

Mihaela Garabet

Raluca-Ioana  
Constantineanu

Gabriela Alexandru

# Fizică

Manual pentru clasa a VIII-a

A glowing incandescent light bulb is the central focus of the cover. The filament is brightly lit, casting a warm glow. The bulb is shown from a low angle, looking up. A large, white, stylized number '8' is overlaid on the lower part of the bulb. The background is a soft, out-of-focus grey.

8

Acest manual școlar este proprietatea Ministerului Educației și Cercetării.  
Acest manual școlar este realizat în conformitate cu Programa școlară  
aprobată prin OM nr. 3393 din 28.02.2017.

**116.111 – numărul de telefon de asistență pentru copii**

Mihaela Garabet

Raluca-Ioana  
Constantineanu

Gabriela Alexandru

# Fizică

# 8

Manual pentru clasa a VIII-a

Manualul școlar a fost aprobat prin ordinul ministrului educației naționale și cercetării nr. 5523/07.09.2020 .

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

Inspectoratul școlar .....

Școala/Colegiul/Liceul .....

**ACEST MANUAL A FOST FOLOSIT:**

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.

*Fizică. Manual pentru clasa a VIII-a*

Mihaela Garabet, Raluca-Ioana Constantineanu, Gabriela Alexandru

Referenți științifici: prof. univ. dr. Mircea Rusu, Facultatea de Fizică, Universitatea din București  
prof. gr. did. I Constanța Panait, Școala Gimnazială nr. 79, București

Copyright © 2020 Grup Media Litera  
Toate drepturile rezervate



Editura Litera

O.P. 53; C.P. 212, sector 4, București, România  
tel.: 021 319 63 90; 031 425 16 19; 0752 548 372  
e-mail: comenzi@litera.ro

Ne puteți vizita pe



Editor: Vidrașcu și fiii  
Redactor: Georgeta-Maria Vîrtic  
Corector: Gabriela Niță  
Credite foto: Dreamstime, Shutterstock  
Ilustrații: Dorel Melinte  
Copertă: Vlad Panfilov  
Tehnoredactare și prepress: Dorel Melinte,  
Olimpia Bolozan

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României  
GARABET, MIHAELA

Fizică: manual pentru clasa a VIII-a / Mihaela  
Garabet, Raluca-Ioana Constantineanu, Gabriela  
Alexandru. - București: Litera, 2020

ISBN 978-606-33-5474-8

I. Constantineanu, Raluca-Ioana  
II. Alexandru, Gabriela

# CUPRINS

Introducere .....	5
Prezentarea manualului .....	6



## Unitatea 1. FENOMENE TERMICE

9

1.1. Fenomene termice .....	10
1.1.1. Mișcarea browniană. Agitația termică. Difuzia. Stare de încălzire. Echilibru termic. Temperatura empirică .....	10
1.1.2. Căldura, mărime de proces .....	13
1.1.3. Transmiterea energiei sub formă de căldură – prin conducție, convecție, radiație .....	14
1.1.4. <i>Extindere în tehnologie: Motorul termic</i> .....	18
1.1.5. Coeficienți calorici. Calorimetrie .....	20
1.1.6. Stări de agregare. Caracteristici .....	24
1.1.7. <i>Extindere: Transformări de stare de agregare</i> .....	27
1.1.8. <i>Extindere interdisciplinară: Studiul schimburilor de căldură implicate de topirea gheții – călduri latente</i> ...	31
1.1.9. <i>Extindere în tehnologie: Stabilirea temperaturii de echilibru în sisteme neomogene</i> .....	33
1.1.10. <i>Extindere: Combustibili</i> .....	34
<i>Probleme rezolvate</i> .....	35
<i>Activități de evaluare</i> .....	36
<i>Test pentru autoevaluare</i> .....	38
<i>Jurnal de învățare</i> .....	38



## Unitatea 2. FENOMENE ELECTRICE ȘI MAGNETICE

39

2.1. Electrostatica .....	40
2.1.1. Electrizarea, sarcina electrică. Interacțiunea dintre corpurile electrizate .....	41
2.1.2. Legea lui Coulomb .....	43
<i>Probleme rezolvate</i> .....	49
<i>Activități de evaluare</i> .....	50
<i>Test pentru autoevaluare</i> .....	52
<i>Jurnal de învățare</i> .....	52
2.2. Electrocinetica .....	53
2.2.1. Circuite electrice. Componentele unui circuit. Generatoare electrice .....	53
2.2.2. Tensiunea electrică. Tensiunea electromotoare .....	56
2.2.3. Intensitatea curentului electric .....	57
2.2.4. Măsurarea intensității curentului și a tensiunilor electrice .....	58
2.2.5. Rezistență electrică .....	60
2.2.6. Legea lui Ohm .....	63
2.2.7. Gruparea rezistoarelor .....	65
2.2.8. <i>Extindere: Teoremele lui Kirchhoff</i> .....	66
2.2.9. Gruparea generatoarelor identice .....	67
2.2.10. Energia și puterea electrică. Legea Joule .....	69
2.2.11. <i>Extindere: Efectul chimic al curentului electric. Electroliza</i> .....	73
2.2.12. <i>Extindere: Transferul de putere într-un circuit electric simplu de curent continuu</i> .....	74
<i>Probleme rezolvate</i> .....	75
<i>Activități de evaluare</i> .....	77
<i>Test pentru autoevaluare</i> .....	80
<i>Jurnal de învățare</i> .....	80

2.3. Efectul magnetic al curentului electric .....	81
2.3.1. Studiul experimental al efectului magnetic al curentului electric. Electromagneți .....	81
2.3.2. Forța exercitată de către un electromagnet asupra corpurilor care conțin fier .....	83
<i>Probleme rezolvate</i> .....	86
<i>Activități de evaluare</i> .....	86
<i>Test pentru autoevaluare</i> .....	88
<i>Jurnal de învățare</i> .....	88



### **Unitatea 3. FENOMENE OPTICE**

89

3.1. Introducere în optică .....	90
3.1.1. Surse de lumină .....	90
3.1.2. Propagarea luminii în diverse medii .....	92
3.1.3. Principiile propagării luminii. Raza de lumină. Fasciculul de lumină .....	94
3.2. Reflexia .....	95
3.2.1. Reflexia luminii .....	95
3.2.2. Legile reflexiei – aplicație experimentală – oglinzi plane .....	97
3.2.3. <i>Extindere: Aplicații ale legilor reflexiei în tehnologie</i> .....	99
3.3. Refracția .....	101
3.3.1. Indicele de refracție .....	101
3.3.2. Refracția luminii – evidențierea experimentală a fenomenului .....	102
3.3.3. Reflexia totală .....	104
3.3.4. <i>Extindere: Legile refracției. Indicele de refracție</i> .....	106
3.3.5. Aplicații practice: fibra optică, prisma cu reflexie totală .....	107
3.4. Lentile subțiri .....	109
3.4.1. Identificarea experimentală a tipurilor de lentile .....	109
3.4.2. Identificarea experimentală a caracteristicilor fizice ale lentilelor subțiri – focar, poziție imagine ...	111
3.4.3. Construcția geometrică a imaginilor prin lentile subțiri .....	115
3.4.4. <i>Extindere: Determinarea formulelor lentilelor subțiri</i> .....	118
3.5. Instrumente optice .....	121
3.5.1. Ochiul uman .....	121
3.5.2. Lupa .....	126
<i>Probleme rezolvate</i> .....	126
<i>Activități de evaluare</i> .....	128
<i>Test pentru autoevaluare</i> .....	132
<i>Jurnal de învățare</i> .....	132



### **Unitatea 4. EXTINDERE: ENERGIA ȘI VIAȚA**

133

4.1. Forme de energie. Surse de energie .....	134
4.2. Energia și viața .....	138
4.3. Sistemul de întreținere a vieții pe o stație spațială .....	139
4.4. Sistemul de întreținere a vieții pe un submarin .....	140
<i>Activități de evaluare</i> .....	141
<i>Test pentru autoevaluare</i> .....	142
<i>Jurnal de învățare</i> .....	142
Răspunsuri .....	143

# INTRODUCERE

*„A ști că știm ceea ce știm și că nu știm ceea ce nu știm, aceasta este adevărata cunoaștere.”*

Confucius



*Dragi elevi,*

*Călătoria în lumea cunoașterii continuă. Ea începe cu explorarea tainelor lumii microscopice, unde veți întâlni diferite gaze, lichide, solide și particule purtătoare de sarcină electrică. Drumul către Univers va continua cu studiul tainelor electromagnetismului și ale luminii. Ne vom pune problema să utilizăm cu grijă sursele de căldură, sursele de tensiune electrică și sursele de lumină, astfel încât să obținem energie care să lase posibilă pe termen lung viața pe Pământ.*

*Pe parcursul lecțiilor, vă veți pune întrebări cărora le veți găsi răspunsuri descoperind, explorând și analizând noi fenomene, noi legi și aplicații ale acestora.*

*Aveți grijă de voi și, după cum spunea Albert Einstein, nu priviți niciodată învățătura ca pe o datorie, ci ca pe un prilej de invidiat pentru a cunoaște frumusețea eliberatoare a intelectului, spre propria voastră încântare și spre folosul comunității căreia îi va aparține munca voastră de mai târziu.*

*Potrivit lui Isaac Newton, „Ceea ce știm este ca o picătură. Ceea ce nu știm este ca un ocean.” Așadar, pe noi, profesorii voștri, ne găsiți aici, în manual, ori de câte ori doriți să vă reîmprospătați cunoștințele.*

*Pentru că voi deja ați aflat: nu este o problemă dacă nu știți totul, important este să vă doriți să aflați și să înțelegeți cât mai mult!*

*Vă vom însoți cu drag pe parcursul acestor aventuri minunate pe care le oferă FIZICA și vă dorim, în continuare, mult succes!*

*Autoarele*

# STRUCTURA MANUALULUI

## Varianta tipărită

Manualul *Fizică* pentru clasa a VIII-a cuprinde patru unități de învățare care respectă modelul de proiectare centrat pe construirea de competențe și conținuturile din programă. Lecțiile sunt însoțite de activități de învățare-evaluare interactive, cu caracter practic-aplicativ, care determină formarea competențelor specifice cu care acestea sunt corelate.

## Pagina de prezentare a unității de învățare

Numărul unității de învățare

Conținuturi

Titlul unității de învățare

Competențe specifice

## Pagini de lecție

Titlul lecției

Întrebări inițiale ale lecției

Metoda de descoperire prin exemplu de calcul

Răspunsurile la întrebările inițiale

## Aplicații

Modul de organizare a activității elevilor: individual, în perechi sau în grup

Experiment

Obiectivele proiectului

Concluzie

MINI-LAB Proiect

Aplicații practice

Aplicații virtuale

Rubrică de informare PENTRU CURIOSI



# Metode complementare de evaluare

## Exemple practice

**UNITATEA 3 FENOMENE OPTICE**

**CONȚINUTUL FIZIC**

Descoperirea lui Newton (1642-1726) a măsurat pentru prima dată cu precizie viteza luminii, în anul 1686. El a arătat că mărimea vitezei luminii în vid este aceeași în toate direcțiile și este independentă de viteza sursei și a receptorului.

În anul 1802, James Clerk Maxwell (1831-1879) a formulat teoria undelor electromagnetice, demonstrând că lumina este o undă electromagnetică.

Albert Einstein (1879-1955) a dezvoltat teoria relativității speciale, demonstrând că viteza luminii în vid este constantă în toate sistemele de referință inerțiale.

**TEMĂ DE PORTOFOLIU**

Construiește un dispozitiv care să demonstreze că lumina este o undă transversală. Folosește un laser, un suport pentru ecran și un suport pentru ecran. Înregistrează și descrie rezultatele experimentului.

**LABORATOR**

Construiește un dispozitiv care să demonstreze că lumina este o undă transversală. Folosește un laser, un suport pentru ecran și un suport pentru ecran. Înregistrează și descrie rezultatele experimentului.

**ACTIVITĂȚI DE EVALUARE**

1. Explică fenomenul prin care un obiect strălucitor apare strălucitor în diferite direcții.

2. Explică fenomenul prin care un obiect strălucitor apare strălucitor în diferite direcții.

## Probleme rezolvate

**UNITATEA 2 FENOMENE ELECTRICE ȘI MAGNETICE**

**Probleme rezolvate**

1. Dacă înlocuim un electromagnet cu unul care are o rezistență mai mare, cum se schimbă câmpul magnetic în jurul său?

2. Dacă înlocuim un electromagnet cu unul care are o rezistență mai mică, cum se schimbă câmpul magnetic în jurul său?

3. Dacă înlocuim un electromagnet cu unul care are o rezistență mai mare, cum se schimbă câmpul magnetic în jurul său?

**ACTIVITĂȚI DE EVALUARE**

1. Explică fenomenul prin care un obiect strălucitor apare strălucitor în diferite direcții.

2. Explică fenomenul prin care un obiect strălucitor apare strălucitor în diferite direcții.

## Test de evaluare (cu autoevaluare)

**UNITATEA 2 FENOMENE ELECTRICE ȘI MAGNETICE**

**TEST PENTRU AUTOEVALUARE**

1. Dacă înlocuim un electromagnet cu unul care are o rezistență mai mare, cum se schimbă câmpul magnetic în jurul său?

2. Dacă înlocuim un electromagnet cu unul care are o rezistență mai mică, cum se schimbă câmpul magnetic în jurul său?

3. Dacă înlocuim un electromagnet cu unul care are o rezistență mai mare, cum se schimbă câmpul magnetic în jurul său?

**JURNAL DE ÎNVĂȚARE**

1. Dacă înlocuim un electromagnet cu unul care are o rezistență mai mare, cum se schimbă câmpul magnetic în jurul său?

2. Dacă înlocuim un electromagnet cu unul care are o rezistență mai mică, cum se schimbă câmpul magnetic în jurul său?

Temă pentru portofoliu

Itemi de evaluare

Jurnal de învățare

## Varianta digitală



Varianta digitală cuprinde integral conținutul manualului în variantă tipărită, având în plus exerciții interactive, jocuri educaționale, animații, filme și simulări.

Toate acestea au obiectivul de a aduce un plus de valoare cognitivă. Paginile din manual pot fi vizionate pe desktop, laptop, tabletă, telefon, oferind o experiență excelentă de navigare.

Navigarea în varianta digitală permite parcurgerea manualului și revenirea la activitatea de învățare precedentă.

Forma electronică a manualului școlar are un conținut similar celei tipărite și cuprinde, în plus, o serie de activități multimedia interactive de învățare: statice, animate, interactive.

<p><b>AMII static</b></p>	Cuprinde desene, fotografii, diagrame statice, hărți statice.
<p><b>AMII animat</b></p>	Cuprinde animații sau filme.
<p><b>AMII interactiv</b></p>	Cuprinde elemente educaționale cu grad înalt de interactivitate (simulări de procese, rezolvare de probleme, experiment și descoperire, jocuri educative), prin care elevul reușește să adauge o valoare cognitivă superioară.

## COMPETENȚELE GENERALE ȘI COMPETENȚELE SPECIFICE CONFORM PROGRAMEI ȘCOLARE PENTRU DISCIPLINA FIZICĂ, CLASA A VIII-A, APROBATĂ PRIN OMEN NR. 3393/28.02.2017

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



# UNITATEA 1 FENOMENE TERMICE

Vom explora și vom descoperi noi fenomene, legile și aplicațiile lor

- ✓ Agitația termică
- ✓ Echilibrul termic
- ✓ Căldura
- ✓ Transmiterea energiei sub formă de căldură
- ✓ Calorimetrie
- ✓ Stările de agregare

25.3 °C

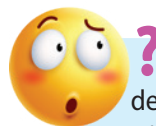
7.2

Competențe specifice:

1.1, 1.2, 1.3, 2.1, 2.2, 2.3, 3.1, 3.2, 3.3, 4.1, 4.2

## 1.1. Fenomene termice

### 1.1.1. Mișcarea browniană. Agitația termică. Difuzia. Starea de încălzire. Echilibrul termic. Temperatura empirică



? Oare cum ajunge mirosul de la corpul care îl emană până la persoana care îl simte? Și cât de repede?

Dacă într-o încăpere sunt aduse anumite corpuri, mirosul acestora se răspândește în toate direcțiile, indiferent de starea lor de agregare. Totuși, putem observa că este necesar să treacă un timp oarecare până când mirosul ajunge de la un obiect la persoana care percepe mirosul.



#### EXPERIMENT 1 Studiul mișcării browniene

##### Materiale necesare

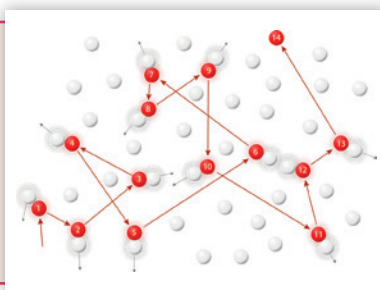
- mină de creion colorat
- microscop
- apă

##### Mod de lucru

- ▶ Pisează vârful creionului colorat pentru a obține un praf foarte fin. Amestecă praful cu foarte puțină apă.
- ▶ Ia o picătură din amestecul de apă cu praf colorat și pune-o pe lamela unui microscop. Studiază la microscop ce se întâmplă cu particulele de praf colorat.
- ▶ Încearcă să reproduci pe o hârtie traiectoria unei particule de praf observate la microscop.
- ▶ Observă poza traiectoriei obținute la experimentul făcut în laborator!

#### CONCLUZII

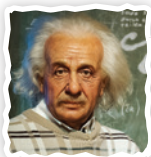
- Mișcarea particulelor de praf colorat indică faptul că apa este alcătuită din particule minuscule aflate în permanentă mișcare.
- Forma traiectoriei unui grăunte fin de praf colorat indică faptul că mișcarea particulelor din care este alcătuită apa este haotică (fără o direcție privilegiată) și fracturarea traiectoriei este determinată de ciocniri succesive între particula de praf și particulele de apă.



#### DIN ISTORIA FIZICII



În 1827, botanistul britanic de origine scoțiană Robert Brown a evidențiat pentru prima dată experimental faptul că materia este formată din particule minuscule aflate în mișcare. El a văzut cum particulele fine de polen aflate în suspensie pe lama unui microscop se mișcă ușor și haotic, iar vitezele acestor molecule cresc odată cu creșterea temperaturii. În onoarea marelui botanist, mișcarea particulelor vizibile la microscop poartă denumirea de **mișcare browniană**.



În 1905, Albert Einstein a descris matematic mișcarea browniană. Particulele de polen sunt lovite de particule minuscule de apă, care sunt de sute de ori mai mici decât particulele de polen și, de aceea, ele nu sunt vizibile la microscop. Particulele de apă se numesc **molecule** și, pentru că mișcarea lor haotică depinde de temperatură, aceasta se numește **agitație termică**.

**Să ne reamintim!**

Dacă analizăm starea unui corp, spunem despre el că este **cald** sau **rece**. Astfel, ne referim la **starea de încălzire** a acelui corp.

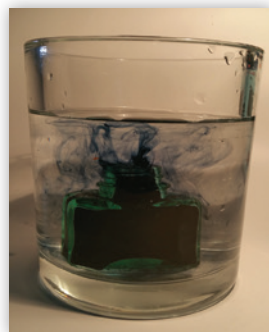
Starea de încălzire a unui corp este descrisă cantitativ de mărimea fizică scalară fundamentală numită **temperatură**. Instrumentul de măsură folosit pentru măsurarea temperaturii este **termometrul**.

**EXPERIMENT 2 Difuzia****A. Materiale necesare**

- un vas transparent
- un recipient mic (sticluță, pahar mic)
- cerneală
- apă

**A. Mod de lucru**

- ▶ Pune cerneală în recipientul mic și așază-l în interiorul vasului.
- ▶ Pune apă în vas până când nivelul apei depășește marginea superioară a recipientului mic. (Indicație: dacă vrei ca experimentul să dureze mai puțin timp, ai grijă ca apa pe care o torni în vas să fie caldă.)

**B. Materiale necesare**

- două vase transparente
- apă rece și apă caldă
- cerneală

**B. Mod de lucru**

- ▶ Pune într-un vas apă rece (de la frigider) și în celălalt apă caldă.
- ▶ Pune cantități aproximativ egale de cerneală în cele două vase.

**CONCLUZIE**

Moleculele de cerneală pătrund printre moleculele de apă fără să se acționeze din exterior. Acest fenomen este numit **difuzie** și poate fi explicat pe baza agitației termice.

Experimente realizate de-a lungul timpului de către fizicieni au arătat că difuzia apare în toate stările de agregare ale corpurilor și că se realizează mai rapid atunci când temperatura este mai mare.



