2 este coordonata retinei față de cristalin, iar $x_1 = -d_1$ este coordonata obiectului față de cristalin.

Pentru băiatul fără lentile de contact: $\frac{1}{x_2} + \frac{1}{D_1} = \frac{1}{f_B}$, iar cu lentile: $\frac{1}{x_2} + \frac{1}{D_{max}} = \frac{1}{f_B} + \frac{1}{f_{lentilaB}}$, unde $D_1 = 100$ cm, iar D_{max} este un număr foarte mare, astfel încât $\frac{1}{D_{max}} \to 0$. Se obține: $f_{lentilăB} = -100$ cm, $C_{lentilăB} = -1\ \delta$.

Pentru fata fără lentile de contact: $\frac{1}{x_2} + \frac{1}{d_1} = \frac{1}{f_F}$, iar cu lentile: $\frac{1}{x_2} + \frac{1}{\delta} = \frac{1}{f_F} + \frac{1}{f_{lentilaF}}$, unde $d_1 = 40$ cm și $\delta = 25$ cm. Se obține: $f_{lentilăF} = 200 : 3$ cm $\simeq 66{,}7$ cm, $C_{lentilăF} = 1{,}5\ \delta$.

ȘTIAI CĂ?

Ochelarii de schi au menirea de a proteja ochii de reflexiile puternice ale zăpezii, dar și de ninsoare, ceață etc. Ochelarii de schi sunt confecționați din mai multe componente, importante pentru îmbunătățirea vederii, protejarea ochilor și confort pe perioada schiatului. Majoritatea ochelarilor sunt dotați cu două lentile distanțate, care alcătuiesc obiectivul. Între cele două lentile există un separator de spumă, care creează un spațiu de aer ce izolează atât fața, cât și lentila din interior, astfel încât aceasta să nu se aburească. În funcție de lumină, mai puternică sau mai slabă, lentilele ochelarilor trebuie schimbate. Se utilizează lentile fotocromatice, care devin mai deschise atunci când este mai puțină lumină și mai întunecate atunci când lumina este mai puternică, astfel încât obiectivul să se regleze. Mulți ochelari de protecție au o acoperire reflectorizantă la exteriorul obiectivului, care creează un efect de oglindă. Stratul reflector reduce strălucirea din zăpadă. Aproape toate lentilele de schi protejează 100% de lumina ultravioletă. Majoritatea lentilelor au un strat de rezistență la zgâriere. Majoritatea ochelarilor au găuri în rame, acoperite cu spumă, astfel încât aerul să poată circula prin ochelari. Spuma lasă să treacă aerul, dar oprește zăpada, astfel încât interiorul ochelarilor să rămână curat și uscat.

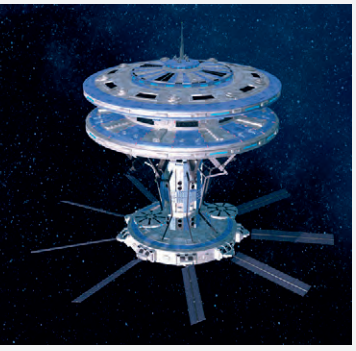
Evaluare finală



Oraș verde, alimentat cu energie regenerabilă



Lentile, oglinzi, prisme



Ilustrare 3D a unei stații spațiale



Piscină cu apă termală în Noua Zeelandă

I Completează spațiile libere astfel încât enunțurile să devină corecte.

Oricare ar fi ..... în care se află un corp, moleculele acestuia se află într-o ..... spontană, continuă (nu încetează niciodată), complet dezordonată (haotică) și care se intensifică la ..... temperaturii.

Conducția termică reprezintă ..... sub formă de căldură, prin ciocniri datorate agitației termice a moleculelor din mediul în care are loc transferul.

Căldura schimbată de un corp în timpul ..... se numește căldură latentă.

Viteza luminii ..... de mediul prin care se propagă și este maximă în vid.

Lentila este un dispozitiv optic format dintr-un mediu ....., delimitat de exterior prin două suprafețe, dintre care ..... este curbată.

Miopia este defectul de vedere al ..... unei persoane care poate vedea clar obiectele ....., dar are dificultăți în observarea obiectelor îndepărtate.

Intensitatea curentului electric care străbate ..... de circuit fără surse este ..... cu tensiunea electrică aplicată acelei porțiuni.

Linia de circuit (ramura de circuit) este o succesiune de elemente de circuit conectate unul după altul între două ....., astfel încât prin ele să circule ..... curent electric.

II Răspunde la următoarele întrebări.

1 Ce pun în evidență experimentele de difuzie și mișcarea browniană?

2 De ce atunci când începe să ningă se încălzește?

3 Primăvara, când gheața de la malul unui râu se topește, temperatura din vecinătatea râului este mai scăzută. Cum explici?

4 Cum trebuie să fie rezistența unui ampermetru, pentru a nu modifica intensitatea curentului electric din circuitul la care este conectat?

5 Ce modificări trebuie aduse unui voltmetru pentru a putea măsura tensiuni mai mari decât cea pentru care este construit?

6 Care este cauza apariției curentului electric indus într-un circuit închis?

7 O piatră aflată pe fundul unui lac pare la adâncime mai mică decât este în realitate. Explică de ce. Reprezintă într-un desen această situație.

8 Unde se află focarul ochiului hipermetrop și cum poate fi corectat acest defect de vedere?

III Pentru fiecare dintre întrebările următoare, doar unul dintre răspunsurile oferite este corect. Alege acest răspuns.

1 Unitatea de măsură pentru capacitatea calorică se poate scrie cu ajutorul unităților de măsură fundamentale din SI astfel:

a $[C]=\frac{\mathrm{m}^2\cdot\mathrm{s}^2}{\mathrm{kg}\cdot\mathrm{K}}$; **b** $[C]=\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}\cdot\mathrm{K}}$; **c** $[C]=\frac{\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2\cdot\mathrm{K}}$; **d** $[C]=\frac{\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2\cdot\mathrm{K}}$.

2 Căldura absorbită de un corp cu temperatura $t < t_{tp}$ pentru a se topi se poate scrie:

a $Q=m[c(t_{tp}+t)+\lambda_{tp}]$; **b** $Q=m[\lambda_{tp}-(t-t_{tp})]$;

c $Q=m\lambda_{tp}$; **d** $Q=m[c(t_{tp}-t)-\lambda_{tp}]$.

3 Care dintre relațiile următoare exprimă definiția rezistenței electrice?

a $I=\frac{U}{R}$; **b** $R=\frac{U^2}{P}$; **c** $R=\frac{U}{I}$; **d** $R=\rho\frac{\ell}{S}$.

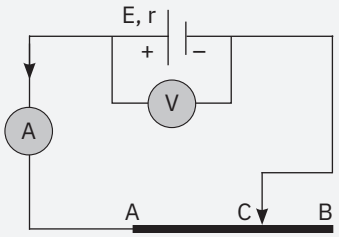
4 Un elev realizează un circuit electric simplu și dorește să măsoare tensiunea electromotoare a generatorului. Care este instrumentul de măsură pe care trebuie să-l utilizeze el și cum trebuie să-l conecteze?

a Ampermetrul, în serie cu generatorul, circuitul fiind închis.

b Ampermetrul, în paralel cu generatorul, circuitul fiind închis.

c Voltmetrul, în paralel cu generatorul, circuitul fiind deschis.
d Voltmetrul, în serie cu generatorul, circuitul fiind deschis.

5 Circuitul din figura alăturată este realizat de un elev pentru a studia dependența intensității curentului electric de rezistența electrică. Cum se modifică valorile indicate de ampermetru, respectiv voltmetru, când se deplasează contactul mobil C spre capătul A al conductorului omogen AB?



a Intensitatea crește, iar tensiunea scade.
b Intensitatea scade, iar tensiunea crește.
c Atât intensitatea, cât și tensiunea scad.
d Atât intensitatea, cât și tensiunea cresc.

6 Când puterea electrică dezvoltată pe circuitul exterior este maximă, valoarea randamentului circuitului electric este:

a $\eta = \frac{R}{R+r}$; **b** $\eta = \frac{R}{R+4r}$; **c** $\eta = 0{,}5$; **d** $\eta = 1$.

7 Imaginea unui obiect așezat perpendicular pe axa optică principală, între focarul optic principal și centrul optic al unei lentile convergente, are caracteristicile:
a imagine reală, răsturnată, mai mare decât obiectul;
b imagine reală, răsturnată, mai mică decât obiectul;
c imagine virtuală, dreaptă, mai mare decât obiectul;
d imagine virtuală, dreaptă, mai mică decât obiectul.