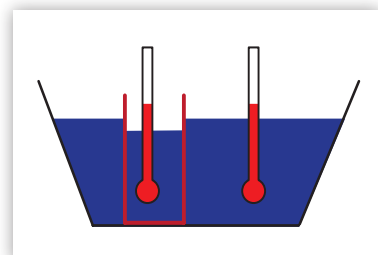
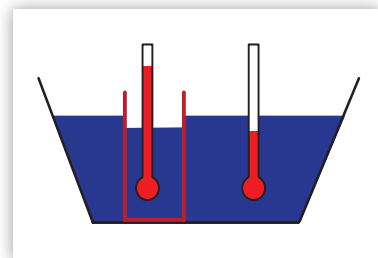
Pentru verificarea experimentală a proceselor descrise accesați: [https://phet.colorado.edu/sims/html/diffusion/latest/diffusion\\_en.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/diffusion/latest/diffusion_en.html) și urmați instrucțiunile găsite acolo.

**EXPERIMENT 3 Măsurarea temperaturii. Echilibrul termic****Materiale necesare**

- un vas transparent
- un pahar transparent
- apă caldă
- apă rece
- două termometre

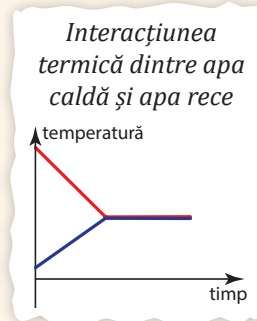
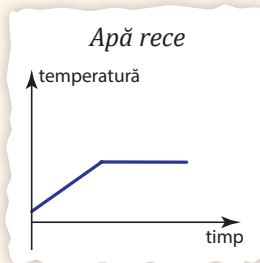
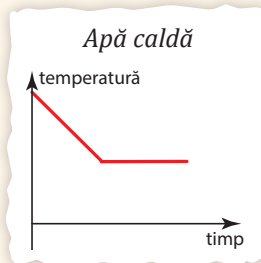
**Mod de lucru**

- ▶ Pune apă rece în vas și apă caldă în pahar.
  - ▶ Pune termometrele în apa din cele două recipiente, pentru a monitoriza ce se întâmplă cu temperatura apei pe durata experimentului.
  - ▶ Introdu paharul cu apă caldă în vas astfel încât apa caldă și apa rece să nu se amestece, dar să poată interacționa termic prin intermediul paharului.
- ▶ Așteaptă câteva minute.
- ▶ Observă indicațiile inițiale ale termometrelor.
- ▶ Ce se întâmplă cu indicațiile termometrelor la câteva minute după ce ai pus paharul cu apă caldă în vasul cu apă rece?



## CONCLUZIE

Atunci când un corp cald este pus în contact cu un corp rece, temperatura corpului cald începe să scadă și cea a corpului rece începe să crească. Dar acest tip de variație se sfârșește după un timp, atunci când cele două corpuri ajung să aibă aceeași temperatură. Această stare finală, în care temperatura corpurilor nu mai variază, se numește stare de **echilibru termic**. Spunem că apa din vas este în echilibru termic cu apa din pahar, iar temperatura lor, comună, se numește **temperatură de echilibru**.



## DIN ISTORIA FIZICII

În 1742, fizicianul suedez Anders Celsius propunea măsurarea temperaturii cu ajutorul unui **termometru** a cărui funcționare se bazează pe dilatarea mercurului. El alege ca repere **temperatura de fierbere a apei** (100 °C) la presiune atmosferică normală și **temperatura de topire a gheții** (0 °C) la presiune atmosferică normală. Deoarece această scară de temperatură are ca repere valorile determinate experimental ale unei mărimi, ea se numește **temperatură empirică** și se notează cu **t**.



În 1848, fizicianul britanic William Thomson (devenit ulterior Lord Kelvin) afirma că se poate realiza o scară de măsurare a temperaturii care să nu depindă de nicio substanță, cu alte cuvinte, o **scară absolută**. Această observație are la bază legătura biunivocă între temperatura unui corp și nivelul de agitație termică a moleculelor sau atomilor acestuia. Valoarea zero a temperaturii absolute corespunde stării în care agitația termică încetează complet. Ea a fost ulterior determinată și corespunde unei temperaturi de -273,15 °C. De aceea, în SI, unitatea de măsură a temperaturii este **Kelvin**, iar temperatura măsurată în Kelvin se numește **temperatură absolută** și se notează cu **T**.



$$T = t + 273; t = T - 273.$$

## DE REȚINUT

**Mișcarea Browniană**

- Poartă numele botanistului Robert Brown.
- Reprezintă mișcarea unor particule fine de solid aflate în suspensie în lichide sau gaze.
- Este cu atât mai intensă cu cât:
  - particulele în suspensie sunt mai mici;
  - lichidul e mai puțin vâcos;
  - temperatura e mai ridicată.

**Agitația termică**

- Reprezintă mișcarea moleculelor unui corp.
- Este prezentă la toate corpurile, indiferent de starea de agregare.
- Este spontană și neîncetată.
- Este haotică.
- Este mai intensă (vitezele moleculelor sunt mai mari) la temperaturi mai ridicate.

**Difuzia**

- Reprezintă pătrunderea moleculelor unui corp printre moleculele altui corp, fără intervenție din exterior.
- Se realizează mai rapid dacă temperatura corpurilor este mai mare.
- Apare în toate stările de agregare.



Mirosul unui corp poate fi simțit datorită difuziei în aer a moleculelor purtătoare de miros provenite de la acel corp. Difuzia se realizează mai rapid dacă temperatura la care are loc este mai mare.



## APLICAȚII ÎN TEHNICĂ

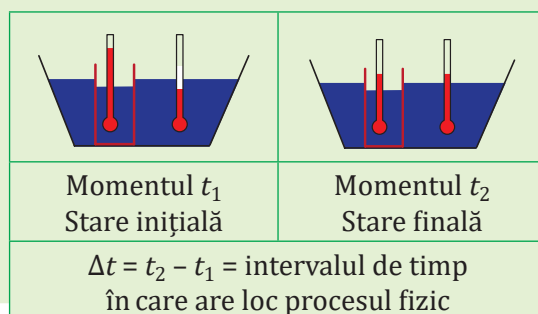


Una dintre cele mai spectaculoase aplicații tehnice ale studiului agitației termice a fost **motorul cu aburi**. La construcția acestuia au contribuit, în timp, mai mulți oameni de știință, ultimul fiind James Watt. Astfel, a fost posibilă construirea locomotivelor și a vapoarelor cu aburi.



### 1.1.2. Căldura, mărime de proces

**OBSERVAȚIE:** Dacă aducem un corp cald în contact cu un corp rece, temperatura corpului cald scade – și spunem despre el că se răcește –, iar temperatura corpului rece crește – și spunem despre el că se încălzește. Putem observa că schimbarea stării de încălzire a unuia dintre corpuri se face pe seama schimbării stării de încălzire a celuilalt și spunem că are loc un schimb de energie între cele două corpuri, pe care îl numim **căldură**.



? Ce fel de mărime fizică este căldura? Ce măsoară ea?



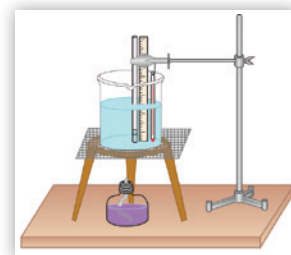
### EXPERIMENT 1 Transferul de energie sub formă de căldură

#### Materiale necesare

- spirtieră
- cronometru
- termometru
- vas cu apă

#### Mod de lucru

- ▶ Pune apă în vas. Măsoară temperatura inițială a apei. Încălzește apa cu ajutorul spirtierei.
- ▶ Cronometrează procesul de încălzire și observă cât timp este necesar pentru creșterea temperaturii apei cu 5 °C. Dar pentru creșterea cu 15 °C?



#### DIN ISTORIA FIZICII

**James Prescott Joule** a fost un fizician englez care între anii 1840 și 1875 a realizat o serie de experimente de natură să clarifice conceptul de energie, tipurile de energie (mecanică, calorică, electrică etc.) și relațiile dintre ele. Printre altele, Joule s-a ocupat și cu studiul căldurii. În onoarea sa, unitatea de măsură pentru energie se numește **Joule** și de notează cu simbolul  $J$ .

#### CONCLUZIE

Cu cât timpul de încălzire al apei crește, crește și temperatura apei, deci pentru timpi de încălzire mai mari, apa primește mai multă căldură.

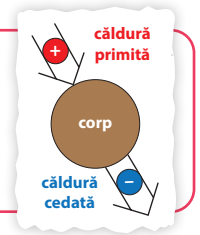
#### DE REȚINUT

În procesele de încălzire sau de răcire, corpurile își transferă unul altuia energie termică numită căldură. Căldura este o mărime fizică scalară, se notează cu simbolul  $Q$  și are ca unitate de măsură în Sistemul Internațional:

$$[Q]_{SI} = 1 J.$$

Căldura **primită** de un corp într-un proces de încălzire este considerată **pozitivă**, iar cea **cedată** de un corp într-un proces de răcire este considerată **negativă**.

Căldura nu reprezintă o caracteristică a unui corp, deci nu este o mărime fizică de stare, ci o caracteristică a unui proces, deci este o **mărime fizică de proces**.



### TEMPERATURĂ – STARE – MOMENT DE TIMP

**Temperatura** este **mărimea fizică de stare** care descrie starea termică sau de încălzire a unui corp. La fiecare **moment** de timp corpul are o temperatură. În cazul unui **proces** termic de încălzire sau de răcire, temperatura variază; astfel, pentru un interval de timp  $\Delta t = t_2 - t_1$ , putem calcula o variație corespunzătoare a temperaturii:  $\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$ , unde cu  $\theta_1$  am notat temperatura corpului la momentul  $t_1$  și cu  $\theta_2$ , temperatura corpului la momentul  $t_2$ .

### CĂLDURĂ – PROCES – INTERVAL DE TIMP

**Căldura** este **mărimea fizică de proces** care măsoară energia termică transmisă de un corp altui corp într-un proces. În cazul unui **proces** termic de încălzire sau de răcire care are loc într-un interval de timp  $\Delta t = t_2 - t_1$ , căldura transferată între corpuri se calculează pentru tot intervalul. Ea poate fi notată, de exemplu,  $Q_{12}$ .



Căldura este o mărime fizică **scalară, de proces**, care se notează cu simbolul  $Q$ , se măsoară în Joule și reprezintă energia termică transferată de la un corp la altul.

## 1.1.3. Transmiterea energiei sub formă de căldură – prin conducție, convecție, radiație



În timp ce fierbem apă într-un ceainic, mânerul acestuia, acoperit cu material nemetalic, nu frige, dar vasul metalic este foarte fierbinte. Aburul care iese din ceainic se ridică.

Modul în care trece de la un corp la altul energia sub formă de căldură, prin diverse materiale, respectă anumite reguli și depinde de stările lor de agregare.



Cum se transmite energia sub formă de căldură de la un corp la altul? Este aceasta influențată de starea de agregare a corpurilor între care are loc transferul de energie?



### EXPERIMENT 1 Conducția

#### A. Materiale necesare

- tijă metalică
- suport de prindere
- lumânare
- piuneze

#### A. Mod de lucru

- ▶ Fixăm tija în poziție orizontală cu ajutorul suportului și lipim din loc în loc piuneze cu ceară picurată din lumânarea aprinsă.
- ▶ Încălzim capătul liber al tijeii cu flacăra lumânării și observăm ce se întâmplă.
- ▶ În ce ordine cad piunezele?

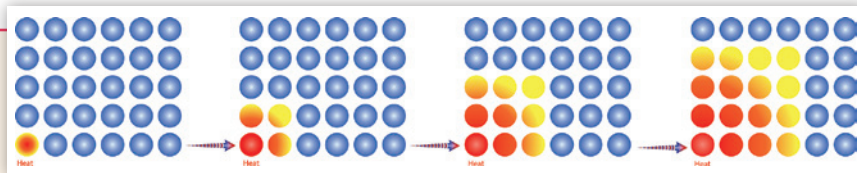


**OBSERVAȚIE:** Piunezele cad atunci când ceara cu care sunt lipite preia de la tija suficientă căldură pentru a se topi. Ele se desprind una câte una, începând cu cea mai apropiată de capătul încălzit al tijeii.



**CONCLUZIE**

În cazul unui corp solid – cum este tija metalică din experiment – particulele din care este alcătuită substanța nu se deplasează unele printre altele în mod vizibil, ci își transferă energia din aproape în aproape, de la una la alta. Acest tip de transfer de energie sub formă de căldură se numește **conducție**.

**B. Materiale necesare**

- spirtieră
- tije de aceeași lungime, din materiale diferite (aluminiu, cupru, sticlă, ceramică sau alt material neinflamabil)
- ceară de la o lumânare aprinsă
- suport de lemn
- piuneze

**B. Mod de lucru**

- ▶ Lipim câte o piuneză pe un capăt al fiecărei tije cu ceară topită de la lumânare.
- ▶ Fixăm tijele pe suport ca în imagine, astfel încât celălalt capăt al lor să se încălzească de la spirtieră. Cad piunezele deodată?

**CONCLUZIE**

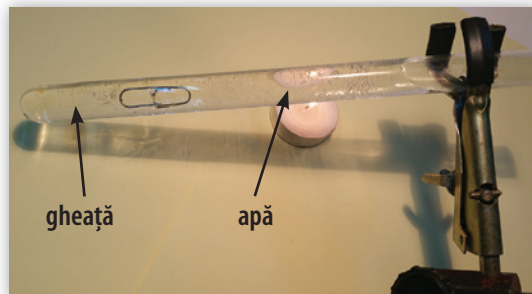
Unele substanțe permit mai ușor conducția căldurii și de aceea le numim **conductoare termice**; prin alte materiale căldura este transmisă mai greu, de aceea le numim **izolatoare termice**.

**C. Materiale necesare**

- lumânare aprinsă
- agrafă de birou
- eprubetă
- suport
- gheață
- apă

**C. Mod de lucru**

- ▶ Introducem în eprubetă câteva bucăți de gheață. Utilizăm agrafa pentru a fixa gheața la fundul eprubetei.
- ▶ Ținem eprubeta într-o poziție înclinată cu ajutorul suportului, astfel încât partea sa superioară să fie încălzită de la flacăra lumânării. Observăm că apa fierbe în partea superioară a eprubetei, în timp ce gheața rămâne netopită.



⚡ Apa nu este un bun conductor termic.

**DE REȚINUT**

- **Conducția în solide** – se realizează din aproape în aproape, cu viteză mai mare la materiale conductoare termice (metale) și mai lent la materialele numite izolatoare termice (lemn, material textil, cauciuc etc.).
- **Conducția în lichide** – în majoritatea lichidelor, conducția se realizează mult mai lent decât la solidele conductoare termice. Una dintre cauze este faptul că densitatea lichidelor e în general mai mică decât a solidelor.
- **Conducția în gaze** – se realizează cu dificultate și mai mare decât la lichide. De aceea, gazele sunt considerate bune izolatoare termice. Acesta este motivul pentru care o fereastră dublă izolează termic mai bine decât una simplă.
- **Conducția în vid** – propagarea căldurii prin conducție în vid este imposibilă, deoarece conducția este transferul căldurii de la o particulă la alta, iar vidul înseamnă lipsa particulelor.



## EXPERIMENT 2 Convecția

### A. Materiale necesare

- lumânare
- suport
- coală de hârtie

### A. Mod de lucru

- ▶ Decupăm coala de hârtie după modelul alăturat.
- ▶ Sprijinim spirala rezultată și o plasăm deasupra lumânării aprinse astfel încât distanța dintre flacără și baza ei să fie de aproximativ 10 cm.

▶ Observă ce se întâmplă. Cine rotește spirala?



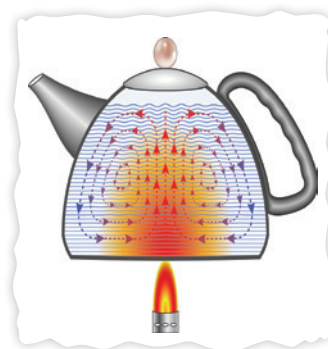
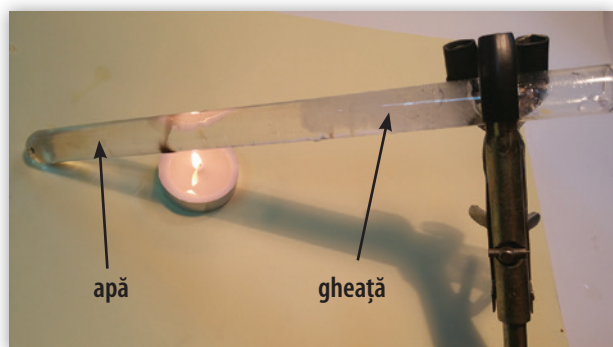
## CONCLUZIE

Aerul de deasupra flăcării se încălzește și se ridică. În cazul gazelor sau al lichidelor, energia nu se transmite doar de la o particulă la alta, învecinată cu ea, ci se transmite și prin crearea unor curenți de fluid. Acest mod de transmitere a energiei sub formă de căldură se numește **convecție**.

Dacă în experimentul cu eprubeta – prezentat anterior – gheața ar fi fost lăsată să plutească, iar flacăra ar fi încălzit partea de jos a eprubetei, gheața s-ar fi topit înainte ca apa să înceapă să fiarbă pentru că transmiterea energiei

sub formă de căldură s-ar fi făcut prin **convecție** și nu prin **conducție**. Cum însă, prin convecție fluidul cald se ridică, în cazul în care gheața a fost ținută în partea de jos a eprubetei, căldura nu putea ajunge la ea decât prin conducție. Acesta este motivul pentru care

sursa de căldură cu care încălzim apa sau aerul este cu atât mai eficientă cu cât este poziționată mai jos.



### B. Materiale necesare

- fir de ață
- fâșii de hârtie subțire
- bandă adezivă

### B. Mod de lucru

- ▶ Lipim pe firul de ață fâșiile de hârtie.
- ▶ Fixăm firul de ață pe marginile unei ferestre deschise, întâi în partea inferioară, apoi la mijloc și ulterior în partea superioară a acesteia, ca în imaginile alăturate.
- ▶ Ce putem observa?

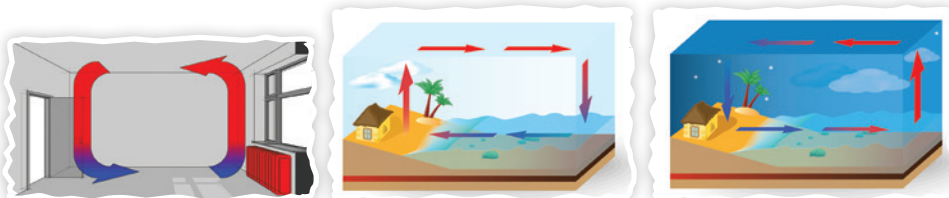


**CONCLUZIE**

Atunci când aerul atmosferic este mai rece decât aerul din încăpere, fâșiile de hârtie se orientează către interiorul încăperii dacă se află în partea de jos a ferestrei și, respectiv, către exteriorul ei atunci când se află în partea superioară. Dacă se află la mijlocul ferestrei, vor rămâne în poziție verticală.

Într-o încăpere, căldura se transmite în aer prin curenți de convecție. Aerul încălzit de calorifer se ridică și, fiind mai cald decât obiectele din jur, cedează căldură acestora; cedând căldură el se răcește și coboară, iar procesul se reia, ciclic.

Acest mod de transmitere a căldurii este ușor de sesizat la țărmul mării. În timpul zilei, pământul devine mai cald decât apa și încălzește aerul mai mult decât o face marea, astfel încât vântul bate dinspre mare; noaptea, pământul se răcește mai rapid decât marea și vântul bate înspre mare. De aceea briza suflă ziua într-un sens și noaptea în sens invers.

**EXPERIMENT 3** Radiația**Materiale necesare**

- sursă de căldură
- două termometre (preferabil identice)
- hârtie neagră
- staniol
- vas cu apă
- sursă de căldură

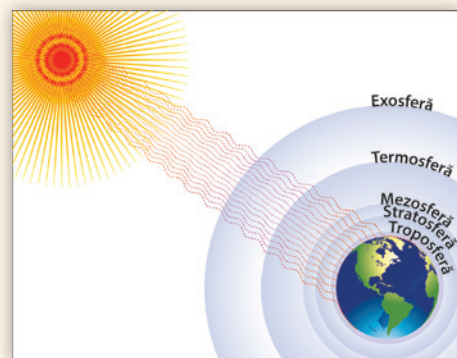
**Mod de lucru**

- ▶ Pune ambele termometre în același vas cu apă și asigură-te că ele indică aceeași temperatură.
- ▶ Învelește recipientul cu mercur al unui termometru cu hârtie neagră, iar recipientul cu mercur al celuilalt termometru cu staniol.
- ▶ Apropie cele două termometre la aproximativ 5-6 cm de o flacără sau de un radiator electric.
- ▶ Urmărește ce se întâmplă cu indicațiile termometrelor.