8 Conținutul minim al cutiei negre din figura alăturată este format din:



a o lentilă convergentă și alta divergentă, ale căror distanțe focale sunt în relația $|f_1| > |f_2|$;
b o lentilă divergentă și alta convergentă, ale căror distanțe focale sunt în relația $|f_1| > |f_2|$;
c două lentile convergente, ale căror distanțe focale sunt în relația $|f_1| > |f_2|$;
d două lentilă convergente, ale căror distanțe focale sunt în relația $|f_1| < |f_2|$.

IV Rezolvă următoarele probleme.

1 Într-un vas de capacitate calorică neglijabilă se amestecă apă (c_1 = 4180 J/kg · K) și gheață (c_2 = 2090 J/kg · K), cu temperaturile t_1 = 40 °C, respectiv t_2 = –20 °C. Calculează raportul dintre masa de gheață (m_2) și masa de apă (m_1), pentru ca la echilibru termic fiecare substanță să-și păstreze starea de agregare.

2 Se conectează în paralel n = 4 generatoare identice cu tensiunea electromotoare E = 6 V și rezistența interioară r = 8 Ω, pentru a alimenta un bec. Știind că energia disipată pe circuitul interior al surselor reprezintă f = 15% din energia dezvoltată de sursă, calculează:
a tensiunea la bornele becului;
b intensitatea curentului din circuit;
c energia dezvoltată de sursă în 10 minute;
d rezistența becului în timpul funcționării.

Punctaje:
I 20 de puncte
II 40 de puncte (8 × 5 p.)
III 10 puncte (8 × 1,25 p.)
IV 20 de puncte (2 × 10 p.)

Se acordă 10 puncte din oficiu.
Timp de lucru: 50 de minute.

Autoevaluare

Completează în caiet următoarele afirmații:
- Din ce am învățat, cel mai important mi se pare ... .
- Cel mai mult mi-a plăcut activitatea ... .
- Cel mai dificil mi s-a părut ... .

Test inițial (pp. 8-9). **I** produsul, gravitațională, centrul de greutate, perpendiculară, integral, de stare, kelvin, dilatare. **III** **1** a; **2** a; **3** d; **4** c; **5** b; **6** b; **7** b; **8** d. **IV** **1** **a** 1 – voltmetru, 2 și 3 – ampermetre; **b** 0,4 A; **c** becurile 2 și 3 se scurtcircuitează (nu vor mai lumina). **2** **a** $\ell = \frac{\rho_0 a}{\rho_0 - \rho} = 15$ cm;

b $\Delta p = -\frac{\rho_0 g \ell^2 (\ell - a)}{S^2} = -506{,}25$ Pa, presiunea scade.

Unitatea 1

Pag. 13. **1** Particulele de fum sunt ciocnite de particulele de aer; este evidențiată mișcarea de agitație termică. **2** Fragmentele de plante au o mișcare dezordonată; este pusă în evidență mișcarea de agitație termică.

Pag. 15. **1.** $T = 293$ K, $t = 68°$F. **2** 1 cal = 4,18 J.

Pag. 18. **1** Corpurile vopsite în negru absorb radiația termică. **2** Se intensifică schimbul de căldură. **3** Trebuie să împiedici transmiterea căldurii prin conducție, convecție și radiație termică. **4** Aerul închis între penele vrăbiilor și respectiv părul animalelor este un bun izolator termic.

Pag. 19. $Q = \frac{Pt}{\eta} = 554{,}4$ MJ.

Pag. 23. **1** $c = \frac{c_1 + c_2}{2} = 2360$ J/kgK. **2** $c = \frac{\rho_1 c_1 + \rho_2 c_2 + \rho_3 c_3}{\rho_1 + \rho_2 + \rho_3}$.

3 $c_1 = 895$ J/kgK. **4** Căldura specifică medie a apei este mai mare decât căldura specifică medie a aerului.

Pag. 25. **1** Presiunea se datorează ciocnirii moleculelor gazului cu pereții vasului. **2** Apa poate exista în toate cele trei stări de agregare.

Pag. 26. Căldura latentă schimbată contribuie la modificarea interacțiunilor moleculare și a tipului de mișcare a moleculelor.

Pag. 27. **1** $Q = 96{,}4$ KJ. **2** Îngheață mai repede apa mai rece. Căldura eliberată de apa rece este mai mică decât căldura eliberată de apa caldă. **3** $t \cong 20{,}6°$C.

Pag. 29. **1** Puterea calorică. **2** Centrala trebuie astfel programată încât, în perioada în care membrii familiei nu sunt acasă, diferența de temperatură dintre interior și exterior să fie cât mai mică posibil. În acest fel diminuăm poluarea prin diminuarea cantității de gaze degajate în atmosferă, iar factura la energia termică va fi mai mică.

Probleme propuse (pag. 32). **1** $t = 100°\text{F} \cong 37{,}78°\text{C} \cong 310{,}9$ K. **2** $T_1 = 273$ K, $T_2 = 2T_1 = 546$ K, $t_2 = 273°$C. **3** Pilota nouă conține mai mult aer. **4** Prin radiație termică. **5** Încălzim conducta cu o lampă cu gaz și montăm senzori care să măsoare temperatura de o parte și de alta a locului încălzit sau punem mâna pe conductă de o parte și de alta. **6** În golurile care se văd în secțiune este închis aer. Aerul este un bun izolator termic. **7** Căldurile specifice sunt diferite: $c_{aer} < c_{apa}$. **8** Temperatura de fierbere depinde de presiune. Dacă scădem presiunea exercitată asupra lichidului, temperatura de fierbere este mai mică. **9** Din ecuația calorimetrică $|Q_{ced}| = Q_{abs}$, $(C + mc_{apa})(t - t_2) = C_t(t_2 - t_1)$, $C_t = \frac{(C + mc_{apa})(t - t_2)}{t_2 - t_1}$. **10** Scriem ecuația calorimetrică: $|Q_{ced}| = Q_{abs}$, sfera din aluminiu cedează căldură, iar calorimetrul și apa absorb căldură $m_2 c_{Al}(t_2 - t) = (C + m_1 c_{apa})(t - t_1)$ de unde: $t = \frac{m_2 c_{Al} t_2 + t_1 (C + m_1 c_{apa})}{C + m_1 c_{apa} + m_2 c_{Al}} \cong 32{,}6°$C. **11** $m = m_1 + m_2$, $m_1 c_{apa}(t - t_1) = m_2 c_{apa}(t_2 - t)$; se obține: $m_1 = 228{,}57$ g și $m_2 = 171{,}43$ g. **12** $(C + m_1 c_{apa})(t_1 - t) = m_2 c_{Pb}(t - t_2)$, se obține $t = \frac{(C + m_1 c_{apa}) t_1 + m_2 c_{Pb} t_2}{C + m_1 c_{apa} + m_2 c_{Pb}} = 48{,}29°$C.

13 $Q = m\left[c_g(t_0 - t_1) + \lambda_g + c_{apa}(t_2 - t_0)\right] = 280{,}46$ kJ.

14 $(C + m_1 c_{apa})(t_1 - t_0) = m_2 c_g (t_0 - t_2) + m_2 \lambda_g$,

$m_2 = \frac{(C + m_1 c_{apa})(t_1 - t_0)}{c_g(t_0 - t_2) + \lambda_g} \cong 59{,}5$ g.

15 $Q = m\lambda_g + (C + 2mc_{apa})(t - t_0) + m\lambda_v = 353{,}2$ kJ.

16 $\frac{mc_{apa}(t_1 - t_0)}{\tau_1} = \frac{m\lambda_g}{\tau_2}$, $\lambda_g = \frac{\tau_2 \cdot c_{apa}(t_1 - t_0)}{\tau_1} = 334{,}8$ kJ.

Test (pag. 33). **I** **a** A, **b** F, dependentă; **c** A; **d** F, constantă; **e** F; **f** A.

III **1** d; **2** c. **IV** **1** $m \cong 300$ g; **2** $m \cong 143$ g.

Unitatea 2

Pag. 39. **1** Nucleul de carbon are $N \cong \frac{m_C}{1u} = 12$ nucleoni, din care 6 sunt protoni, deci are 6 neutroni. **2** $Q = Ze = 8 \cdot 1{,}602 \cdot 10^{-19}$C = $= 12{,}816 \cdot 10^{-19}$C. **3** Sarcina electrică netă a oricărui atom este nulă, deoarece atomul este neutru din punct de vedere electric, numărul de electroni fiind egal cu cel de protoni. **4** Au rămas doi protoni necompensați, deci sarcina totală este pozitivă și are valoarea $Q = +2e = 3{,}204 \cdot 10^{-19}$C. **5** $N = \frac{Q}{e} = \frac{3{,}2 \cdot 10^{-9}\text{C}}{1{,}6 \cdot 10^{-19}\text{C}} = 2 \cdot 10^{10}$ electroni.