**CONCLUZIE**

Corpurile calde emit **radiație** electromagnetică. Aceasta poate trece prin orice mediu, chiar și prin vid. Radiația nu depinde de existența particulelor.

Căldura care ajunge pe Pământ de la Soare este transferată prin radiație. Toate corpurile absorb radiații și reflectă radiații. Cele care absorb mai mult decât reflectă, cum e hârtia neagră, preiau mai multă căldură. Cele care reflectă mai mult decât absorb, cum e staniolul, preiau mai puțină căldură. De aceea este recomandat ca vara să ne îmbrăcăm cu haide de culori deschise.

**DE REȚINUT**

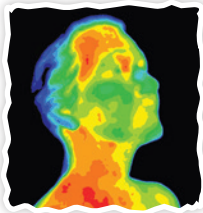
- **Transmiterea căldurii prin conducție** – predomină în cazul transferului căldurii în corpurile **solide**.
- **Transmiterea căldurii prin convecție** – predomină în cazul transferului căldurii în corpurile **fluide** (lichide și gaze).
- **Transmiterea căldurii prin radiație** – predomină atunci când corpurile nu sunt în contact, ci la distanță; acestea își transferă căldură și prin **vid**.



## APLICAȚII ÎN TEHNICĂ

### Termosul

Termosul este un vas care păstrează lichidele fierbinți sau reci. El are pereți dubli de sticlă (material izolator termic); între pereți este vid. Vidul împiedică atât conducția, cât și convecția. Peretele exterior de sticlă este argintat, reflectând radiația. Pereții de sticlă sunt protejați cu o învelitoare de plastic rigid. Dopul este confecționat tot dintr-un material izolator termic și închide ermetic vasul.

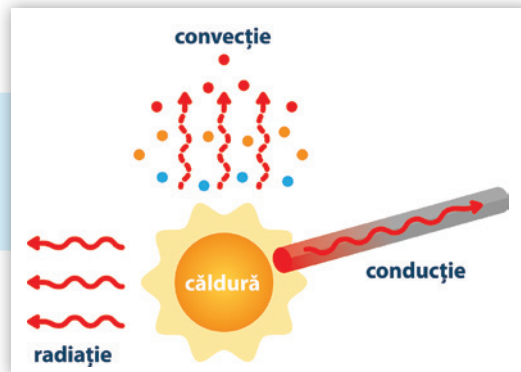


### Vizualizarea încălzirii corpurilor

O utilizare tehnică a radiației emise de corpuri este realizarea hărților prin transformarea radiației infraroșii în radiație vizibilă. Se pot observa pe astfel de hărți zonele mai calde colorate în roșu, iar cele mai reci colorate albastru.



Căldura se transmite prin trei modalități: **conducție**, **convecție** și **radiație**. Cel mai adesea, în procesele de transfer al căldurii sunt întâlnite toate trei. În multe situații predomină una dintre ele.



## 1.1.4. Extindere în tehnologie: Motorul termic



Autoturismele fac parte din viața noastră. Faptul că putem să ne deplasăm cu ușurință în zilele noastre este datorat invenției **motorului termic**.



Cum funcționează un motor termic?

Cel mai simplu motor termic pe care îl putem realiza este dispozitivul prezentat în lecția anterioară: lumânarea plasată sub o spirală de hârtie.



### EXPERIMENT 1 Motorul termic

#### Materiale necesare

- lumânare
- spirală de hârtie
- trepied
- tijă
- apă fierbinte
- seringă

#### Mod de lucru

- ▶ Trage de pistonul unei seringi astfel încât să intre aer în aproximativ un sfert din volumul seringii.
- ▶ Citește pe gradația seringii poziția pistonului.

- ▶ Astupă ermetic orificiul seringii (cu adeziv sau cu plastic topit).
- ▶ Încălzește aerul din seringă prin introducerea în apă fierbinte și lasă pistonul liber să se miște.
- ▶ Verifică poziția pistonului după câteva minute.



### CONCLUZIE

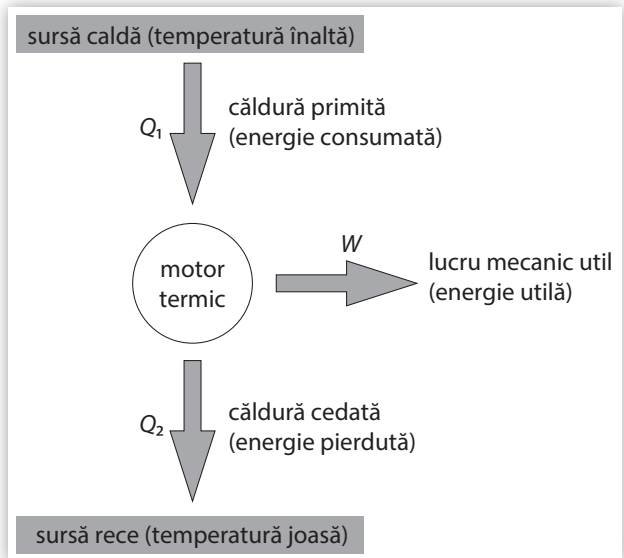
În anumite situații, atunci când căldura trece de la un corp cu temperatura mai mare la unul cu temperatura mai mică, ea poate pune în mișcare anumite corpuri. În experimentul anterior, căldura degajată de flacără pune în mișcare spirala de hârtie sau pistonul seringii.

Desenul alăturat prezintă schema energetică de funcționare a unui motor termic.

Dispozitivul primește căldură de la o sursă de căldură numită „sursă caldă”. O parte din căldură este transformată în energie mecanică (lucru mecanic), iar cealaltă parte este cedată unui alt corp, numit „sursă rece”. După cedare, dispozitivul revine în starea inițială și reia aceleași procese.

Motorul termic funcționează parcurgând astfel de „cicluri de funcționare” în mod repetat.

**Nicolas Léonard Sadi Carnot** (1796–1832) a fost fizician și inginer francez, care a studiat posibilitatea transformării căldurii în mișcare mecanică. El a publicat aceste studii în 1824 într-o carte numită „Reflecții asupra puterii motrice a focului”.



**DEFINIȚIE:** Randamentul motorului termic este mărimea fizică egală cu raportul dintre lucrul mecanic util furnizat de motor (energia utilă) și energia consumată (căldura primită de la sursa caldă):

$$\eta = \frac{L}{Q_{\text{primit}}}$$

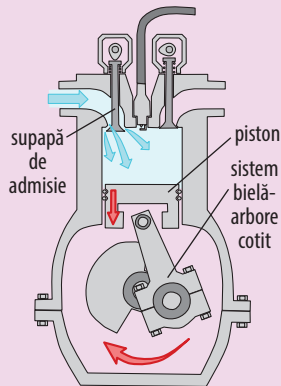
### DE REȚINUT

- Căldura necesară funcționării motorului termic se obține, de obicei, prin arderea unor substanțe numite **combustibili**. Dacă arderea are loc în exteriorul motorului, acesta se numește **motor cu ardere externă**. Dacă, însă, arderea are loc în interiorul motorului, acesta se numește **motor cu ardere internă**.
- În cazul motoarelor cu ardere internă, aprinderea se poate face în mai multe moduri: prin scânteie, prin compresie etc.
- Ciclul de funcționare al motorului poate fi descompus în două etape – caz în care motorul se numește **motor în doi timpi** – sau în patru etape – cazul **motorului în patru timpi**.

Pentru exemplificare vom ilustra în continuare modul de funcționare a unui **motor cu ardere internă cu aprindere prin scânteie**, care funcționează în **patru timpi**. Dispozitivul este alcătuit dintr-un cilindru care are în interior un piston (asemănător cu cel al seringii). Cilindrul are două orificii care se pot deschide sau închide cu ajutorul a două supape. Unul dintre orificii este legat printr-un canal de comunicare cu rezervorul în care se găsesc vapori de benzină (lichid care arde ușor), iar celălalt este conectat la țeava de eșapament. În capătul cilindrului este montată o bujie care, prin acționare electrică, produce scânteie. Pistonul este conectat la un sistem de bare și articulații numit „bielă-manivelă” care transformă mișcarea rectilinie a pistonului în mișcare de rotație a unui ax.

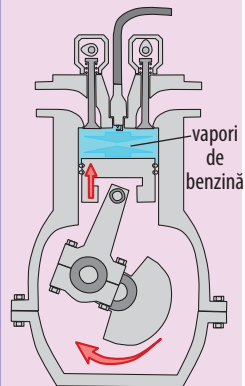


### Timpul 1: Admisia



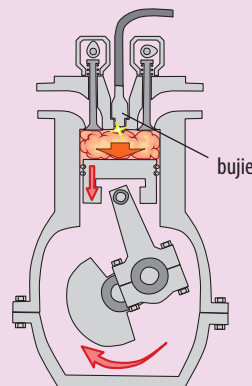
Se deschide supapa de admisie, vaporii de benzină pătrund în cilindru, pistonul coboară, articulația mecanismului bielă-manivelă coboară.

### Timpul 2: Compresia



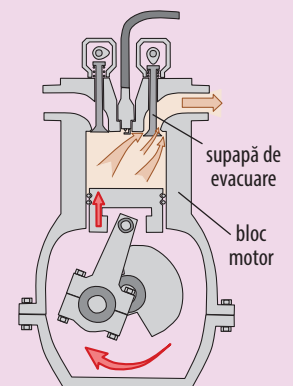
Cu ambele supape închise, pistonul urcă. Vaporii de benzină sunt comprimați, deci presiunea lor crește.

### Timpul 3: Aprinderea și detenta



Bujia produce o scânteie care aprinde brusc vaporii de benzină, a căror ardere produce căldură. Substanțele rezultate din ardere împing pistonul în jos, transformând o parte din căldură în lucru mecanic.

### Timpul 4: Arderea și evacuarea



Se deschide supapa de evacuare; pistonul, în mișcarea lui ascendentă (inerțială) împinge afară din cilindru gazul ars, iar dispozitivul devine pregătit pentru o nouă admisie.



Un motor termic transformă căldura rezultată din arderea unui combustibil în lucru mecanic. În timpul funcționării, el cedează o parte din căldură – deci este necesară existența unui sistem de răcire a motorului.

## 1.1.5. Coeficienți calorici. Calorimetrie



Atunci când ating un obiect de lemn cu o mână și unul de metal cu cealaltă mână, cel din lemn mi se pare mai cald decât cel din metal, deși ele se află de mai mult timp în aceeași încăpere, la aceeași temperatură.

Dacă vreau să încălzesc apa dintr-un ibric, am nevoie de mai puțină căldură decât dacă vreau să încălzesc apa dintr-un vas mai mare.



Cum poate fi calculată căldura primită sau cedată de un corp într-un proces de încălzire sau de răcire?



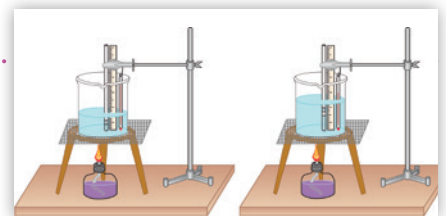
### EXPERIMENT 1 Factorii care influențează căldura primită/cedată

#### A. Materiale necesare

- două spirtiere
- cronometru
- două termometre
- două vase de sticlă
- apă

#### A. Mod de lucru

- Pune cantități diferite de apă având aceeași temperatură în cele două vase (de exemplu, 100 g în primul și 200 g în al doilea).
- Cronometrează cât timp este necesar pentru ca temperatura apei din primul vas să crească cu 15 °C și cât timp este necesar pentru ca temperatura apei din al doilea vas să crească cu 15 °C. Ce observi?



**CONCLUZIE**

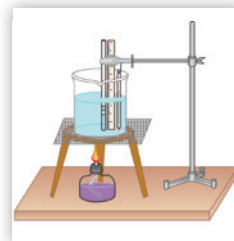
Căldura primită/cedată de un corp într-un proces de încălzire/răcire depinde de masa corpului. Comparând două corpuri, din aceeași substanță dar cu mase diferite, fiecare în proces de creștere a temperaturii cu același număr de grade, se constată că raportul căldurilor necesare pentru creșterea temperaturii corpurilor cu același număr de grade este același cu raportul maselor corpurilor. Putem, deci, afirma: **căldura** cedată/primită de un corp în procese de răcire/încălzire **este direct proporțională cu masa,  $m$** , a corpului care o cedază/primește.

**B. Materiale necesare**

- spirtieră
- cronometru
- termometru
- vas cu apă

**B. Mod de lucru**

- ▶ Pune apă în vas. Măsoară temperatura inițială a apei. Încălzește apa cu ajutorul spirtierei.
- ▶ Cronometrează procesul de încălzire și observă cât timp este necesar pentru creșterea temperaturii apei cu 5 °C. Dar pentru creșterea cu 15 °C?

**CONCLUZIE**

Căldura primită de un corp într-un proces de încălzire depinde de variația temperaturii în acel proces. Putem afirma: **căldura este direct proporțională cu variația,  $\Delta t$ , a temperaturii** corpului în procesele de încălzire și răcire.

**C. Materiale necesare**

- spirtieră
- cronometru
- termometru
- vase de sticlă
- apă
- ulei

**C. Mod de lucru**

- ▶ Pune apă într-un vas și ulei în celălalt vas, în cantități egale.
- ▶ Ai grijă ca apa și uleiul să fie inițial la aceeași temperatură.
- ▶ Cronometrează cât timp este necesar pentru ca temperatura apei să crească cu 15 °C.
- ▶ Cronometrează cât timp este necesar pentru ca temperatura uleiului să crească cu 15 °C. Ce observi?

**CONCLUZIE**

Într-un proces de încălzire, căldura primită de un corp pentru o anumită variație a temperaturii sale depinde de *natura substanței* din care este alcătuit corpul. Prin urmare, se poate defini o constantă de material numită *căldură specifică*.

**DE REȚINUT**

**Căldura specifică** se notează cu simbolul  **$c$**  și reprezintă căldura necesară încălzirii unui kilogram de substanță cu un grad Celsius. Expresia matematică a căldurii specifice a unei substanțe este:

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

unde:  $Q$  = căldura primită/cedată,  $m$  = masa de substanță,  $\Delta t$  = variația temperaturii.

Unitatea de măsură a căldurii specifice a unei substanțe rezultă din formula de calcul și este:  $[c]_{SI} = \frac{J}{kg \cdot K}$

Exemple de călduri specifice:

Substanța	Căldura specifică (J/kgK)	Substanța	Căldura specifică (J/kgK)
Apă	4185	Argint	251
Gheață	2090	Fier	460
Alcool etilic	2482	Aluminiu	920
Benzină	1880	Plumb	125
Cupru	382		

### DE APLICAT

Care este valoarea căldurii necesare pentru a ridica temperatura unei cantități de 500 g de apă de la 20 °C la 60 °C?

Conform relației de mai sus,

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t = 0,5 \text{ kg} \cdot 4185 \frac{\text{J}}{\text{kg K}} \cdot (60 \text{ }^\circ\text{C} - 20 \text{ }^\circ\text{C}) = 83700 \text{ J}.$$

**OBSERVAȚIE:** Variația temperaturii unui corp este aceeași când este exprimată în grade Celsius și când este exprimată în Kelvin:  $\Delta T = [(60+273)\text{K} - (20+273)\text{K}] = 40 \text{ K}$ ;  $\Delta t = 60 \text{ }^\circ\text{C} - 20 \text{ }^\circ\text{C} = 40 \text{ }^\circ\text{C}$ .

### DE REȚINUT

O unitate de măsură pentru căldură este **caloria**. O calorie reprezintă echivalentul energiei necesare pentru a ridica temperatura unui gram de apă distilată de la 19,5 °C la 20,5 °C:

$$1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J}$$

**OBSERVAȚIE:** Atunci când două corpuri diferite primesc aceeași căldură,  $Q$ , temperatura unuia variază cu  $\Delta t_1$ , dar a celuilalt variază cu  $\Delta t_2$ , diferit de  $\Delta t_1$ . Acest lucru se întâmplă din cauza maselor diferite și a substanțelor diferite din care este alcătuit fiecare dintre corpuri. Raportul dintre căldura primită și variația de temperatură corespunzătoare reprezintă o constantă de corp care descrie comportarea termică a aceluși corp și se numește *capacitate calorică*.



### DE REȚINUT

**Capacitatea calorică** a unui corp se notează cu  $C$  și reprezintă căldura necesară pentru a modifica temperatura unui corp cu un grad. Expresia matematică a capacității calorice a unui corp este:

$$C = \frac{Q}{\Delta t}$$

unde  $Q$  = căldura primită/cedată, iar  $\Delta t$  = variația temperaturii.

Unitatea de măsură a capacității calorice a unui corp rezultă din formula de calcul și este:

$$[C]_{\text{SI}} = \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

Relația dintre capacitatea calorică a unui corp și căldura specifică a substanței din care este alcătuit acesta:

$$C = m \cdot c$$

Căldura specifică și capacitatea calorică reprezintă doi **coeficienți calorici**.

### DE APLICAT

O cană conține 100 g apă. Capacitatea calorică a căni este 550 J/K. Care este valoarea căldurii necesare pentru ridicarea temperaturii căni cu apă de la 15 °C la 55 °C?

Căldura necesară va fi egală cu suma dintre căldura necesară încălzirii apei și cea necesară încălzirii căni:

$$\begin{aligned} Q &= Q_1 + Q_2 = m \cdot c \cdot \Delta t + C \cdot \Delta t = \\ &= 0,1 \text{ kg} \cdot 4185 \frac{\text{J}}{\text{kg K}} \cdot (55 \text{ }^\circ\text{C} - 15 \text{ }^\circ\text{C}) + 550 \frac{\text{J}}{\text{K}} \cdot (55 \text{ }^\circ\text{C} - 15 \text{ }^\circ\text{C}) = \\ &= 38740 \text{ J}. \end{aligned}$$

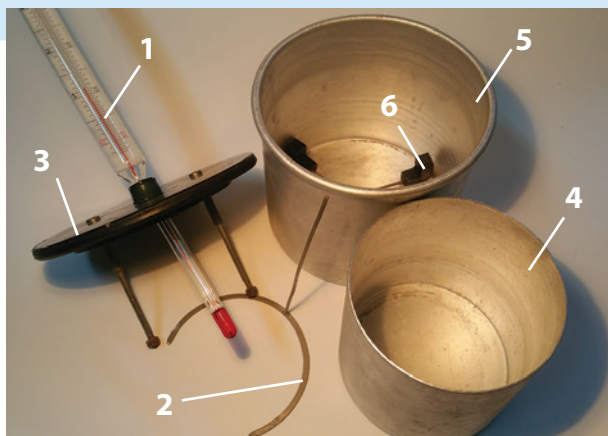




## APLICAȚII ÎN TEHNICĂ

### Calorimetrul

Calorimetrul este un dispozitiv experimental care izolează termic corpurile din interiorul său față de cele din exterior. El este compus dintr-un vas (4) plasat în interiorul unui alt vas, (5). Între cele două vase sunt montate suporturi din material izolator termic (6) care asigură un strat de aer (cu rol izolator termic) între cele două vase. Calorimetrul are un capac din material izolator termic (3) prevăzut cu două orificii prin care se introduc un termometru (1) și un agitator (2).



### EXPERIMENT 2 Calorimetria

#### Materiale necesare

- calorimetru
- două termometre
- cântar
- vas de sticlă
- apă caldă
- apă rece

#### Mod de lucru

- ▶ Cântărește vasul de sticlă; pune apă rece în el și cântărește din nou; calculează masa de apă rece prin diferență.
- ▶ Pune apa rece în calorimetru. Așteaptă stabilizarea temperaturii termometru-lui introdus în calorimetru. Citește și notează această temperatură.
- ▶ Pune apă caldă în vasul de sticlă și determină – ca mai sus – masa apei calde. Cu un alt termometru măsoară temperatura apei calde. Notează această temperatură.

- ▶ Toarnă apa caldă în calorimetru, peste cea rece. Așteaptă stabilizarea temperaturii și citește indicația termometru-lui. Notează datele în următorul tabel:

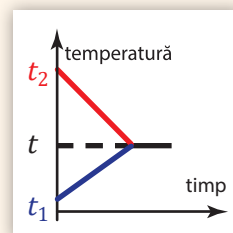
- ▶ Calculează căldura primită de apa rece,  $Q_1 = m_1 \cdot c \cdot (t - t_1)$ , apoi pe cea cedată de apa caldă,  $Q_2 = m_2 \cdot c \cdot (t - t_2)$ .  
Ce observi?