Pag. 43. **1** Atomul de hidrogen este compus din proton, purtător al sarcinii electrice elementare pozitive, și electron, care poartă sarcina elementară negativă. Forța de interacțiune este de tip



atractiv și are modulul $F = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot e^2}{r^2} = 23{,}04 \cdot 10^{-9}$N. **2** Avem în vedere teorema variației energiei cinetice: $L = \Delta E_c$. Aici se scrie astfel: $Ue = \frac{mv^2}{2} - 0$, de unde rezultă: $v = \sqrt{\frac{2eU}{m}} = 1{,}32 \cdot 10^6$ m/s. **3** Există multiple posibilități: corpul al treilea să se situeze între primele două corpuri sau în afara lor, corpurile să aibă sarcini de același semn sau nu etc. Un caz ar fi cel care între sarcini de același semn se află o sarcină de același semn cu primele două. La echilibru, scriem: $F_1 = F_2$. Exprimând forțele, obținem: $\frac{9 \cdot 10^9 Q_1 q}{r_1^2} = \frac{9 \cdot 10^9 Q_2 q}{r_2^2}$. Rezultă: $\sqrt{\frac{Q_1}{Q_2}} = \frac{r_1}{r_2}$. Celelalte cazuri se tratează similar.

Pag. 46. $I = \frac{Q}{t}$; $Q = It = 0{,}25\text{ A} \cdot 1800\text{ s} = 450\text{ C}$. $L = U \cdot Q = 475$ J.

Pag. 50. Raza Pământului este aproximativ $R_P = 6370$ km. Densitatea cuprului este $\rho = 8960$ kg/m^3. Rezistența unității de lungime din problemă este: $r^* = 10^{-2}\Omega \cdot \text{m}^{-1}$. Rezistența este proporțională cu lungimea, rezultă: $R = 2\pi R_P r^* = 2 \cdot 3{,}14 \cdot 6370 \cdot 10^3\text{ m} \cdot 10^{-2}\Omega \cdot \text{m}^{-1} = 400{,}036\text{ k}\Omega$. Masa necesară este: $m = \rho V = \rho S 2\pi R_P = 35{,}84$ tone!

Pag. 54. **2** $R_{ech} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_3$.

3 (o variantă) $R_{ech} = 6{,}8\,\Omega + 8{,}2\,\Omega = 15\,\Omega$.

Pag. 56. $E_1-E_2-E_4+E_5=I_{10}R_2+I_1(r_1+R_1)+I_2r_2-IR_5-$ $-I_4(R_4+r_4)+I_5r_5$. Sunt trei ochiuri. Teorema a doua este suficientă pentru două ochiuri. Important este ca numărul de ecuații să fie egal cu numărul de necunoscute.

Pag. 58. Se pare că există un tip preferat de pile electrochimice, dacă se iau în considerare substanțele folosite, stabilitatea parametrilor fizici, eficiența, facilitatea găsirii resurselor cu performanțe economice adecvate etc. Tensiunea electromotoare a acestor pile ar fi de 1,5 V. Bateriile de 4,5 V conțin trei astfel de elemente galvanice, iar cele de 9 V conțin șase elemente.

Pag. 61. $\eta=\frac{W_{utila}}{W_{consumata}}=\frac{mc(\theta-t_i)}{Pt}=\frac{0{,}4\cdot4180(63-17{,}7)}{500\cdot159}=0{,}9527=$ $=95{,}27\%$. Randamentul este mare deoarece, prin puterea mare a sursei de căldură, încălzirea are loc foarte repede și căldura pierdută în mediu este încă destul de mică, nu are timp să devină semnificativă.

Probleme propuse (pag. 74). **1** $n=\frac{Q}{e}=10^{14}$. **2 a** Sarcinile electrice, fiind sarcini de acelaşi semn, se resping şi se distribuie astfel cât mai departe una de cealaltă, adică pe suprafața conductorului unde se obține starea de echilibru electrostatic. **b** Rezultanta forțelor electrostatice, care acționează asupra fiecărei sarcini de electrizare, în planul suprafeței conductorului, este nulă deoarece există stare de echilibru electrostatic. Din acest motiv nu există deplasare de sarcini pe suprafața conductorului şi nici lucru mecanic efectuat de câmpul electric; rezultă că tensiunea electrică, dintre oricare două puncte, este nulă.