Corp	Masa (g)	Temperatura inițială (°C)	Temperatura de echilibru (°C)
Apa rece	$m_1 =$	$t_1 =$	$t =$
Apa caldă	$m_2 =$	$t_2 =$	

### CONCLUZIE

Valoarea determinată experimental a căldurii primite de apa rece este foarte apropiată de valoarea absolută determinată pentru căldura cedată de apa caldă. Diferența se datorează erorilor experimentale și faptului că am neglijat capacitatea calorică a calorimetrului.

Experimentul evidențiază faptul că, într-un proces de transfer de căldură de la un corp la altul, căldura cedată de un corp este egală cu căldura primită de celălalt corp. Reprezentând, într-o diagramă temperatură–timp, evoluțiile temperaturilor celor două cantități de apă, obținem graficul alăturat.



### DE REȚINUT

**Calorimetria** este acea parte din fizică în cadrul căreia se studiază transferul căldurii și coeficienții calorici.

**Ecuatia calorimetrică** este dată de relația matematică:  $Q_{\text{primit}} = |Q_{\text{cedat}}|$

## DE APLICAT

Într-un calorimetru care conține 300 g apă cu temperatura  $t_1 = 70\text{ }^\circ\text{C}$  și căldura specifică  $c_1 = 4185\text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$  se toarnă 200 g alcool cu temperatura  $t_2 = 20\text{ }^\circ\text{C}$  și căldura specifică  $c_2 = 2300\text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ . Temperatura de echilibru care se stabilizează în interiorul calorimetrului este de  $57\text{ }^\circ\text{C}$ . Ce capacitate calorică are calorimetrul?

Aplicăm ecuația calorimetrică:  $Q_{\text{primit}} = |Q_{\text{cedat}}|$ .

Corpurile care cedează sunt calorimetrul și apa:

$$Q_{\text{cedat}} = Q_1 + Q_C = m_1 \cdot c_1 \cdot (t - t_1) + C \cdot (t - t_1).$$

Corpul care primește este alcoolul:  $Q_{\text{primit}} = m_2 \cdot c_2 \cdot (t - t_2)$ .

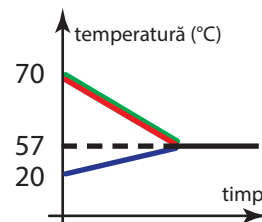
Pentru că  $t < t_1$ ,  $|Q_{\text{cedat}}| = m_1 \cdot c_1 \cdot (t_1 - t) + C \cdot (t_1 - t)$ .

Se obține, pentru capacitatea calorică:

$$C = \frac{m_2 \cdot c_2 \cdot (t - t_2) - m_1 \cdot c_1 \cdot (t_1 - t)}{t_1 - t}$$

$$C = 53,73\text{ J/K}.$$

Diagrama temperatură-timp, în acest caz este:



## EXPERIMENT 3

## Determinarea căldurii specifice a unui corp solid

## Materiale necesare

- încălzitor
- obiect mic metalic
- calorimetru
- cântar
- apă
- vas pentru fiert apă

## Mod de lucru

- ▶ Pune în calorimetru o masă de apă cântărită în prealabil.
- ▶ Cântărește corpul metalic, apoi încălzește-l ținându-l câteva minute în apă care fierbe într-un vas separat.
- ▶ Introdu corpul încălzit în apa din calorimetru. Așteaptă obținerea echilibrului termic și notează temperatura de echilibru.
- ▶ Notează datele în următorul tabel:

Corp	Masa (g)	Temperatura inițială ( $^\circ\text{C}$ )	Temperatura de echilibru ( $^\circ\text{C}$ )
Apă	$m_1 =$	$t_1 =$	$t =$
Corp metalic	$m_2 =$	$t_2 = 100\text{ }^\circ\text{C}$	

▶ Folosește ecuația calorimetrică și vei obține:

$$c_2 = \frac{m_1 \cdot c_1 \cdot (t - t_1)}{m_2 \cdot (t_2 - t)}.$$



Căldura schimbată de un corp cu alte corpuri în procese de încălzire și răcire se poate calcula cu ajutorul coeficienților calorigici: căldură specifică,  $Q = m \cdot c \cdot \Delta t$ ; capacitate calorică,  $Q = C \cdot \Delta t$  sau din ecuația calorimetrică:  $Q_{\text{primit}} = |Q_{\text{cedat}}|$ .

## 1.1.6. Stări de agregare. Caracteristici



Putem găsi în realitatea fizică înconjurătoare corpuri dure cum ar fi rocile, lemnul, sticla etc. – despre care spunem că sunt **solide** –, corpuri care curg, cum ar fi apa, uleiul, laptele etc. – despre care spunem că sunt **lichide** –, și altele care par să se descompună sau despre care știm că există, le simțim dar nu le vedem, cum sunt aerul, dioxidul de carbon, aburul etc. – despre care spunem că sunt **gazoase**.



? Care sunt caracteristicile corpurilor care țin de stările lor de agregare?

### EXPERIMENT 1 Starea solidă

#### Materiale necesare

- linguriță
- vase cu forme diferite

#### Mod de lucru

- ▶ Pune lingurița în vase diferite. Observă forma și volumul acesteia.
- ▶ Se modifică ele atunci când lingurița trece dintr-un vas în altul?

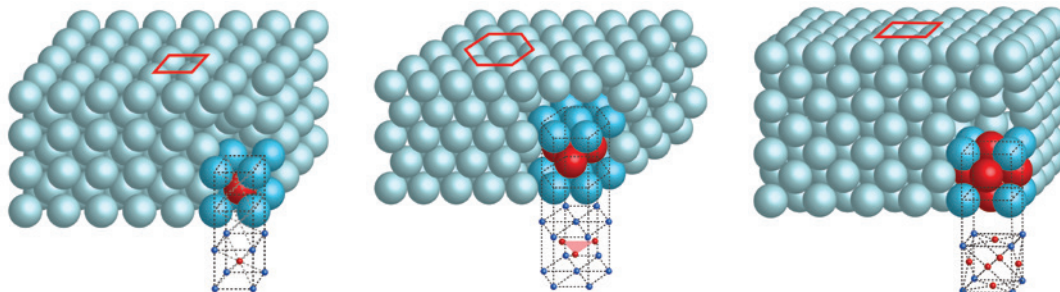


### CONCLUZIE

Corpurile solide își păstrează forma și volumul în diverse situații și indiferent de vasul în care sunt puse. Spunem despre ele că au **formă proprie** și **volum propriu**.

### DE REȚINUT

Din punct de vedere al structurii interioare, în corpurile solide atomii sunt situații în poziții organizate geometric numite noduri. Structura geometrică pe care ei o alcătuiesc se numește **rețea cristalină**. În cazul solidelor, agitația termică se manifestă prin mișcări de vibrație ale atomilor – care sunt cu atât mai intense cu cât temperatura este mai mare. Între atomi există forțe care îi mențin în rețeaua cristalină; de aceea nu putem să ne trecem mâna printr-un corp solid. Iată câteva exemple de rețele cristaline:



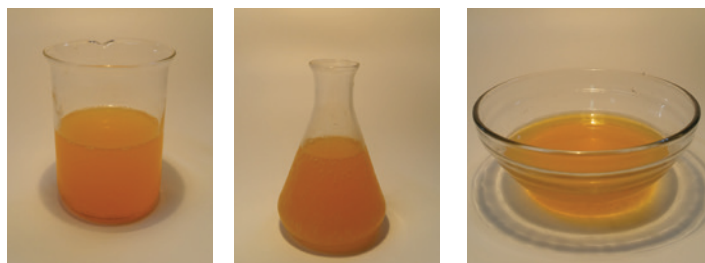
### EXPERIMENT 2 Starea lichidă

#### Materiale necesare

- un lichid colorat (de exemplu, suc de portocale)
- vase cu forme diferite

#### Mod de lucru

- ▶ Toarnă aceeași cantitate de lichid dintr-un vas în altul. Observă ce se întâmplă cu forma și cu volumul lichidului.

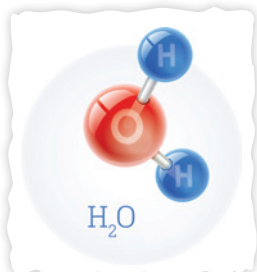


### CONCLUZIE

Lichidele sunt caracterizate de **volum propriu**, dar iau **forma vasului** în care sunt puse.

## DE REȚINUT

În lichide, atomii se grupează câte doi, trei sau mai mulți formând molecule. Molecula de apă ( $H_2O$ ), de exemplu, conține doi atomi de hidrogen și unul de oxigen.



Agitația termică este reprezentată de mișcarea haotică a moleculelor unele printre altele ciocnindu-se între ele și cu pereții vasului. Creșterea temperaturii reprezintă creșterea vitezelor și, implicit, a energiilor cinetice ale moleculelor.

Distanțele dintre moleculele de lichid sunt foarte mici. Se poate spune că lichidele sunt practic **incompresibile** (nu pot fi comprimate).



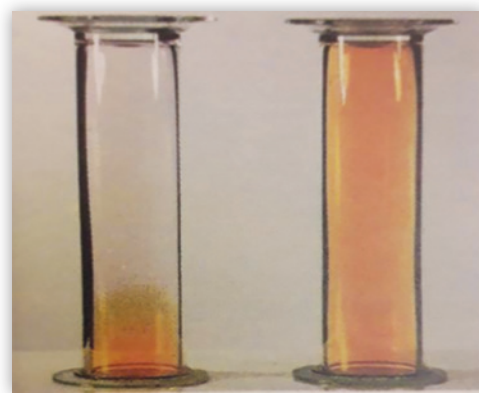
## EXPERIMENT 3 Starea gazoasă

## Materiale necesare

- un cilindru de sticlă transparentă (eprubetă)
- o picătură de brom

## Mod de lucru

- ▶ Pune o picătură de brom lichid într-un cilindru de sticlă și acoperă cilindrul cu un capac. Bromul se va evapora în scurt timp.



- ▶ Observă ce se întâmplă cu bromul gazos din punct de vedere al formei și volumului acestuia.

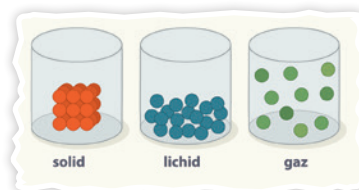
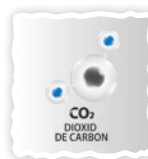
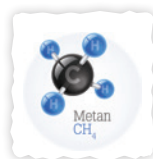
## CONCLUZIE

Gazele se împrăstie în tot vasul care le este pus la dispoziție. Ele capătă **forma vasului** și ocupă tot **volumul vasului** în care sunt puse.

## DE REȚINUT

Organizarea internă a gazelor nu diferă cu mult de cea a lichidelor. Și aici atomii sunt grupați în molecule care se mișcă unele printre altele, ciocnindu-se între ele și cu pereții vasului – **agitație termică**.

Spre deosebire de lichide însă, în corpurile gazoase distanțele dintre molecule sunt mai mari. Acesta este motivul pentru care gazele pot fi comprimate – sunt **compresibile**.



SOLID	LICHID	GAZ
Are formă proprie	la forma vasului	la forma vasului
Are volum propriu	Are volum propriu	Ocupă volumul vasului
-	Este incompresibil	Este compresibil

### 1.1.7. Extindere: Transformări de stare de agregare

Putem observa adesea în jurul nostru apa atât în stare lichidă cât și sub formă de gheață sau vapori; și, totodată, că ea poate trece cu ușurință dintr-o stare de agregare în alta.



? Cum poate o substanță să treacă dintr-o stare de agregare în alta?

## Vaporizare și condensare



### EXPERIMENT 1 Vaporizare și condensare

#### A. Materiale necesare

- ceainic
- capac metalic
- încălzitor
- apă

#### A. Mod de lucru

- ▶ Pune apă în ceainic și înfierbânt-o până când observi formarea vaporilor.
- ▶ Pune capacul deasupra vaporilor, ținându-l înclinat.
- ▶ Observă ce se întâmplă cu vaporii când ating capacul.



### CONCLUZIE

Atunci când apa este încălzită, o parte din ea trece în stare gazoasă numită și stare de vapori. Procesul de trecere din stare lichidă în stare de vapori se numește **vaporizare**. Prin convecție, vaporii calzi se ridică. Capacul este rece și, în contact cu vaporii preia din căldura acestora. Astfel, vaporii se răcesc și trec în stare lichidă. Spunem că vaporii **condensează**.

#### B. Materiale necesare

- pahar
- apă

#### B. Mod de lucru

- ▶ Pune apă într-un pahar. Marchează nivelul apei în pahar folosind un instrument de scris.
- ▶ Așază paharul într-un loc cald, în bătaia soarelui. Lasă-l un timp îndelungat (câteva ore). Observă ce s-a întâmplat cu nivelul apei.



### CONCLUZII

- Atunci când un lichid se află într-un vas neacoperit, chiar dacă temperatura este mai mică decât cea de fierbere, o parte din el se evaporă. În acest caz, vaporizarea are loc lent și se numește **evaporare**.
- Atunci când un lichid este încălzit până la o anumită temperatură, vaporizarea are loc în toată masa lui. Acest proces se numește **fierbere**, iar temperatura la care el are loc se numește **temperatură de fierbere** și depinde de natura substanței.

Substanța	eter	alcool	apă pură	ulei	mercur	aur	fier
Temperatura de fierbere (°C)	35	78	100	200	357	2660	3000

- Trecerea din stare de vapori în stare lichidă este procesul invers vaporizării și se numește **condensare**.

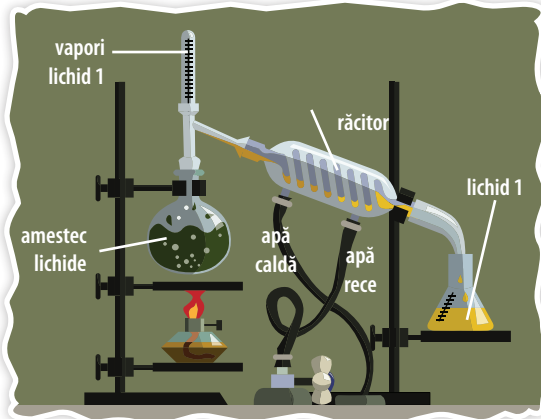




## APLICAȚII ÎN NATURĂ ȘI ÎN TEHNICĂ

### Circuitul apei în natură

Apa din lacuri, mări, râuri etc., fiind încălzită de soare, se evaporă. Vaporii, în cantități mari, se ridică în atmosferă formând nori. Ei sunt purtați de curenții de aer, în funcție de presiunea aerului și, când ajung într-o zonă rece, se condensează și cad pe pământ sub formă de ploaie.

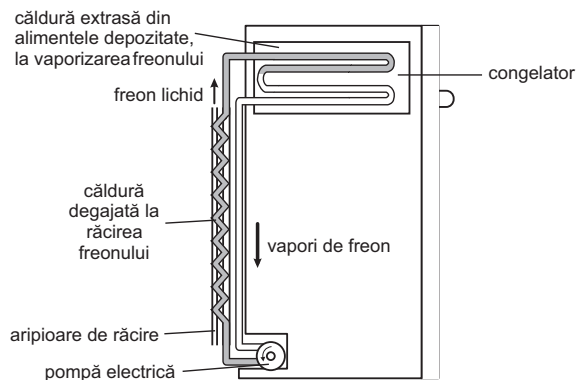


### Distilarea

Putem separa o substanță lichidă aflată într-un amestec cu altă substanță lichidă dacă temperaturile lor de fierbere diferă suficient de mult. Procedeele se numește **distilare** și constă în încălzirea amestecului până la cea mai scăzută dintre temperaturile de fierbere ale substanțelor aflate în amestec. Vaporii fierbinți ai substanței respective se ridică și ajung în răcitor – un dispozitiv unde tubul care poartă vaporii este răcit și aceștia condensează, iar lichidul este colectat la ieșirea din instalație. Lichidul cu temperatura de fierbere mai mare rămâne în vasul în care se afla amestecul inițial.

### Frigiderul

Freonul este o substanță gazoasă la temperatura camerei, dar se transformă în lichid la presiuni mari. Când presiunea scade, acesta revine în stare gazoasă cu absorbție de căldură. Freonul este folosit în instalația frigiderului. El este circulat prin sistemul de țevi și se vaporizează când trece prin congelator, preluând căldură de la alimentele din acesta. După care, în compresor, este supus presiunii și forțat să se transforme în lichid, cedând căldura în dispozitivul din spatele frigiderului. Apoi întregul proces se reia.



## Topire și solidificare



### EXPERIMENT 2 Solidificarea apei

#### Materiale necesare

- borcan cu capac
- apă
- congelator

#### Mod de lucru

- ▶ Umple borcanul cu apă complet. Pune capacul deasupra borcanului fără a-l roti (fără a închide borcanul).
- ▶ Pune borcanul cu apa și cu capacul în congelator și așteaptă până când apa va fi complet înghețată.
- ▶ Ce s-a întâmplat cu capacul borcanului?



### CONCLUZIE

Atunci când apa este răcită și temperatura ei ajunge la valoarea de  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ea trece în stare solidă, adică îngheață. La trecerea apei în stare solidă, se observă că volumul ei crește.

### EXPERIMENT 3 Topirea gheții

#### Materiale necesare

- pahar
- apă
- cuburi de gheață

#### Mod de lucru

- ▶ Pune cuburile de gheață în pahar și toarnă apă peste ele până când apa ajunge la marginea paharului. Acum o parte din cuburile de gheață se află deasupra suprafeței libere a apei.
- ▶ Așteaptă să se topească toată gheața. La ce nivel se află suprafața liberă a apei?



#### CONCLUZIE

Prin topirea gheții, nivelul apei nu crește. Apa provenită din topire încapă perfect în volumul pe care îl avea partea gheții de sub apă, confirmând astfel *Legea Arhimede*.

**OBSERVAȚIE:** Dacă măsurăm temperatura în timpul topirii gheții, constatăm că ea rămâne constantă până când toată cantitatea de gheață trece în stare lichidă.

#### DE REȚINUT

Atunci când un lichid este răcit la o anumită temperatură, el trece în stare solidă. Procesul fizic se numește **înghețare** sau **solidificare**.

În cazul apei, procesul este însoțit de o **anomalie termică** prin care volumul gheții devine mai mare decât al apei. Implicit, densitatea scade prin înghețare, fapt care justifică plutirea gheții.



#### APLICAȚII ÎN NATURĂ ȘI ÎN TEHNICĂ

Faptul că **gheața are densitate mai mică decât apa lichidă** joacă un rol foarte important în natură. Iarna, gheața se formează la suprafața apei, constituind un strat protector pentru vietățile acvatice.

Topind două sau mai multe metale și amestecându-le în anumite proporții se obțin **aliaje**.

Acestea sunt utile, deoarece unele metale sunt greu de utilizat în stare pură; prin aliere li se îmbunătățesc proprietățile.

Aurul, de exemplu, este foarte moale. El se aliază cu argint, cupru sau zinc pentru creșterea durității.



### EXPERIMENT 4 Temperatura de trecere dintr-o stare de agregare în alta

#### Materiale necesare

- chibrit
- sare fină
- pahar de plastic
- apă
- congelator

#### Mod de lucru

- ▶ Pune apă într-un pahar de plastic. Așază deasupra un băț de chibrit. Pune totul în congelator până îngheață apa.
- ▶ Scoate vasul din congelator și observă că bățul de chibrit este prins de apă. Presară sare fină pe gheața care conține bățul de chibrit. După câteva secunde încearcă să scoți bățul.



**CONCLUZIE**

Bățul a putut fi desprins pentru că, deși apa pură îngheață la 0 °C, apa sărată îngheață la temperaturi mai mici. Deci temperatura de topire depinde de natura substanței. Acesta este motivul pentru care se pune sare pe carosabil și pe trotuare în timpul iernii, prevenind astfel accidentele care ar putea fi provocate de alunecarea pe gheață.

**DE REȚINUT**

- Prin creșterea temperaturii unui corp solid se intensifică mișcarea de vibrație a atomilor din rețeaua cristalină. La **o anumită temperatură**, vibrația devine atât de energetică încât legăturile care țin atomii în structura geometrică se rup și substanța devine lichidă. Acest proces se numește **topire**.
- Procesul invers topirii, **solidificarea**, se obține prin scăderea temperaturii lichidului până la trecerea lui în stare solidă.
- Trecerea din solid în lichid și din lichid în solid se face la aceeași temperatură. Această temperatură se numește **temperatură de topire**.