3 $\Delta E_c=L=q_e\cdot U\Rightarrow v=\sqrt{\frac{2q_eU}{m_e}}\simeq6\cdot10^7$ m/s. **4** $I=\frac{E}{R+r}$;

$R=\frac{E-Ir}{I}=40\ \Omega$. **5** d; $R\gg r$ este echivalent, matematic, cu a spune $r\to0$ sau $R\to\infty$. **6** $R=\rho\frac{\ell}{S}\Rightarrow R_0=\frac{R}{4}$;

$R_e=\frac{R_0}{4}=\frac{R}{16}=1{,}25\ \Omega$. **7** b); se aplică legea a II-a a lui Kirchhoff.

8. a $P=\frac{E^2R_1}{(R_1+r)^2}=\frac{E^2R_2}{(R_2+r)^2}$; rezultă $r=1\ \Omega$;

b $\eta=\frac{P_{ext}}{P_{tot}}=\frac{I^2R}{I^2(R+r)}\frac{R}{R+r}=\frac{2}{3}$. **9 a** $R_{e1}=\frac{(R_1+R_2)R_3}{R_1+R_2+R_3}=7{,}5\ \Omega$;

$R_{e2}=\frac{R_2R_3}{R_2+R_3}=6\ \Omega$; **b** $I_1=\frac{E}{R_{e1}+r}$; $I_2=\frac{E}{R_{e2}+r}$, rezultă $r=1{,}5\ \Omega$;

$E=15$ V; **c** $I_3=\frac{E-IR_e}{R_3}$; $\Delta I_3=\frac{1}{6}$ A; **d** $U_1=0$, pentru că nu există curent prin rezistor (scurtcircuit). **10** Fiecare strat este practic o bobină ce produce în centrul său un câmp magnetic cu $B=\mu\frac{N\cdot I}{\ell}$ şi care este orientat pe direcția axului bobinei. Cum cele două straturi sunt parcurse de curenți de acelaşi sens, rezultă

$B=B_1+B_2=\mu_a\frac{(N_1+N_2)\cdot I}{\ell}\simeq6{,}91\cdot10^{-3}$ T.

11 Cuplul de forțe care acționează asupra laturilor laterale ale cadrului trebuie să determine rotația în sensul precizat. Se aplică regula mâinii stângi pentru una dintre laturi. Borna pozitivă la peria din dreapta.

Test (pag. 75). **1** c. **2** b. **3** $r=\frac{E-IR}{I}=1\ \Omega$.

4 $B_a=\mu\frac{2N\cdot I_a}{\ell}$; $B_b=\mu\frac{2N\cdot I_b}{2\ell}$; $I_a>I_b\Rightarrow B_a>B_b$.

5 a $I=\frac{U_1}{R_1}=2$ A; $R_2=\frac{U_{AB}-U_1}{I}=1\ \Omega$; **c** $r=\frac{E-U_{AB}}{I}=1\ \Omega$.

6 $E=U_1+I_1(R+r)=U_2+I_2(R+r)$ rezultă $R+r=\frac{U_1-U_2}{I_2-I_1}$; pentru $U_1=0{,}9$ V; $I_1=15$ mA; $U_2=0{,}6$ V; $I_2=25$ mA

$E=U_1+I_1\frac{U_1-U_2}{I_2-I_1}=1{,}35$ V.

Unitatea 3

Pag. 79 Avantajul sticlei mate este că diminuează lumina și becul poate fi folosit fără capac sau abajur.

Pag. 81. 1. Frunza se vede verde deoarece restul culorilor au fost absorbite. 2. Nasturii colorați absorb toate culorile, mai puțin culoarea care se vede; nasturii negri absorb toate culorile, iar cei transparenți nu absorb.

Pag. 83. **1** Umbra este cea mai scurtă la 12, iar cea mai lungă atunci când Soarele se află la răsărit sau la apus. **2** Da, după ce razele de lumină converg. Da, dacă traversează diferite medii transparente.

Pag. 85. **1** Proprietatea de liniaritate într-un mediu omogen. **2** Nivela cu laser se bazează pe propagarea rectilinie a luminii.

Pag. 87. Luna poate fi văzută numai dacă este iluminată de Soare. Luna este o sursă de lumină indirectă.

Pag. 89. **a** Imaginile sunt drepte, egale cu obiectele și simetrice față de oglindă în raport cu obiectul. **b** Nu se modifică.

Pag. 90. $h_i=80$ cm

Pag. 93. Da, este safir. $v=\frac{c}{n}\cong1{,}7\cdot10^8$ m/s.