Tabelul alăturat arată cât de diferite sunt temperaturile de topire ale diverselor materiale.

Substanța	Temperatura de topire (°C) la presiune normală
mercur	-39
gheață	0
zinc	430
aluminiu	660
argint	960
fier	1535
plumb	327,5

**EXPERIMENT 5 Influența presiunii asupra temperaturii de topire****Materiale necesare**

- un fir de ață rezistent
- cub de gheață
- vas de sticlă
- două greutateți egale
- congelator

**Mod de lucru**

- ▶ Leagă cele două greutateți la capetele firului.
- ▶ Așază vasul de sticlă cu gura în jos, apoi cubul de gheață pe fundul acestuia și firul peste cub, astfel încât greutatețile să atârne de o parte și de alta a vasului, tensionând firul.
- ▶ Pune totul în congelator. Observă la intervale scurte, de ordinul minutelor, ce se întâmplă.

**CONCLUZIE**

Sub fir, gheața suportă o presiune mare pentru că forța cu care apasă firul este distribuită pe suprafața foarte mică de sub fir. La presiune mare, temperatura de topire scade sub 0 °C, deci gheața de sub fir se topește, dar trece imediat deasupra firului unde, din cauza presiunii normale și a temperaturii mici, îngheață la loc. Astfel, firul trece prin cubul de gheață fără să îl taie în două.

**DE REȚINUT**

În cazul apei, temperaturile de trecere din stare lichidă în stare de vapori și din stare solidă în stare lichidă depind de presiune:

- când presiunea atmosferică scade, temperatura de fierbere scade și ea;
- când presiunea la care este supusă gheața crește, temperatura de topire scade.

**APLICAȚII ÎN TEHNICĂ****Patinele**

În patinaj, acest aspect este important. Lamele patinelor, fiind foarte subțiri, au o suprafață mică de contact cu gheața și exercită o presiune mare asupra acesteia. Sub lame rezultă, prin topire, o cantitate mică de apă care acționează ca un lubrifiant și facilitează alunecarea patinei. Revenind imediat la presiunea normală, apa îngheață la loc.





## Sublimare și desublimare

### OBSERVAȚIE:

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



### DE REȚINUT

- Trecerea din stare solidă în stare gazoasă se numește **sublimare**. Ea poate fi observată la anumite substanțe ca iodul, naftalina, camforul, gheața carbonică etc.
- Procesul invers, de trecere din stare gazoasă în stare solidă, se numește **desublimare**. Gheața (zăpada) carbonică se obține prin desublimarea dioxidului de carbon.



### APLICAȚII ÎN TEHNICĂ

#### Cadouri personalizate prin imprimare

Prin sublimare și desublimare realizate la anumite presiuni și temperaturi a pigmentilor din cerneala colorată, aceștia trec de pe hârtie direct pe obiectul care trebuie imprimat fără ca desenele să se altereze prin curgerea sau împrăștierea cernelii. Se obține astfel o rezoluție foarte bună a imaginilor imprimate.



O substanță poate trece dintr-o stare de agregare în alta la o anumită temperatură, primind sau cedând căldură. Această temperatură se poate modifica prin variația presiunii.



### 1.1.8. Extindere interdisciplinară: Studiul schimburilor de căldură implicate de topirea gheții – călduri latente

Trecerea substanțelor dintr-o stare de agregare în alta se face cu transfer de energie sub formă de căldură. De exemplu, dacă încălzim gheața, ea se topește.



Ce se întâmplă cu temperatura în timpul topirii gheții? Cum poate fi exprimată căldura schimbată de apă cu mediul în timpul transformării de stare?



#### EXPERIMENT 1

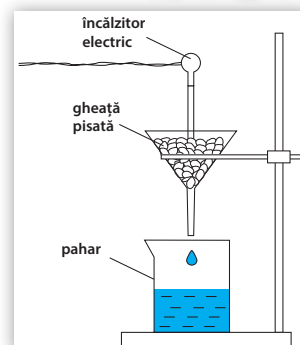
#### Topirea gheții

##### A. Materiale necesare

- pâlnie metalică
- încălzitor electric
- pahar gradat
- gheață pisată
- cronometru

##### A. Mod de lucru

- Montăm pâlnia deasupra paharului. Punem gheața mărunțită în pâlnie, apoi potrivim încălzitorul între bucățelele de gheață și îl pornim. Cronometrăm în cât timp se acumulează în pahar o anumită cantitate de apă, iar apoi în cât timp se acumulează în pahar o cantitate dublă de apă.

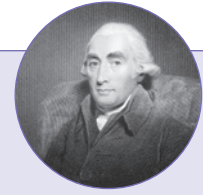


**B. Materiale necesare**

- pahar gradat
- gheață pisată
- termometru

**B. Mod de lucru**

- ▶ Pune gheața în pahar și termometrul în interiorul ei. Urmărește indicația termometrului în timpul topirii gheții. Ce observi?



**Joseph Black** a fost un fizician scoțian care în anul 1761 a descoperit că gheața absoarbe căldură fără să își schimbe temperatura în timpul topirii. El a introdus conceptul de **căldură latentă**.

**CONCLUZII**

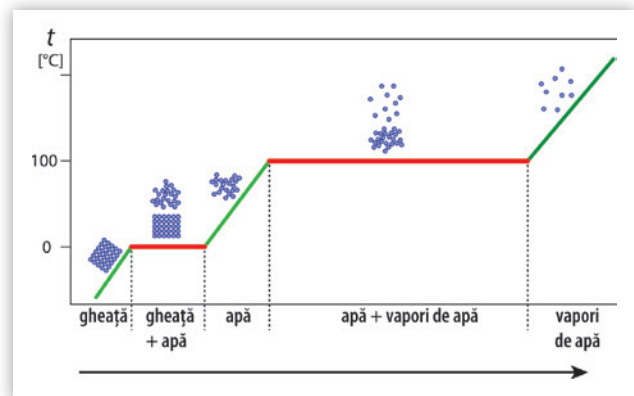
- Se observă că masa de gheață topită este cu atât mai mare cu cât gheața a primit mai multă căldură.
- În timpul topirii gheții, temperatura rămâne constantă. Totuși, gheața primește căldură în tot acest timp. Deci pentru determinarea căldurii primite de gheață pentru a se topi, nu putem folosi formula studiată în lecțiile anterioare ( $Q = m \cdot c \cdot \Delta t$ ).

**DE REȚINUT**

În procesele de **schimbare a stării de agregare**, căldura schimbată cu mediul de către substanța care trece dintr-o stare în alta este direct proporțională cu masa substanței și se numește **căldură latentă**. Constanta de proporționalitate se notează  $\lambda$  și se numește **căldură latentă specifică**. Căldura latentă specifică depinde de natura substanței care trece dintr-o stare de agregare în alta și reprezintă căldura necesară unui kilogram de substanță pentru a trece dintr-o stare în alta.

$$\lambda = \frac{Q}{m} \quad \text{deci} \quad [\lambda]_{SI} = \frac{J}{kg}$$

În figura alăturată este reprezentată variația temperaturii unei cantități de gheață încălzite constant un timp mai îndelungat. Zonele marcate cu verde reprezintă procesele de încălzire în care temperatura crește, iar căldura poate fi exprimată prin relația  $Q = m \cdot c \cdot \Delta t$ . Zonele marcate cu roșu reprezintă procese de trecere dintr-o stare de agregare în alta, în care temperatura rămâne constantă și căldura primită este dată de relația  $Q = \lambda \cdot m$



Procesele descrise pot avea loc în ambele sensuri, deci  $\lambda_{\text{solidificare}} = \lambda_{\text{topire}}$ ;  $\lambda_{\text{evaporare}} = \lambda_{\text{condensare}}$ .

Iată câteva exemple de călduri latente specifice și temperaturi de tranziție pentru substanțe diferite:

Substanța	gheață	fier	cupru	aluminiu	mercur
Căldură latentă specifică de topire (J/kg)	$3,3 \cdot 10^5$	$2,7 \cdot 10^5$	$1,8 \cdot 10^5$	$3,8 \cdot 10^5$	$0,12 \cdot 10^5$
Temperatura de topire (°C)	0	1535	1083	660	-39
Substanța	apă	mercur	alcool	fier	oxigen
Căldură latentă specifică de vaporizare (J/kg)	$23 \cdot 10^5$	$2,9 \cdot 10^5$	$8,5 \cdot 10^5$	$0,50 \cdot 10^5$	$2,13 \cdot 10^5$
Temperatura de fierbere (°C)	100	357	78	2862	-183

**DE APLICAT**

Calculați valoarea căldurii necesară topirii unei cantități de 500 g de gheață.

Rezolvare:  $Q = \lambda \cdot m = 3,3 \cdot 10^5 \text{ J/kg} \cdot 0,5 \text{ kg} = 16,5 \cdot 10^5 \text{ J}$ .



Căldura schimbată de o substanță cu mediul în timpul trecerii dintr-o stare de agregare în alta este egală cu produsul dintre masa substanței și căldura latentă specifică a acelei substanțe:  $Q = \lambda \cdot m$ .

În timpul procesului de trecere dintr-o stare de agregare în alta, temperatura rămâne constantă.

### 1.1.9. Extindere în tehnologie: Stabilirea temperaturii de echilibru în sisteme neomogene



Pe măsură ce fenomenele fizice sunt explicate și se obțin relații matematice între mărimile fizice implicate, putem face predicții. Dacă într-o incintă sunt puse în contact termic corpuri aflate în stări diferite de agregare, spunem că ele alcătuiesc un sistem neomogen. Într-un sistem neomogen, proprietățile fizice nu variază continuu. La suprafața de separare dintre corpurile cu stări diferite de agregare apar discontinuități.



? Care sunt datele de care avem nevoie pentru a putea face predicții în privința evoluției termice a unui sistem neomogen de corpuri?



#### EXPERIMENT 1 Echilibrul termic al sistemului neomogen

##### Materiale necesare

- apă
- gheață pisată
- încălzitor
- două corpuri mici pentru care s-au determinat anterior căldurile specifice
- calorimetru
- termometru
- cântar

##### Mod de lucru

- ▶ Cântărește cele două corpuri și notează masele lor:  $m_1$  și  $m_2$ .
- ▶ Cântărește masa de apă pe care o vei pune în calorimetru, notează masa ei,  $m$ , și măsoară temperatura acesteia,  $t$ .
- ▶ Pune primul corp în vasul cu gheață pisată. În scurt timp, el va ajunge la temperatura  $t_1 = 0$  °C. Pune celălalt corp în apa care fierbe. În scurt timp el va ajunge la temperatura  $t_2 = 100$  °C.
- ▶ Scoate corpurile și pune-le în apa din calorimetru.



Ce se întâmplă atunci când introduci corpurile în apa din calorimetru? Corpul rece (care a fost luat din gheața pisată) primește căldura  $Q_1 = m_1 \cdot c_1 \cdot (t_e - t_1)$ , unde am notat  $t_e$  temperatura care se va stabili la echilibru termic.

Corpul fierbinte (luat din apa care fierbe) cedează căldura  $Q_2 = m_2 \cdot c_2 \cdot (t_e - t_2)$ . Presupunând că apa primește și ea o căldură  $Q = m \cdot c \cdot (t_e - t)$ , unde  $c$  reprezintă căldura specifică a apei, atunci  $Q_2 > Q_1$ .

Aplicând ecuația calorimetrică, obținem:  $m_2 \cdot c_2 \cdot (t_2 - t_e) = m_1 \cdot c_1 \cdot (t_e - t_1) + m \cdot c \cdot (t_e - t)$

Deci:  $t_e = \frac{m_1 \cdot c_1 \cdot t_1 + m_2 \cdot c_2 \cdot t_2 + m \cdot c \cdot t}{m_1 \cdot c_1 + m_2 \cdot c_2 + m \cdot c}$ . Înlocuiește datele numerice și calculează temperatura de echilibru.

Urmărește indicația termometrului după introducerea celor două corpuri în apa din calorimetru și notează temperatura care se stabilește după obținerea echilibrului termic. Verifică dacă rezultatul determinat prin calcul este același cu cel determinat experimental. Identifică sursele de erori și găsește modalități de diminuare a acestora.

### CONCLUZIE

Cu ajutorul relațiilor de calcul pentru căldură, putem determina teoretic temperatura de echilibru care se stabilește într-un sistem neomogen de corpuri. Ea nu este egală cu cea care se obține experimental, pentru că în determinarea teoretică nu s-a ținut cont de pierderile de căldură și s-a neglijat capacitatea calorică a calorimetrului.



Pentru a putea face predicții în privința evoluției termice a unui sistem neomogen de corpuri, este necesar să cunoaștem masele, căldurile specifice (sau capacitățile calorice) și temperaturile inițiale ale corpurilor.

### 1.1.10. Extindere: Combustibili



Pentru a obține căldură, folosim adesea dispozitive care întrețin o flacără aprinsă prin consumul unei substanțe. Fie că e ceară, ulei, lemn, spirt sau gaz, spunem despre substanța care se consumă pentru a întreține focul că este **combustibil**.



Cum se obține căldura cu ajutorul combustibililor? Ce proprietăți au combustibilii?



#### EXPERIMENT 1 Combustibil

##### Materiale necesare

- două vase identice având cantități egale de apă aflată la aceeași temperatură
- două spirtiere
- două termometre
- alcool

##### Mod de lucru

- ▶ Pune în prima spirtieră o masă de alcool măsurată,  $m$ , iar în a doua spirtieră o masă de alcool de două ori mai mică,  $m/2$ . Încălzește cu prima spirtieră apa din primul vas până la consumul total al alcoolului și notează temperaturile inițială și finală ale apei, pe termometrul pus în vas.
- ▶ Încălzește cu a doua spirtieră apa din al doilea vas până la consumul total al alcoolului și notează temperaturile inițială și finală ale apei, pe termometrul pus în vas. Compară variația temperaturii apei din primul vas cu cea a apei din al doilea vas.

### CONCLUZII

- Căldura rezultată din arderea unui combustibil este direct proporțională cu masa de combustibil consumat prin ardere.
- Căldura rezultată din arderea unui combustibil depinde de natura substanței folosită cu rol de combustibil.

- ▶ Reia experimentul anterior, dar pune în cele două spirtiere cantități egale de: alcool, în prima spirtieră, respectiv ulei, în a doua.

## DE REȚINUT

Combustibilii sunt materiale prin a căror ardere se obține căldură. În funcție de starea de agregare, există combustibili **solizi** – cum ar fi **lemnul** sau **cărbunele** –, **lichizi** – cum ar fi **petrolul**, **benzina**, **motorina**, **alcoolul**, **uleiul** – sau **gazoși** – ca **gazele naturale** și **hidrogenul**. În funcție de modul în care au fost obținuți, combustibilii pot fi **naturali** – ca **lemnul** și **gazele naturale** – sau **artificiali** – ca **benzina** sau **motorina**. Pentru ca o substanță să constituie combustibil, ea trebuie să aibă o temperatură nu prea mare de aprindere, o temperatură mare în timpul arderii și să aibă calitatea de a întreține arderea.

Căldura degajată prin arderea unui combustibil poate fi exprimată prin relația matematică  $Q = m \cdot q$ , unde  $m$  este masa de combustibil consumat în timpul arderii iar  $q$  este o constantă de material numită **putere calorică**.



**DEFINIȚIE:** Puterea calorică este mărimea fizică scalară care măsoară căldura obținută prin arderea unui kilogram de combustibil.

$$q = \frac{Q}{m} \quad [q]_{SI} = \frac{J}{kg}$$

Iată câteva exemple de puteri calorice pentru combustibili diferiți:

Combustibil	gaz metan	alcool	motorină	benzină	cărbune	lemn
Puterea calorică (KJ/kg)	35000	23855	42000	45980	29260	16470

## DE APLICAT

Calculați cantitatea de motorină necesară obținerii unei călduri de 100 KJ.

Rezolvare:

$$Q = m \cdot q \Rightarrow m = \frac{Q}{q} = \frac{100 \text{ MJ}}{42000 \text{ KJ}} \approx 2,38 \text{ kg}$$



Pentru a obține o căldură mai mare este necesară arderea unei cantități mai mari de combustibil.

Combustibilul este cu atât mai bun cu cât se aprinde mai ușor, are putere calorică mai mare și întreține mai ușor arderea.

## Probleme rezolvate

- 1 Ionuț încălzește un cub de alamă cu latura  $l = 10 \text{ cm}$  de la temperatura  $t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$  la temperatura  $t_2 = 80 \text{ }^\circ\text{C}$ . Cunoscând căldura specifică a alamei,  $c = 380 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ , și densitatea acesteia,  $\rho = 8500 \text{ kg}/\text{m}^3$ , determinați cantitatea de căldură necesară acestui proces.

Rezolvare:

Pornind de la definiția căldurii specifice a alamei, căldura primită de corpul cubic se determină astfel:

$Q = m \cdot c \cdot \Delta t$ , unde  $m$  = masa corpului,  $c$  = căldura specifică a alamei, iar  $\Delta t = t_2 - t_1$  reprezintă variația temperaturii corpului.

Masa cubului se calculează din relația  $m = \rho \cdot V$ , iar volumul  $V = l^3$ .

Așadar,  $Q = \rho \cdot l^3 \cdot c \cdot (t_2 - t_1) = 8500 \text{ kg}/\text{m}^3 \cdot 10^3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \cdot 380 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K}) \cdot 60 \text{ K} \Rightarrow Q = 193800 \text{ J} = 193,8 \text{ kJ}$



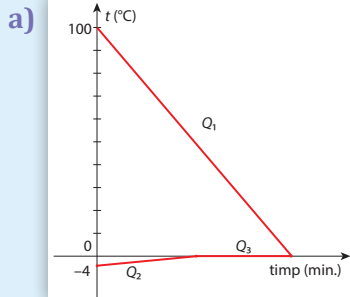
**2** Dan introduce într-un calorimetru o cantitate ( $m_1$ ) de apă aflată la temperatura de fierbere ( $t_f = 100\text{ }^\circ\text{C}$ ) și câteva cuburi de gheață aflate la temperatura  $t_g = -4\text{ }^\circ\text{C}$ . După stabilirea echilibrului termic, temperatura măsurată de elev este  $t_0 = 0\text{ }^\circ\text{C}$ , iar în calorimetru se găsește numai apă.

**a)** Reprezentați diagrama schimbului de căldură dintre apă și gheață.

**b)** Determinați raportul  $m_2/m_1$ , unde  $m_2$  reprezintă masa inițială a gheții.

Se cunosc următorii coeficienți calorici:  $c_a = 4180\text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ ,  $c_g = 2090\text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ ,  $\lambda = 3,3 \cdot 10^5\text{ J}/\text{kg}$ .

**Rezolvare:**



**b)** Ecuația calorimetrică:  $|Q_{\text{cedat}}| = Q_{\text{primit}}$

se va scrie, în acest caz, astfel:  $Q_1 = Q_2 + Q_3$ ,

unde  $Q_1$  reprezintă modulul căldurii cedate de apă gheții,  $Q_2$  reprezintă căldura primită de gheață pentru a ajunge la  $0\text{ }^\circ\text{C}$ , iar  $Q_3$ , căldura primită de gheață pentru a se topi.

Cum  $Q_1 = m_1 \cdot c_a \cdot (t_f - t_0)$ ,  $Q_2 = m_2 \cdot c_g \cdot (t_0 - t_g)$ , iar  $Q_3 = m_2 \cdot \lambda_g$ , ecuația calorimetrică devine:

$$m_1 \cdot c_a \cdot (t_f - t_0) = m_2 \cdot [c_g \cdot (t_0 - t_g) + \lambda_g] \Rightarrow$$

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{c_a \cdot (t_f - t_0)}{c_g \cdot (t_0 - t_g) + \lambda_g} = \frac{4180 \cdot 100}{2090 \cdot [0 - (-4)] + 330000} = \frac{418000}{8360 + 330000} \cong 1,23$$

## ACTIVITĂȚI DE EVALUARE

**I** Formulați răspunsuri pentru următoarele întrebări:

1. Dacă o sobă cedează căldură aerului din cameră, ce se întâmplă cu coloana de lichid a unui termometru aflat pe peretele camerei?
2. Ce preferați să folosiți: o tigaie cu mâner din același material ca tigaia sau o tigaie cu mâner din lemn? De ce?
3. Câte grame de apă se obțin prin condensarea a 40 g de vapori de apă?
4. Cum puteți separa naftalina dintr-un amestec de nisip și naftalină?
5. Cu ce dispozitiv din laborator puteți asemui un termos? De ce?
6. De ce se sparge o sticlă umplută cu apă și lăsată pe balcon, în ger?
7. Cum se propagă căldura flăcării de la aragaz? Prin conducție, prin convecție sau prin radiație?