Pag. 95. 1. Imaginea se află mai sus decât piatra. 2. Imaginea balonului este mai depărtată de suprafața apei decât balonul.

Pag. 97. $l=45°$.

Pag. 99. $\sin i=\frac{1}{n}=\frac{3}{4}$; $\cos i=\frac{\sqrt{7}}{4}$; $\operatorname{tg}i=\frac{R}{h}$;

$S=\pi R^2=\pi h^2\operatorname{tg}^2i=\frac{3\pi}{7}\cong1{,}35$ m^2.

Pag. 101. $\sin i_1=n\cdot\sin r_1$; $r_1=30°$; $A=r_1+r_2$; $r_2=60°$; $\sin l=\frac{1}{n}$;

$l=45°$; $r_2>l$; se produce reflexie totală.

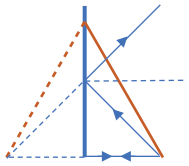
Pag. 113. 2. c) $x_2=\frac{x_1\cdot f}{x_1+f}=-12$ cm; d) $\beta=\frac{x_2}{x_1}=0{,}4$;

$y_2=\beta\cdot y_1=4$ cm.

Pag. 117. $f=x_2$; $f_1=\frac{d_1\cdot f}{d_1+f}\cong-16{,}72$ mm;

$f_2=\frac{d_2\cdot f}{d_2+f}\cong-15{,}67$ mm.

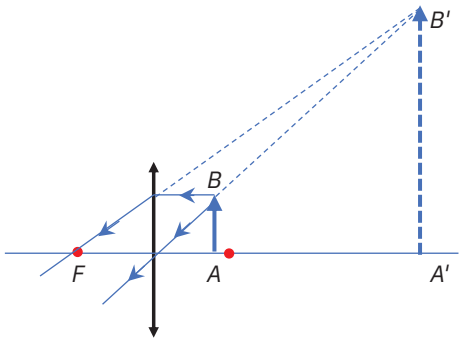
Probleme propuse (pag. 120). **1** $d=2\ell\sin\alpha=185$ mm, vezi figura alăturată. **2** $\tau=\frac{t}{2}$, principiul reversibilității razelor de lumină.



3 Fenomenele de reflexie și refracție a luminii. La pătrunderea prin baza prismei, lumina ce vine de la litere se refractă, apoi se reflectă total pe fața laterală din spatele (mai îndepărtată de cititor) prismei şi apoi iese din prismă suferind fenomenul de refracție, pe fața prismei mai apropiate de cititor. **4** Prin reflexie și refracție. Imaginea apropiată este rezultatul refracției luminii pe fețele lamei, iar cealaltă este rezultatul reflexiei totale pe o față laterală a prismei (fața mai depărtată de cititor).

5 $d=e\left(1-\frac{1}{n}\right)=1{,}83$ cm. **6** Imaginea este virtuală, dreaptă, mai mare decât obiectul, deci lentila este convergentă, iar obiectul este așezat între centrul optic al lentilei și focarul optic principal. Imaginea neclară observată este dată de sistemul format de lentilă și una dintre fețele lentilei ce se comportă ca o oglindă. Lentila aflată mai departe de obiect formează o imagine reală, neclară și răsturnată a obiectului din fața lentilei. Această imagine

reală neclară constituie obiect pentru lentila considerată acum ca oglindă. **7** **a** virtuală, mai mică; **b** răsturnată, mai mare; **c** virtuală, dreaptă; mică. **8** $d' = \frac{dh_2}{h_1} = 1$ cm, $f = \frac{x_1 x_2}{x_1 - x_2} = -2$cm. **9** $\beta = \frac{x_2}{x_1}$, $f = \frac{x_1 x_2}{x_1 - x_2}$, $-x_2 = \delta - d = 22$ cm, $-x_1 = 2{,}2$ cm, $f = \frac{\delta - d}{\beta - 1} = \frac{22}{9}$ cm; $f \cong 2{,}44$ cm.



Test (pag. 121). **1** izotrop, liniară, raze, nedeviate. **2** c. **3** a. **4** d. **5** b. **6** $r_1 = 30°$; $A = 30°$. **7** **b** $\beta = \frac{y_2}{y_1} = -4 = \frac{x_2}{x_1}$; $d = -x_1 + x_2 = -5x_1$; $x_1 = -12$ cm; $x_2 = 48$ cm. **c** $f = \frac{x_1 x_2}{x_1 - x_2} = 9{,}6$ cm. **8** $f = -3{,}48$ m. **9** $\beta = \frac{y_2}{y_1} = 5 = \frac{x_2}{x_1}$; $\delta = -x_2 + f$; $f = \frac{\delta - f}{4}$; $f = 5$ cm.