**II** Stabiliți valoarea de adevăr a următoarelor afirmații:

- |   |     |
|---|-----|
| 1. Agitația termică reprezintă o mișcare ordonată a moleculelor unei substanțe. | A/F |
| 2. Căldura este o mărime fizică de proces.                                      | A/F |
| 3. Mișcarea browniană este observabilă doar în apă.                             | A/F |
| 4. Aluminiul este un material conductor termic.                                 | A/F |
| 5. Propagarea căldurii prin convecție este specifică solidelor.                 | A/F |
| 6. Căldura se poate propaga în vid.   | A/F |
| 7. Corpurile aflate în echilibru termic au uneori temperaturi diferite.         | A/F |
| 8. Temperaturile de fierbere sunt diferite pentru substanțe diferite.           | A/F |
| 9. Când se evaporă, apa cedează căldură.  | A/F |
| 10. Capacitatea calorică este o mărime specifică fiecărui corp.                 | A/F |

### III Redactați rezolvări pentru următoarele probleme.

1. Grupa de copii în care se află Ileana, Diana și Tudor a realizat următorul tabel cu date experimentale, pentru lucrarea de laborator cu titlul „Determinarea căldurii specifice a unui corp solid”:

Nr. determinare	$t_{\text{apă}} (^{\circ}\text{C})$	$t_{\text{corp}} (^{\circ}\text{C})$	$t_{\text{ech}} (^{\circ}\text{C})$	$c$ (J/kgK)	$c_{\text{mediu}}$ (J/kgK)	$\Delta c$ (J/kgK)	$\Delta c_{\text{mediu}}$ (J/kgK)
1	18	80	20				
2	20	80	22				
3	22	80	24				

Copiii au primit o fișă de lucru în care sunt trecute căldurile specifice ale apei și calorimetrului:  $c_a = 4180$  J/kgK;  $c_{\text{cal}} = 900$  J/kgK. Ileana a determinat masa corpului necunoscut,  $m_x = 100$  g, Tudor a măsurat masa apei,  $m_a = 200$  g, iar Diana a aflat ce masă are calorimetrul,  $m_{\text{cal}} = 120$  g.

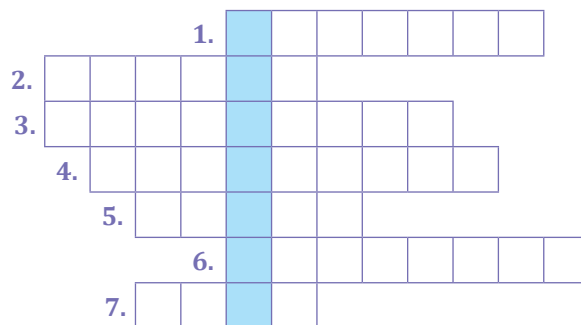
Știind că experimentul a constat în introducerea corpului necunoscut aflat la temperatura  $t_{\text{corp}}$  în apa din calorimetru – care avea temperatura  $t_{\text{apă}}$ , înregistrată în tabel – și apoi în determinarea temperaturii de echilibru a sistemului, completați tabelul de mai sus și precizați valoarea căldurii specifice a corpului solid:  $c_{\text{mediu}} - \Delta c_{\text{mediu}} \leq c \leq c_{\text{mediu}} + \Delta c_{\text{mediu}}$ , înlocuind numeric mărimile menționate.

2. Ana dorește să calculeze câtă căldură a degajat gazul metan folosit pentru încălzirea camerei sale, într-un interval de timp dat. Volumul de gaz metan utilizat este  $V = 5$  m<sup>3</sup>, densitatea acestuia are valoarea  $\rho = 0,7$  kg/m<sup>3</sup>, iar puterea calorică a gazului metan este  $q = 35$  MJ/kg. Cum procedează fata și care este rezultatul obținut?
3. Monica a așezat tava cu 20 de cuburi de gheață pe calorifer. Ce cantitate de căldură a primit fiecare cub de gheață care s-a topit, dacă masa celor 10 cuburi topite este  $m = 200$  g și căldura latentă specifică de topire a gheții are valoarea:  $\lambda = 3,3 \cdot 10^5$  J/kg?
4. Sorin introduce o bilă de aluminiu cu masa  $m_1 = 50$  g, încălzită în prealabil și având temperatura  $t_1 = 100$  °C, într-un calorimetru cu capacitate calorică neglijabilă. În calorimetru se află o masă  $m_2 = 300$  g de apă, cu temperatura inițială  $t_2 = 20$  °C. Determinați:
- a) Temperatura de echilibru, obținută după închiderea calorimetrului.
- b) Cum ar varia temperatura de echilibru a corpurilor dacă s-ar lua în considerare și capacitatea calorică a calorimetrului? Se cunosc următoarele călduri specifice:  $c_{\text{apă}} = 4180$  J/kgK,  $c_{\text{Al}} = 920$  J/kgK și capacitatea calorică a calorimetrului:  $C = 200$  J/K.



### IV Completați cuvintele încrucișate pentru a descoperi cuvântul din coloana albastră.

- Coeficient care stabilește legătura dintre căldura primită sau cedată de un corp și variația temperaturii acestuia.
- Cum trebuie să fie un vas cu apă, din punct de vedere termic, pentru ca schimbul de căldură să se facă doar între corpurile din interiorul acestuia.
- Proces în urma căruia variația temperaturii unui corp este pozitivă.
- Propagare a căldurii prin corpuri solide, din aproape în aproape.
- Unitate de măsură a energiei interne.
- Mod în care Soarele transmite căldură spre Pământ.
- ... Celsius, ... Fahrenheit.



## TEST PENTRU AUTOEVALUARE

Din oficiu se acordă: 2 p.

1 (1 p)	<p>Completați spațiile libere din text, utilizând cuvintele-cheie din caseta de mai jos:</p> <p>Un vas izolat ... are un înveliș ce nu permite transmiterea ... .</p> <p>Oglinda din sala de baie se acoperă cu ... de apă, atunci când vaporii de apă ... . În timpul fierberii, ... lichidului rămâne ... .</p> <p style="text-align: center; background-color: #f9cb9c;">picături, constantă, căldură, termic, condensează, temperatura</p>									
2 (1 p)	<p>Asociați prin săgeți numele mărimii fizice, unitatea de măsură și relația de definiție:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">căldura specifică</td> <td style="text-align: center;"><math>\frac{Q}{\Delta T}</math></td> <td style="text-align: center;"><math>\frac{J}{kg}</math></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">capacitatea calorică</td> <td style="text-align: center;"><math>\frac{Q}{m}</math></td> <td style="text-align: center;"><math>\frac{J}{kg \cdot K}</math></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">căldura latentă specifică</td> <td style="text-align: center;"><math>\frac{Q}{m \cdot \Delta T}</math></td> <td style="text-align: center;"><math>\frac{J}{K}</math></td> </tr> </tbody> </table>	căldura specifică	$\frac{Q}{\Delta T}$	$\frac{J}{kg}$	capacitatea calorică	$\frac{Q}{m}$	$\frac{J}{kg \cdot K}$	căldura latentă specifică	$\frac{Q}{m \cdot \Delta T}$	$\frac{J}{K}$
căldura specifică	$\frac{Q}{\Delta T}$	$\frac{J}{kg}$								
capacitatea calorică	$\frac{Q}{m}$	$\frac{J}{kg \cdot K}$								
căldura latentă specifică	$\frac{Q}{m \cdot \Delta T}$	$\frac{J}{K}$								
3 (2 p)	<p>Diana încălzește o masă <math>m = 1</math> kg de apă, care avea inițial temperatura <math>t_1 = 20</math> °C. Ce cantitate de căldură este necesară vaporizării integrale a apei? Se cunosc: căldura specifică a apei: <math>c_{ap\grave{a}} = 4180</math> J/kgK și căldura latentă specifică de vaporizare a apei: <math>\lambda_v = 2260</math> kJ/kg.</p>									
4 (2 p)	<p>Realizează enunțuri din care să reiasă semnificațiile următoarelor noțiuni: moleculă, radiație, sublimare, agitație termică.</p>									
5 (2 p)	<p>Ce masă de gheață se poate topi primind căldura degajată prin răcirea de la <math>t_1 = 90</math> °C la <math>t_2 = 20</math> °C a unei căni de ceramică având căldura specifică <math>c_1 = 750</math> J/kgK și masa <math>m_1 = 350</math> g, ce conține <math>m_2 = 200</math> g de ceai cu căldura specifică <math>c_2 = 4185</math> J/kgK? Se cunoaște căldura latentă specifică de topire a gheții: <math>\lambda = 3,3 \cdot 10^5</math> J/kg.</p>									

## JURNAL DE ÎNVĂȚARE

- Reflectează asupra a ceea ce ai învățat în capitolul **FENOMENE TERMICE**
- Mișcarea browniană. Agitația termică. Difuzia. Starea de încălzire. Echilibrul termic. Temperatura empirică ■ Căldura, mărime de proces ■ Transmiterea căldurii – prin conducție, convecție, radiație ■ *Motorul termic* ■ Coeficienți calorici. Calorimetrie ■ Stări de agregare. Caracteristici ■ *Transformări de stare* ■ *Studiul schimburilor de căldură implicate de topirea gheții – călduri latente* ■ *Stabilirea temperaturii de echilibru în sisteme neomogene* ■ *Combustibili*
- Notează pe caiet, în rubricile unui tabel similar celui alăturat, ceea ce crezi că știi, ceea ce ai învățat și ceea ce ai vrea să mai înveți despre fenomene termice.

Știu!	Am învățat!	Vreau să știu!



# UNITATEA **2** FENOMENE ELECTRICE ȘI MAGNETICE

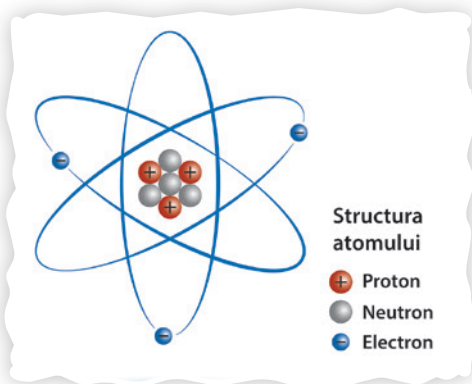
**Vom explora și vom descoperi  
noi fenomene, legile și aplicațiile lor**

- ✓ **Electrizarea corpurilor**
- ✓ **Legea Coulomb**
- ✓ **Circuitele electrice de curent  
continuu**
- ✓ **Mărimi fizice caracteristice  
și instrumentele lor de măsură**
- ✓ **Legile caracteristice circuitelor  
electrice**
- ✓ **Energia și puterea electrică.  
Legea Joule**
- ✓ **Electromagneți și aplicațiile lor**

**Competențe specifice:**

**1.1, 1.2, 1.3, 2.1, 2.2, 2.3, 3.1, 3.2, 3.3, 4.1, 4.2**

## 2.1. Electrostatica



Cum poate un corp să capete sarcină electrică? Putem modifica sarcina electrică a unui corp?

Încă din antichitate, Leucip și Democrit, doi filosofi greci, au formulat concepția atomistă despre structura substanțelor. Ei considerau că substanțele au o structură granulară, discretă, particulele constituente fiind indivizibile și eterne. Această concepție a dominat filosofia materialistă timp de mai multe secole. La începutul secolului al XIX-lea au fost puse bazele atomismului științific, teorie ce consideră că materia este alcătuită din **atomi** și din **molecule**.

După cum ați învățat în clasele anterioare, la lecțiile de fizică și de chimie, atomii au structura similară cu cea a Sistemului Solar, motiv pentru care modelul utilizat pentru a o descrie se numește modelul planetar al atomului. Nucleul poziționat central conține **protoni** și **neutroni** și concentrează aproape toată masa atomului.

**Electronii** gravitează în jurul nucleului atomic.

Prin anumite procedee – precum electrizarea – electronii pot fi transferați de la un atom la altul.

**DEFINIȚIE:** **Sarcina electrică**,  $q$ , este mărimea fizică scalară care măsoară starea de electrizare a unui corp, lipsa sau excesul de electroni al atomilor constituenți ai corpului.

$$[q]_{SI} = 1 \text{ C (Coulomb)}$$

**OBSERVAȚIE:** În practică vom lucra cu sarcini electrice foarte mici și vom utiliza submultiplii:

$$1 \mu\text{C} = 10^{-6} \text{ C}; 1 \text{ nC} = 10^{-9} \text{ C}.$$

Cea mai mică sarcină electrică pusă experimental în evidență se numește **sarcină electrică elementară**; ca valoare numerică, sarcina elementară este egală cu sarcina electronului, respectiv a protonului:

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

Atunci când în atom, numărul electronilor (particule având sarcina negativă  $-e$ ) este egal cu numărul protonilor (particule având sarcina pozitivă  $e$ ) atomul este neutru din punct de vedere electric.

Electronii aflați pe orbite de rază mai mare sunt mai slab legați de nucleul atomic și îl pot părăsi mai ușor pentru a se „transfera” la un alt atom și a începe să se miște pe o orbită în jurul nucleului acestuia. Ca urmare a acestui transfer electronic, atomul care a pierdut un electron capătă sarcina netă  $+e$ , are un electron lipsă și un proton necompensat și se numește **ion pozitiv**.

Atomul care a primit electronul capătă sarcina netă  $-e$ , are un electron suplimentar și este numit **ion negativ**. Ușurința cu care un atom poate să primească sau să piardă electroni depinde de structura învelișului electronic al atomului respectiv.

Deoarece NU se pot transfera fracțiuni de electron, orice sarcină electrică este multiplu întreg al sarcinii electrice elementare. Spunem că sarcina electrică este **cuantificată**.  $q = n \cdot e$ , cu  $n$  număr natural.

Materialele se clasifică în **conductoare** și **izolatoare**.

Există materiale, cum sunt metalele, în care electronii cei mai depărtați de nucleu sunt foarte slab legați de acesta. Ei sunt, practic, liberi să treacă de la un atom la altul. Aceste materiale permit „curgerea” electricității prin ele (datorată mișcării electronilor liberi) și sunt numite materiale **conductoare** din punct de vedere electric.

În alte materiale – cum sunt, de exemplu, sticla, porțelanul, materialele plastice – nu există practic electroni liberi și de aceea acestea nu permit „curgerea” electricității, fiind numite **izolatoare** sau **dielectrics**.



Un corp poate căpăta sarcină electrică și sarcina lui electrică poate fi modificată, prin transfer de electroni.

## 2.1.1. Electrizarea și sarcina electrică. Interacțiunea dintre corpurile electrizate



De ce, când dezbrăcăm un pulover din lână, apar pocnete și mici scânteii asemănătoare unor mici fulgere?

De ce, atunci când mângâiem o pisică, apar câteodată mici descărcări electrice?



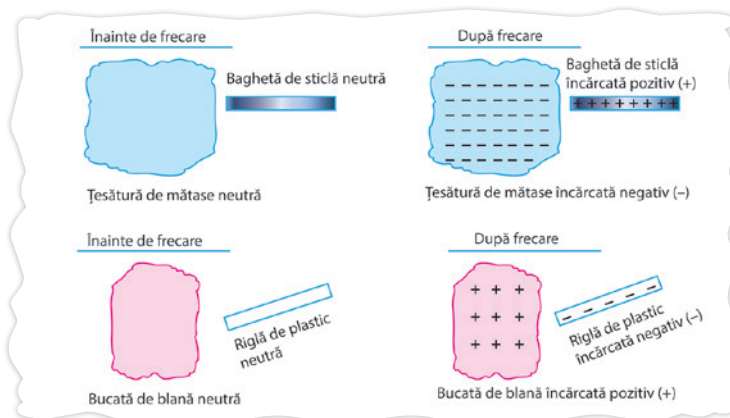
Tot în clasele anterioare ați învățat despre fenomenul de **electrizare** a corpurilor, fenomen cunoscut încă din antichitate. Thales din Milet (sec. VI î.Hr.) a observat proprietatea chihlimbarului (denumit în limba greacă *electron*) de a atrage corpuri foarte ușoare atunci când este frecat.



### EXPERIMENT 1 Electrizarea prin frecare

Frecați, pe rând, două baghete de sticlă cu o bucată de mătase. Frecați o baghetă de plastic cu o bucată de blană. Dacă apropiați apoi, pe rând, două câte două baghetele, veți constata că baghetele de sticlă se resping, dar bagheta de plastic și oricare baghetă de sticlă se atrag. Despre sticla și plasticul din baghetele acestea – materiale care și-au schimbat starea prin frecare – se spune că sunt **electrizate**.

Dacă frecați o riglă de plastic cu o țesătură de lână sau cu părul vostru, ea capătă proprietatea de a atrage țesătura sau părul și de a respinge o altă riglă de plastic frecată tot cu o țesătură de lână.



După ce vă pieptănați cu un pieptene din plastic, puteți constata că acesta atrage bucățele de hârtie și fire de păr. El se află acum în stare de **electrizare**.

În timpul frecării cu țesătura din mătase, atomii baghetei de sticlă cedează electroni atomilor țesăturii. Bagheta devine, astfel, pozitivă din punct de vedere electric, iar mătasea, negativă.



### DE REȚINUT

- Obiectele din același material care au fost electrizate prin aceeași metodă se resping întotdeauna. Obiectele electrizate, confecționate din materiale diferite, pot să se atragă sau să se respingă.
- Există **numai două stări de electrizare**: una este similară cu cea a baghetei de sticlă – despre care se spune că este **încărcată pozitiv**, deci că are un exces de sarcini pozitive (înainte de a fi frecată bagheta era neutră electric) – și cealaltă este similară cu cea a riglei de plastic, despre care se spune că este **încărcată negativ**, deci că are un exces de sarcini negative.
- Corpurile încărcate cu **sarcini de același semn se resping** întotdeauna, iar corpurile încărcate cu **sarcini de semne diferite se atrag** întotdeauna.

### DIN ISTORIA FIZICII

Denumirea de pozitivă (+) și de negativă (-) pentru sarcina cu care se încarcă vergeaua de sticlă și, respectiv, rigla de plastic a fost dată de Benjamin Franklin.

Ulterior, s-a înțeles că cele două tipuri de sarcină sunt cele ale protonului, respectiv, electronului.

Bagheta de sticlă era, înainte de frecare, neutră electric (toți atomii din ea erau neutri electric). Prin frecare cu bucata de mătase ea se încarcă pozitiv. Aceasta înseamnă că ea **pierde prin frecare un număr oarecare de electroni** – care trec la bucata de mătase –, rămânând cu un **exces de sarcini pozitive necompensate**. În final, în bagheta de sticlă va exista un număr oarecare de **atomi ionizați pozitiv**, iar în bucata de mătase va exista un număr egal de **atomi ionizați negativ**. Bucata de mătase va fi, deci, și ea încărcată electric, dar va fi încărcată negativ. Analog stau lucrurile și în cazul riglei de plastic (sau a pieptenelui). Deosebirea este că, în final, în rigla de plastic va exista un număr oarecare de ioni negativi, iar în țesătura de lână va exista un număr egal de ioni pozitivi.

Putem observa interacțiunea corpurilor electrizate într-un experiment cu baloane.



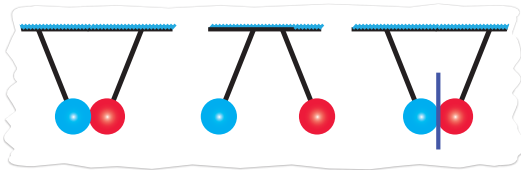
## EXPERIMENT 2 Interacțiunea sarcinilor electrice

### Materiale necesare

- două baloane
- ață pentru legarea orificiilor baloanelor
- o țesătură din lână
- bucățele de hârtie, scame

### Mod de lucru

- ▶ Umflă baloanele, apoi leagă orificiile acestora!
- ▶ Freacă unul dintre baloane cu țesătura din lână pentru a-l electriză, apoi atinge-l de celălalt balon.
- ▶ Introdu apoi o foaie de hârtie între baloanele care se resping!
- ▶ Observă ce se întâmplă cu baloanele imediat după ce se ating. Dar la puțin timp după atingere?
- ▶ Ce se întâmplă la introducerea foii de hârtie între baloane?



### CONCLUZIE

Balonul electrizat atrage balonul neutru. Prin contact, baloanele se electrizază la fel și se resping. Coala de hârtie – fiind neutră – va atrage ambele baloane.

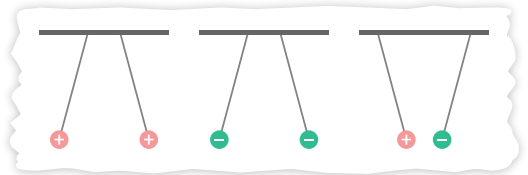
## Interacțiunea sarcinilor electrice

Analizați interacțiunea următoarelor pendule electrostatice.

Corpurile electrizate atrag întotdeauna corpurile neutre.

Corpurile electrizate negativ se resping; la fel și cele electrizate pozitiv.

Un corp electrizat negativ atrage întotdeauna un corp electrizat pozitiv.



Când dezbrăcăm un pulover din lână apar pocnete și mici scânteii asemănătoare unor mici fulgere datorită descărcării sarcinilor acumulate prin frecare. Același fenomen se poate întâmpla și atunci când mângâiem o pisică.

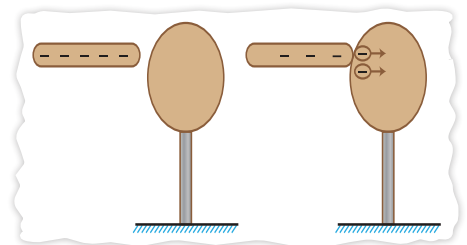


Pentru verificarea experimentală a proceselor descrise accesați: [https://phet.colorado.edu/sims/html/balloons-and-static-electricity/latest/balloons-and-static-electricity\\_en.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/balloons-and-static-electricity/latest/balloons-and-static-electricity_en.html) și urmați instrucțiunile găsite acolo.

Corpurile pot fi electrizate prin trei metode: **frecare**, **contact** și **inducție** sau **influență**.

### Electrizarea prin contact

Când un corp conductor încărcat electric atinge un alt corp conductor, neîncărcat, sarcina electrică existentă pe primul corp se redistribuie pe ambele corpuri, datorită existenței forței electrice de respingere



dintre electronii liberi – aceștia se îndepărtează cât pot de mult unii față de alții. Deci, la electrizarea prin contact, corpul care era inițial neutru va fi încărcat cu același fel de sarcină precum corpul care era inițial încărcat electric.



? Ce materiale pot fi electrizate atunci când sunt ținute în mână?



**Materialele izolatoare pot fi electrizate atunci când sunt ținute în mână.** Când o baghetă izolatoare este electrizată prin frecare ținând-o în mână, sarcinile în exces nu pot ajunge la mâna noastră, deoarece într-un izolator nu există, practic, electroni liberi care să transporte aceste sarcini.

**Materialele conductoare, cum sunt metalele, nu se pot electriza fiind ținute în mână,** deoarece în ele există foarte mulți electroni liberi, iar dacă materialul conductor are un exces de sarcini negative, acestea vor „curge” prin corpul nostru, care este bun conductor, la pământ și corpul conductor rămâne neutru electric. Aceasta se întâmplă deoarece sarcinile de același fel se resping, având tendința de a se îndepărta cât mai mult unele de altele.

**Metalele pot fi, totuși, electrizate dacă sunt fixate pe suporturi izolatoare,** caz în care procesul de „curgere” a sarcinilor de la corp la pământ sau invers nu mai poate avea loc.

**Electroscopul** este instrumentul utilizat pentru a detecta prezența sarcinii electrice. Este alcătuit din două foițe metalice suspendate împreună de o tijă metalică, aflate într-un vas de sticlă pentru a fi ferite de curenții de aer. La celălalt capăt al tijeii este fixată o sferă metalică. Când electroscopul este neutru, foițele atârnă una lângă alta. Când acesta se electrizează, foițele se încarcă electric cu sarcini de același semn, se resping, deci se îndepărtează una de cealaltă.



### EXPERIMENT 3

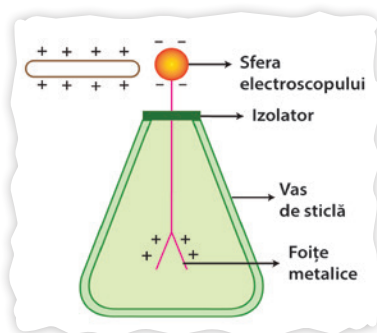
Observați și explicați ce se întâmplă atunci când:

1. atingeți sfera electroscopului încărcat cu o baghetă metalică neutră, ținută de un mâner izolator;
2. atingeți sfera electroscopului încărcat cu un corp încărcat cu sarcină de același semn;
3. atingeți sfera electroscopului încărcat cu un corp încărcat cu sarcină de semn opus;
4. apropiați de sfera electroscopului încărcat un corp încărcat cu sarcină de același semn;
5. apropiați de sfera electroscopului încărcat un corp încărcat cu sarcină de semn opus.



### Electrizarea prin influență

Dacă apropiem, fără a intra în contact, o baghetă de sticlă încărcată electric cu sarcină pozitivă, de sfera metalică a unui electroscop, electronii liberi din cele două foițe metalice vor fi atrași și se vor deplasa prin tija metalică rămânând în sfera metalică și încărcând-o negativ, dar lăsând în foițele metalice sarcini electrice pozitive necompensate. Foițele metalice, având același tip de sarcină electrică, se vor respinge. Această separare a sarcinilor pozitive de cele negative este numită **polarizare**. Ce se întâmplă dacă se îndepărtează bagheta de sticlă?



#### OBSERVAȚII:

- Sarcina totală a părții metalice a electroscopului rămâne permanent egală cu zero.
- Când bagheta încărcată este îndepărtată, sarcinile electrice de pe electroscop se redistribuie și aceasta revine la starea inițială.

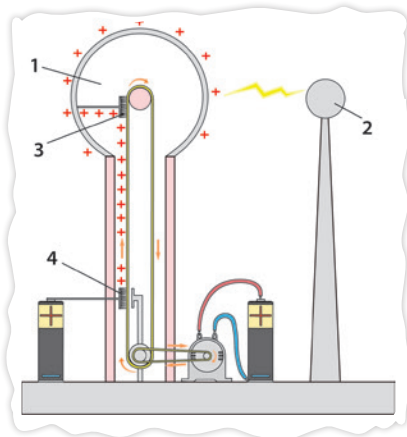


? Ce se întâmplă dacă sfera metalică a electroscopului se leagă la pământ printr-un fir conductor?



Dacă partea metalică a electroscopului aflată în stare de polarizare este legată la pământ printr-un fir metalic, sarcinile negative de pe ea vor curge în pământ, partea metalică rămânând astfel cu un surplus de sarcini pozitive. Dacă se taie legătura cu solul și, apoi, se îndepărtează bagheta încărcată, electroscopul rămâne cu un exces de sarcină pozitivă, care, sub acțiunea forțelor electrice, se redistribuie pe toată suprafața sa.

Această procedură de electrizare este numită **electrizare prin influență** sau **electrizare prin inducție**, iar sarcinile separate prin inducție sunt numite **sarcini induse**.

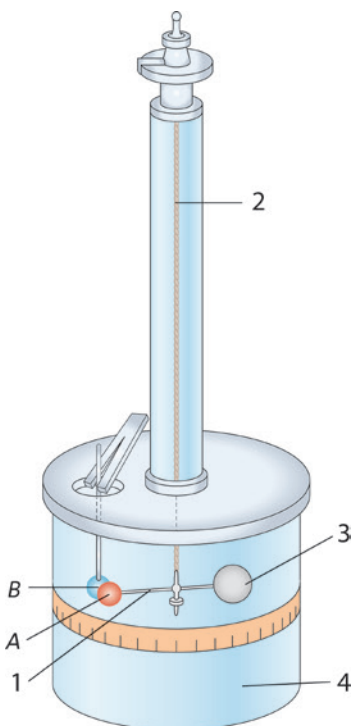


Sarcinile electrice pot fi generate cu ajutorul mașinilor electrostatice. Cea mai des întâlnită este mașina Van de Graaff. Aceasta are doi poli: o sferă metalică goală în interior numită **colector de sarcini** (1) și o alta mai mică încărcată cu sarcină negativă (2). Colectorul se sprijină pe o coloană în care se află o bandă de cauciuc sau de mătase cauciucată trecută peste două role cilindrice și care poate fi pusă în mișcare cu ajutorul unei manivele sau al unui motor electric. Două periute metalice – una aflată la partea superioară (3), iar cealaltă la partea inferioară a mașinii (4) – preiau sarcinile care apar pe bandă ca urmare a frecării acesteia cu cele două role și le transmit celor două sfere. Colectorul de sarcini se va electriza pozitiv, iar sfera mai mică se va electriza negativ.

### 2.1.2. Legea Coulomb



? Ce factori pot influența valoarea forței de interacțiune manifestate între două corpuri considerate punctiforme, încărcate electric?



În căutarea acestor factori, Coulomb a utilizat o **balanță de torsiune** alcătuită dintr-o bară izolatoare, ușoară (1), suspendată de un fir subțire (2). Ea are, la un capăt, o mică sferă conductoare, A, iar la capătul opus este lipită o aripioară de hârtie (3) – care amortizează oscilațiile și, totodată, echilibrează greutatea sferei. O a doua sferă conductoare, B, egală în diametru, este fixată rigid, pe un suport izolator, la același nivel cu prima și la aceeași distanță cu aceasta față de firul de suspensie al barei.

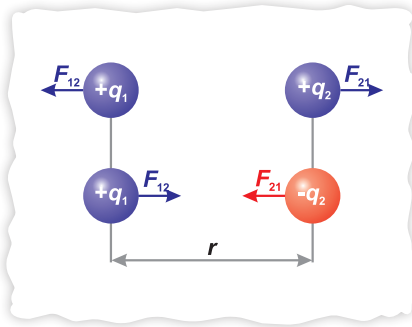
Tot sistemul este introdus într-un cilindru protector, de sticlă (4), unde o substanță specială absoarbe vaporii de apă pentru a asigura o cât mai bună izolare.



? Privește cu atenție dispozitivul experimental! Care dintre următorii factori ar putea influența forța de interacțiune dintre sferile încărcate: distanța dintre sfere, sarcinile electrice ale acestora sau natura mediului izolator în care se află sferile?



Legea Coulomb stabilește expresia forței de interacțiune electrică dintre două corpuri punctiforme încărcate electric. Ea a fost stabilită pe cale experimentală, în anul 1784, de către fizicianul Charles Auguste de Coulomb (1736–1806).



Se încarcă ambele sfere cu câte o sarcină electrică oarecare,  $q_1$ , respectiv,  $q_2$ . Ele se atrag sau se resping și, datorită rotației barei orizontale, torsionează firul de suspensie. Măsurând unghiul de torsiune al firului se poate calcula forța de interacțiune dintre sfere și se constată experimental că:

- pentru sarcinile  $q_1$  și  $q_2$  aflate la distanța  $r$ , forța măsurată este  $F$ ;
- pentru sarcinile  $q_1$  și  $q_2$  aflate la distanța  $r/2$ , forța măsurată este  $4F$ ;
- pentru sarcinile  $q_1$  și  $q_2$  aflate la distanța  $r/3$ , forța măsurată este  $9F$ .



Forța de atracție sau de respingere dintre sfere este invers proporțională cu pătratul distanței dintre centrele acestora.

Ulterior, cele două sfere, în prealabil electrizate, sunt descărcate treptat, prin atingere cu o a treia sferă izolată, de aceeași mărime, dar neelectrizată. Prin atingeri succesive, se poate reduce sarcina oricăreia din sfere, întâi la jumătate din valoarea inițială, apoi la un sfert și așa mai departe.

Se răsucesce capătul de sus al firului de suspensie, pentru a readuce, de fiecare dată, sferele la distanța  $r$  la care se găseau inițial. Unghiul de torsiune respectiv este măsurat după fiecare descărcare și se calculează forța de interacțiune pentru diferitele valori ale sarcinilor.

Se constată experimental că:

- pentru sarcinile  $q_1$  și  $q_2$ , forța măsurată este  $F$ ;
- pentru sarcinile  $q_1/2$  și  $q_2$ , forța măsurată este  $F/2$ ;
- pentru sarcinile  $q_1/2$  și  $q_2/2$ , forța măsurată este  $F/4$  și așa mai departe.



Forța de interacțiune electrică, la o distanță dată, este proporțională cu valorile sarcinilor electrice.

Pe baza acestui tip de experimente, Coulomb a stabilit **legea** care îi poartă numele:

Între două corpuri încărcate cu sarcinile electrice  $q_1$  și  $q_2$ , considerate punctiforme față de distanța dintre ele, situate la distanța  $r$  unul de altul, se exercită o forță electrică de atracție sau de respingere care acționează de-a lungul dreptei ce unește corpurile și care are mărimea

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

în care constanta  $k$  se poate scrie  $k = \frac{1}{4\pi\epsilon}$ ,

unde  $\epsilon$  este o constantă, specifică fiecărui mediu, numită **permitivitate electrică**. Corespunzător, legea Coulomb se poate scrie în SI în forma

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{|q_1 q_2|}{r^2}$$

### OBSERVAȚII:

- Permitivitatea electrică a vidului,  $\epsilon_0$ , are valoarea

$$\epsilon_0 = 8,856 \cdot 10^{-12} \text{ F/m.}$$

- Corespunzător, constanta  $1/(4\pi\epsilon_0)$  are valoarea  $9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$ .

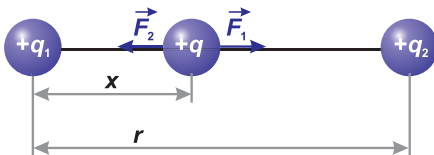
**Permitivitatea electrică relativă** a unui mediu,  $\epsilon_r$ , reprezintă raportul dintre permitivitatea aceluia mediu,  $\epsilon$ , și permitivitatea vidului,  $\epsilon_0$ :

$$\epsilon_r = \frac{\epsilon}{\epsilon_0}$$

- Permitivitatea relativă a vidului este egală cu unitatea.
- Permitivitatea relativă a celorlalte medii este supraunitară.
- Permitivitatea relativă a unui mediu arată de câte ori forța de interacțiune dintre două corpuri încărcate electric este mai mare în vid decât în mediul respectiv.

## DE APLICAT

Două sfere mici, încărcate cu sarcinile electrice pozitive  $q_1 = +1 \text{ nC}$  și  $q_2 = +9 \text{ nC}$ , se află fixate la distanța  $r = 20 \text{ cm}$  una față de cealaltă. Vom calcula la ce distanță  $x$  față de  $q_1$  trebuie așezat, pe aceeași axă cu sferele, un al treilea corp încărcat cu sarcină pozitivă  $q$ , pentru a rămâne în repaus.



Conform principiilor mecanicii, un corp încărcat cu sarcină pozitivă  $q$  se află în repaus atunci când:

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = 0.$$

Alegem o axă orizontală având originea în centrul lui  $q_1$ , orientată spre  $q_2$ .

$$F_1 = F_2$$

Înlocuind în această relație expresia legii Coulomb, obținem:

$$\frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{|q_1 q|}{x^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{|q_2 q|}{(r-x)^2}; \quad \frac{q_1}{x^2} = \frac{q_2}{(r-x)^2}; \quad \frac{\sqrt{q_1}}{x} = \frac{\sqrt{q_2}}{r-x}.$$

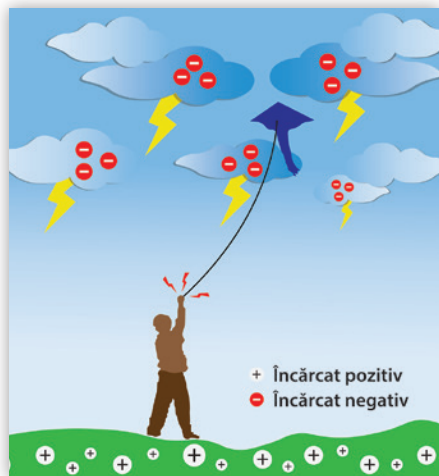
Soluțiile numerice sunt:  $x_1 = 5 \text{ cm}$  și  $x_2 = -10 \text{ cm}$ . Cea de a doua soluție,  $-10 \text{ cm}$ , nu poate fi acceptată în raport cu axa aleasă, deoarece presupune plasarea corpului  $q$  în stânga primului corp, unde acesta nu ar putea fi în echilibru, deoarece ar fi respins de către ambele sfere.



## APLICAȚII ÎN NATURĂ

## Fulgerul, trăsnetul și tunetul

În timpul furtunilor, cerul este brăzdat de **fulgere** și se aud zgomote puternice numite **tunete**. Câteodată, se întâmplă să apară și **trăsnete**. Înainte de a înțelege esența fenomenelor meteorologice, omenirea le-a pus pe seama furiei zeilor sau a vrăjitoriei.



Unele zone ale norilor sunt încărcate cu sarcină electrică pozitivă, altele cu sarcină electrică negativă, iar atunci când norii se apropie unii de alții, apare o descărcare electrică între zonele care au sarcini de semne diferite, numită **fulger**.

Atunci când descărcarea electrică are loc între baza unui nor electrizat și un corp aflat pe pământ, fenomenul se numește **trăsnet**. Acesta apare pentru a restabili echilibrul electric dintre nor și pământ.



## DIN ISTORIA FIZICII



Abia la mijlocul secolului al XVIII-lea Benjamin Franklin (1706–1790) a formulat și a verificat explicația pentru producerea fulgerului și a trăsnetului. El a inventat **paratrăsnetul**, care protejează clădirile sau vapoarele de descărcările electrice. De asemenea, Benjamin Franklin a inventat termenii: **baterie**, **conductor**, **corpuri electrizate** cu sarcină electrică „pozitivă” și „negativă”.





În anul 1752, Benjamin Franklin, împreună cu fiul său William, a efectuat **celebrul experiment cu înălțarea unui zmeu în timpul furtunii**, prin care a dovedit că fulgerul este un fenomen electric care apare în mod natural. Zmeul avea un fir metalic ascuțit amplasat în vârful și la baza sforii precum și o cheie legată de capătul sforii – cu o fundă din mătase –, necesară pentru a declanșa descărcarea electrică.

Cei doi s-au adăpostit sub un șopron pentru a păstra uscată legătura din mătase. Zmeul și sfoara erau ude cu apă de ploaie. Franklin a apropiat pumnul de cheie, moment în care a sărit o

scânteie care traversa din cheie în articulație, ceea ce a reprezentat dovada finală a demonstrării naturii electrice a fulgerului.

În mod miraculos, sarcina electrică nu a fost suficient de puternică pentru a-i omorî pe Franklin sau pe fiul acestuia, deși, în condiții normale, lovitura unui fulger poate ucide instantaneu orice persoană destul de curajoasă să înalțe un zmeu pe timp de furtună.

#### **Avertisment!**

Nu încercați să realizați un experiment similar, deoarece efectele sale ar putea produce leziuni grave!

### **PENTRU CURIOSI**

Ulterior, Franklin a avut ideea de a atrage fulgerul printr-un stâlp de metal ascuțit în vârf și continuat cu conductori groși, îngropați în pământ, care permit descărcarea fără pagube a electricității din nori. Experiența a demonstrat că **vârfurile ascuțite au proprietatea de a favoriza mișcarea electronilor**.

Primul paratrăsnet construit de Benjamin Franklin a fost alcătuit dintr-un drug de fier lung de trei metri și lat de 27 de centimetri care a fost pus pe casa unui comerciant din Philadelphia, total izolat de locuință și legat cu un fir de metal îngropat în pământ. Azi, utilizăm paratrăsnete foarte puțin diferite de cele inventate de marele om de știință.

Paratrăsnetul a fost privit cu scepticism mult timp și chiar au existat oameni de știință care l-au combătut vehement. Sursele istorice confirmă faptul că a fost utilizat de locuitorii orașului Veneția. În 1778 toate vasele de război ale venețienilor erau dotate cu paratrăsnete. Peste 10 ani au fost montate și pe catargele vaselor englezești. În 1782, toate clădirile publice din Philadelphia aveau paratrăsnete, dar și o bună parte din casele pentru locuit (existau 400 de paratrăsnete).



### **Sfaturi pentru protecția împotriva electrocutării din cauze naturale (fulger, trăsnet)**

- Atunci când tună, există deja pericolul de a fi loviți de trăsnet. Trebuie să vă căutați imediat adăpost, dacă este posibil intrați într-o clădire. Clădirile sunt echipate cu paratrăsnete.
- Nu staționați sub copaci în timpul unei furtuni! Pericolul de a fi trăsniți este maxim lângă obiecte înalte.
- Nu țineți în mână obiecte metalice ascuțite precum umbrele, furci etc.
- Rămâneți în adăpost jumătate de oră după terminarea furtunii, deoarece există încă posibilitatea de a apărea descărcări electrice.
- Dacă vă aflați în mașină, rămâneți acolo deoarece sunteți în siguranță: caroseria metalică se comportă ca o cușcă Faraday, împiedicând mișcarea electronilor în interiorul acesteia.