Unitatea 4

Probleme propuse (pag. 132). **1** **a** energie cinetică, energie potențială; **b** chimică; **c** stare de repaus, nulă; **d** electrică; **e** fotosinteză, luminoasă; **f** mecanică, termică, luminoasă, chimică, nucleară. **2** La intrarea în atmosferă: energie potențială gravitațională și energie cinetică. La traversarea atmosferei, energia potențială gravitațională se transformă în energie cinetică și se disipă sub formă de lucru mecanic al forței de frecare cu aerul. Ca urmare a contactului cu solul, energia mecanică se disipă sub formă de lucru mecanic de deformare și sub formă de căldură, energie sonoră, energie luminoasă. **3** Amestecul gazos din cilindru, în timpul procesului ciclic, primește energie sub formă de căldură și cedează energie sub formă de lucru mecanic. O parte din căldura primită este transformată în lucrul mecanic, iar restul este cedată mediului exterior; din acest motiv, randamentul este subunitar. **4** Energia chimică a bateriei electrice, ca urmare a lucrului mecanic efectuat de câmpul electric când în circuit există curent electric, este disipată sub formă de căldură și lumină degajate de mediul conductor și de filamentul becului. **5** O parte din energia radiației luminoase care ajunge la lupă este absorbită la traversarea lupei (în cea mai mare parte); restul se regăsește sub formă de căldură care duce la încălzirea palmei. **6** Energie electrică în: energie luminoasă, energie termică, energie a radiațiilor electromagnetice, energie mecanică etc. **7** Ferestrele trebuie să fie orientate spre răsărit pentru a beneficia cât mai mult timp de lumina solară. **8** $Q = \Delta U + L$; datorită dilatării bilei $L_{G_{așezat}} < 0$, $L_{G_{suspendat}} > 0$, rezultă $\Delta U_{așezat} < \Delta U_{suspendat}$, deci $\Delta t_{așezat} < \Delta t_{suspendat}$. **9** $W = qU = I \cdot \Delta t \cdot \ell \cdot \Delta V = 6 \cdot 10^{10}$ J.

Test (pag. 133). **1** Energia potențială de deformare elastică a resortului se transformă, parțial, în energie cinetică care duce la mișcarea limbilor ceasului. **2** b. **3** bateria electrică. **4.** **a** rol de protecție la supraintensități ale curentului electric; valoarea respectivă arată intensitatea maximă a curentului permisă, astfel încât, pentru orice valoare mai mare, siguranța întrerupe circuitul. **b** W = 2020 kWh = 2020·1000·3600 = 7 272 000 000 J. **5** **a** $E = 1{,}5$ V; $q = I \cdot t = 1550$ mAh $= 5580$ C; $P = \frac{q \cdot E}{t} = \frac{5580 \cdot 1{,}5}{3600} = 2{,}325$ W. **6** b) $\eta = \frac{P_{ext}}{P_{tot}} = \frac{R}{R + r} = \frac{R}{R + \frac{E}{I_{sc}}} \simeq 0{,}34$. **7** **a** (1) motor termic (cedează exteriorului lucru mecanic), (2) pompă de căldură (cedează exteriorului căldură primind L).

b $\eta = \frac{L}{Q_{primit}} = \frac{Q_{primit} - |Q_{cedat}|}{Q_{primit}} = 0{,}55 = 55\%$.

Evaluare finală (pp. 140 – 141). **I** stare de agregare, mișcare, creșterea, transferul energiei, transformării de fază, depinde, optic, cel puțin una, cristalinului, apropiate, o poțiune, direct proporțională, noduri, același. **III** **1** c; **2** b; **3** c; **4** c; **5** a; **6** c; **7** c; **8** c. **IV** **1** $\frac{m_2}{m_1} = 4$; **2** **a** $U = E(1 - f) = 5{,}1$ V; **b** $I = 0{,}45$ A; **c** $W = 1620$ J; **d** $R = \frac{34}{3}\Omega \cong 11{,}33\ \Omega$.

Programa școlară poate fi accesată la adresa http://programe.ise.ro

Fizică



Clasa a VIII-a