## Ecranarea electrostatică

Efectul de **cușcă Faraday** sau **efectul de ecranare electrostatică** a fost descoperit și enunțat în anul **1843** de fizicianul englez **Michael Faraday**. Acest efect constă în dispunerea sarcinii electrice numai pe suprafața unui conductor. Este imposibil un transfer de electroni între exteriorul și interiorul conductorului.

**Cușca Faraday** este un spațiu închis pe toate părțile, format dintr-o plasă conductoare metalică, cu orificii foarte mici, un înveliș metalic din foi sau o rețea conductoare. Chiar și un automobil decapotabil, cu înveliș textil și bară metalică de rulare oferă protecție, în cazul unei descărcări electrice, în aproape aceeași măsură, chiar dacă este o „cușcă” imperfectă. Avioanele lovite de fulgere sau vehiculele pe șine sunt protejate de același mecanism pe baza căruia funcționează cușca Faraday.

În acord cu statisticile înregistrate, în medie, un avion este lovit de un fulger la fiecare 1000 de ore de zbor. Șocul electric nu reprezintă un pericol pentru pasageri datorită efectului „cușca Faraday”.



24 iunie 2011 – un bărbat se închide într-o cușcă metalică în timp ce un generator Van de Graaff generează un fulger, în timpul unei demonstrații la Muzeul de Științe din Boston.



### APLICAȚII ÎN NATURĂ ȘI ÎN TEHNICĂ

Fenomenul numit **Focul Sfântului Elmo**, cunoscut încă din Antichitate, constă în apariția unei străluciri intense, asemănătoare focului, în jurul obiectelor înalte și ascuțite, cum sunt clopotnițele sau hornurile castelurilor sau chiar vârful muntoase. Apare și la capetele elicelor și la vârful aripii, parbrizului carlingii și botului avioanelor care zboară în atmosferă cu ninsoare uscată, cu cristale de gheață sau în zonă cu furtună. Ca aspect, se prezintă ca niște jerbe de scânteie foarte subțiri, albe-violete, de obicei cu lungimea până la 20 de centimetri. Fenomenul a fost observat deseori de marinari în timpul furtunilor, când „focul” apărea de-a lungul catargelor corăbiilor.



**Vopsirea electrostatică** – particulele de vopsea, email sau pulbere, se încarcă electric prin influență sau prin ionizare, folosind o sursă de înaltă tensiune. Particulele de vopsea ajung atât pe suprafața obiectului din fața pistolului cât și în spatele obiectului, ceea ce asigură o excelentă acoperire cu vopsea.

**Sortarea impurităților din semințe** (de mazăre, fasole, cereale) **pe cale electrostatică** pentru separarea lor de particulele străine (pietricele, așchii de lemn etc.) a căror culoare este diferită.



**Depunerea electrostatică a insecticidelor** pentru tratarea plantelor: plantele au o anumită conductivitate electrică și, fiind legate la pământ, toate particulele ionizate de insecticid se depun pe plante; în consecință, pierderile sunt minime.



## Probleme rezolvate

- 1** Două sfere metalice identice sunt încărcate cu sarcinile  $q_1 = 10 \mu\text{C}$ , respectiv,  $q_2 = 20 \mu\text{C}$ .
- Care este valoarea sarcinii electrice de pe fiecare sferă conductoare după contactul acestora?
  - Ce sarcină electrică ar trebui să aibă o a treia sferă metalică identică pentru ca, la punerea în contact cu primele două sfere, după redistribuirea electronilor liberi, cele trei sfere să nu mai fie încărcate electric?

### Rezolvare:



**a)** Sarcina electrică se împarte în mod egal pe sferele identice, după contactul acestora.

Cum sarcina electrică totală are valoarea  $Q = q_1 + q_2 = 10 \mu\text{C} + 20 \mu\text{C} = 30 \mu\text{C}$ , sarcina electrică a fiecărei bile, după contact, va fi:

$$q = Q/2 = 30/2 \mu\text{C} = 15 \mu\text{C} = 15 \cdot 10^{-6} \text{C}.$$

**b)** Ar trebui ca sfera a treia să fie încărcată electric cu sarcina  $q_3 < 0$ , astfel încât suma celor trei sarcini să fie nulă:  $q_1 + q_2 + q_3 = 0$ . Așadar,  $q_3 = -(q_1 + q_2) = -30 \mu\text{C}$ .

- 2** Un proton și un electron se găsesc la o distanță de 0,8 mm unul față de altul.
- Desenați forțele cu care interacționează cele două particule și calculați numeric modulul acestora.
  - Comparați forța de atracție electrostatică dintre electron și proton cu greutatea fiecăruia în parte. Ce observați?

Se cunosc sarcina electrică și masa electronului,  $e^- = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$ ;  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{kg}$ ; sarcina electrică și masa protonului,  $e^+ = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$ ;  $m_p = 1,6 \cdot 10^{-27} \text{kg}$ . Considerăm că valoarea accelerației gravitaționale este  $g = 10 \text{N/kg}$ .

### Rezolvare:

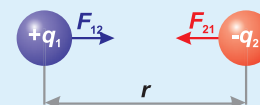
**a)** Fiind acțiune și reacțiune,  $F_{12} = F_{21} = F$  (prin notație), iar pentru că este vorba de o particulă încărcată pozitiv și una încărcată negativ, aceste forțe sunt forțe de atracție.

Conform legii lui Coulomb:  $F = k \frac{|q_1 q_2|}{r^2}$ , unde  $q_1 = e^+ = +1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$ ,

$q_2 = e^- = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$ , iar distanța dintre particule este  $r = 0,8 \text{mm}$ .

Considerăm că particulele se găsesc în vid, astfel că  $1/(4\pi\epsilon_0) = 9 \cdot 10^9 \text{Nm}^2/\text{C}^2$ .

$$F = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{1,6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-38}}{0,8 \cdot 0,8 \cdot 10^{-6}} = 9 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 10^{-23}. \text{ Așadar, } F = 36 \cdot 10^{-23} \text{N}.$$



**b)** Greutățile celor două particule se calculează astfel:

$$G_e = m_e \cdot g = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{kg} \cdot 10 \text{N/kg} \Rightarrow G_e = 9,1 \cdot 10^{-30} \text{N} < F$$

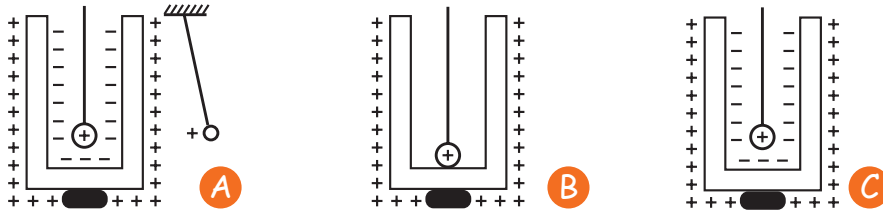
$$G_p = m_p \cdot g = 1,6 \cdot 10^{-27} \text{kg} \cdot 10 \text{N/kg} \Rightarrow G_p = 1,6 \cdot 10^{-26} \text{N} < F$$

Așadar, forța de atracție electrostatică dintre proton și electron este considerabil mai mare decât oricare dintre greutatea acestor două particule.

## ACTIVITĂȚI DE EVALUARE

**I** Formulați răspunsuri pentru următoarele întrebări:

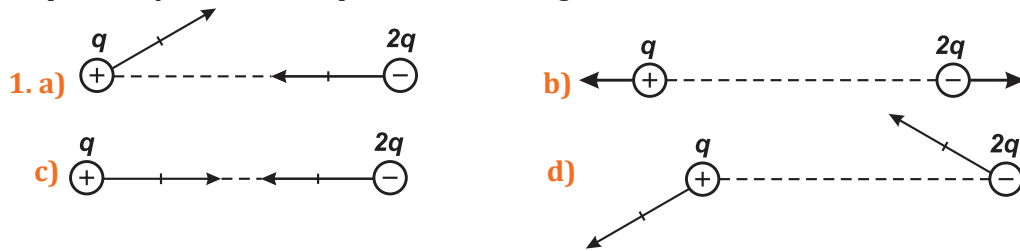
1. Cum vor devia foițele metalice ale electroscopului dacă atingem o baghetă electrizată pozitiv de sfera încărcată tot pozitiv a electroscopului?
2. Cum vor devia foițele metalice ale electroscopului dacă atingem o baghetă electrizată pozitiv de sfera încărcată negativ a electroscopului?
3. În ilustrațiile de mai jos sunt reprezentate interacțiunile electrostatice dintre o mică sferă conductoare electrizată pozitiv, fixată pe o tijă izolatoare, un cilindru metalic fixat pe un suport izolator și un pendul electrostatic, inițial neelectrizat. Descrieți interacțiunile electrostatice pe care le observați în fiecare caz.



4. Se poate ca un corp electrizat, *A*, să acționeze asupra altui corp electrizat, *B*, cu o forță, iar corpul *B* să acționeze asupra corpului *A* cu o forță mai mare? De ce?

**II** Alegeți litera corespunzătoare răspunsului corect.

Reprezentarea corectă a forțelor de interacțiune dintre corpurile purtătoare de sarcină electrică  $q$  și, respectiv,  $2q$  este corect reprezentată în imaginea:



2. Cum variază forța electrostatică dintre două corpuri punctiforme electrizate, aflate în repaus, dacă fiecare sarcină electrică se dublează?
  - a) se dublează; b) rămâne aceeași; c) scade de patru ori; d) crește de patru ori.
3. Dacă apropiem două baloane, unul electrizat și unul neutru, acestea:
  - a) se atrag; b) se resping; c) nu interacționează; d) nu se poate preciza dacă se atrag sau se resping.
4. Dacă distanța dintre două corpuri punctiforme electrizate se micșorează de 3 ori, forța de interacțiune dintre corpuri:
  - a) crește de 3 ori; b) crește de 9 ori; c) se micșorează de 3 ori; d) nu variază.
5. Două bile identice, încărcate cu sarcini electrice diferite, vor avea, după ce sunt puse în contact:
  - a) cu siguranță, sarcina electrică nulă; b) aceleași sarcini electrice pe care le-au avut inițial; c) aceeași sarcină electrică fiecare, egală cu sarcina cea mai mare dintre cele inițiale; d) aceeași sarcină electrică fiecare, egală cu semisuma algebrică a sarcinilor inițiale.

**III** Stabiliți valoarea de adevăr a următoarelor afirmații:

1. Un corp electrizat pus în contact cu pământul printr-un conductor se va electriză cu semn opus celui avut inițial. A/F
2. Două corpuri electrizate prin metode diferite se vor atrage întotdeauna. A/F
3. Două corpuri electrizate prin frecare unul de celălalt se încarcă cu sarcini egale în modul și de semne opuse. A/F

4. Unitatea de măsură pentru sarcina electrică în SI este Coulombul. A/F
5. Descărcarea electrică ce are loc între un nor electricizat și un obiect de pe Pământ se numește trăsnet. A/F

**IV** Completați cuvintele care lipsesc în enunțurile următoare:

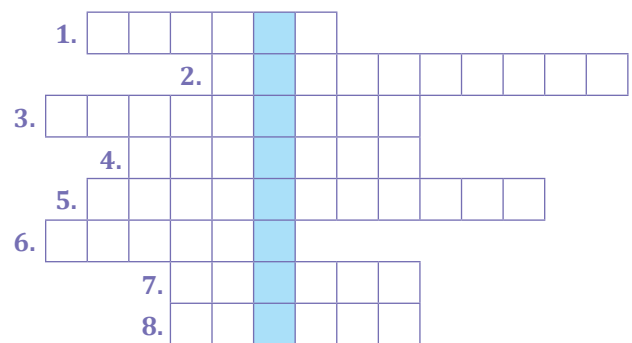
- Un electron are ... electrică ..., egală în modul cu  $1,6 \dots$ .
- Dacă deasupra unei case cu acoperiș de tablă se află un nor electricizat, acest acoperiș se încarcă ... și este indicată montarea unui ... pentru protecția celor din casă.
- În metale există ... ce pot trece de la un atom la altul, numiți ....
- Nucleele ... au sarcină electrică ... și nu se ... în metal.
- În cazul electricizării prin ..., un conductor neutru va avea un capăt electricizat ... și alt capăt ... negativ, fără a fi în contact cu alt corp.
- Forța de atracție sau de ... dintre două sfere încărcate ... este invers ... cu pătratul ... dintre centrele acestora.

**V** Redactați rezolvări pentru următoarele probleme:

- Trei sfere metalice identice sunt încărcate cu sarcinile electrice:  $q_1 = 12 \mu\text{C}$ ;  $q_2 = -2 \mu\text{C}$  și  $q_3 = 10 \mu\text{C}$ . Aceste corpuri se pun în contact. Ce sarcină electrică va avea fiecare sferă?
- a) Găsiți și notați, pe caiet, pentru fiecare bilă metalică, câte o valoare posibilă pentru sarcina electrică inițială, astfel încât, după atingere, acestea să nu mai fie încărcate electric.  
b) Determinați numărul de electroni lipsă, respectiv, în exces pentru fiecare bilă în parte, în situația inițială considerată de voi. Este cunoscută sarcina electrică a unui electron:  $e^- = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ .
- Se electricizează succesiv sfera unui electroscoop utilizând o sferă identică, încărcată, de fiecare dată, cu o sarcină electrică de  $60 \mu\text{C}$ . Se atinge electroscoopul prima dată, apoi se îndepărtează sfera și se reîncarcă, după care se atinge iarăși electroscoopul. Ce sarcină electrică va avea electroscoopul după două atingeri succesive? Dar după șase atingeri succesive?
- Daria rotește manivela unei mașini Van de Graaff și își imaginează că a reușit să-i încarce sfera metalică astfel încât aceasta să aibă un deficit de  $10^{15}$  electroni.  
a) Cu ce sarcină electrică e încărcată sfera generatorului în acest caz?  
b) Oprind rotirea manivelei, fata atinge de sfera mașinii o sferă neelectricizată, identică, și apoi o îndepărtează. În continuare, atinge această a doua sferă de o a treia, identică, inițial neutră. Ce sarcini electrice vor avea cele trei sfere în final? Sarcina electrică a unui electron este:  $e^- = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ .

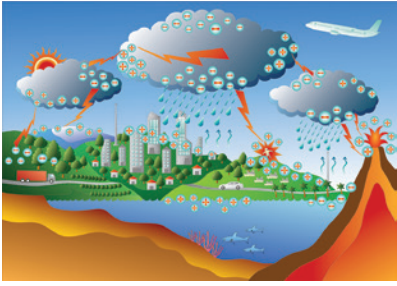
**VI** Completați cuvintele încrucișate și descoperiți cuvântul din coloana albastră:

- Parte a atomului, încărcată cu sarcină electrică pozitivă, formată din protoni și neutroni.
- Corp care atrage sau respinge alte corpuri, neutre.
- Tip de electricizare care nu presupune atingerea corpurilor.
- Este pozitivă în cazul baghetei de sticlă frecate cu mătase.
- Instrument utilizat pentru a descoperi prezența sarcinii electrice.
- Descărcare electrică naturală.
- Pentru a evita pericolul electrocutării, un cablu electric este întotdeauna ...
- Cel electrostatic este alcătuit dintr-o bobită de polistiren suspendată de un suport printr-un fir izolator.



## TEST PENTRU AUTOEVALUARE

Din oficiu se acordă: 2 p.

<b>1</b> (1 p)	Copiați pe caiet și completați spațiile libere din text, utilizând cuvintele-cheie indicate, eventual articulate corespunzător: „Când un corp conductor încărcat ... atinge un alt corp ..., neîncărcat, sarcina electrică existentă pe primul corp se redistribuie pe ambele corpuri, datorită existenței ... electrice de ... dintre electronii liberi.”																																
	respingere, conductor, electric, forță																																
<b>2</b> (1 p)	Două sfere metalice identice, $S_1$ , respectiv $S_2$ , având sarcinile electrice indicate în tabel, sunt puse în contact. Completați pe caiet, valorile sarcinilor pe care le au cele două sfere în urma contactului acestora:																																
	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td style="padding: 5px;">Înainte de contactul electric</td> <td style="padding: 5px;"><math>S_1</math></td> <td style="padding: 5px;"><math>+q</math></td> <td style="padding: 5px;"><math>-q</math></td> <td style="padding: 5px;"><math>0</math></td> <td style="padding: 5px;"><math>4q</math></td> <td style="padding: 5px;"><math>0</math></td> <td style="padding: 5px;"><math>4q</math></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="padding: 5px;"><math>S_2</math></td> <td style="padding: 5px;"><math>-q</math></td> <td style="padding: 5px;"><math>-q</math></td> <td style="padding: 5px;"><math>+q</math></td> <td style="padding: 5px;"><math>0</math></td> <td style="padding: 5px;"><math>-5q</math></td> <td style="padding: 5px;"><math>8q</math></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">După contactul electric</td> <td style="padding: 5px;"><math>S_1</math></td> <td style="padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="padding: 5px;"><math>S_2</math></td> <td style="padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;"></td> </tr> </tbody> </table>	Înainte de contactul electric	$S_1$	$+q$	$-q$	$0$	$4q$	$0$	$4q$		$S_2$	$-q$	$-q$	$+q$	$0$	$-5q$	$8q$	După contactul electric	$S_1$								$S_2$						
Înainte de contactul electric	$S_1$	$+q$	$-q$	$0$	$4q$	$0$	$4q$																										
	$S_2$	$-q$	$-q$	$+q$	$0$	$-5q$	$8q$																										
După contactul electric	$S_1$																																
	$S_2$																																
<b>3</b> (2 p)	Bobița de polistiren acoperită cu foiță de aluminiu a unui pendul electrostatic a pierdut prin electrizare un număr $N = 1000$ electroni. <b>a)</b> Cum este încărcată electric bobita? <b>b)</b> Care era sarcina electrică a bobitei imediat după ce a fost electrizată? Se cunoaște sarcina electrică a unui electron: $e^- = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ .																																
<b>4</b> (1 p)	Descrieți, din considerente electrostatice, în 8-12 rânduri scrise pe caiet, ceea ce observați în imaginea alăturată.																																
																																	
<b>5</b> (2 p)	Două corpuri punctiforme având sarcinile electrice $q_1$ și $q_2$ , se atrag cu o forță $F$ . Dacă distanța dintre sarcini scade de două ori, $q_1$ se triplează și $q_2$ se înjumătățește, calculați de câte ori crește forța de atracție dintre corpuri? Presupuneți că interacțiunea are loc în aer.																																
<b>6</b> (1 p)	Considerând cunoscute constantele: $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ și $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ , determinați câți electroni a cedat și cu cât a scăzut masa unui corp metalic având sarcina de $+16 \text{ nC}$ ?																																

### JURNAL DE ÎNVĂȚARE

- ▶ Reflectează asupra a ceea ce ai învățat în capitolul **Electrostatică**
  - **Electrizarea, sarcina electrică** ■ **Interacțiunea dintre corpurile electrizate**
  - **Legea Coulomb**
- ▶ Notează pe caiet, în rubricile unui tabel similar celui alăturat, ceea ce crezi că știi, ceea ce ai învățat și ceea ce ai vrea să mai înveți despre electricitatea statică.

Știu!	Am învățat!	Vreau să știu!

## 2.2. Electrocinetica

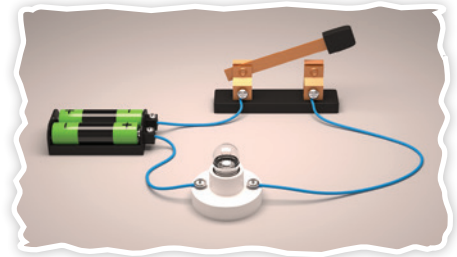
### 2.2.1. Circuite electrice. Componentele unui circuit. Generatoare electrice



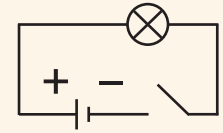
? Ce ne este necesar pentru a aprinde un bec?

#### Să ne reamintim!

În clasele anterioare ai aflat că pentru a aprinde un bec de lanternă îți sunt necesare un suport pentru bec, cabluri de legătură și o baterie. Dacă vrei să comanzi aprinderea și stingerea becului, îți mai trebuie și un întrerupător. Astfel, ai creat un circuit electric.

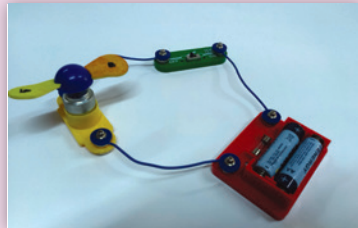
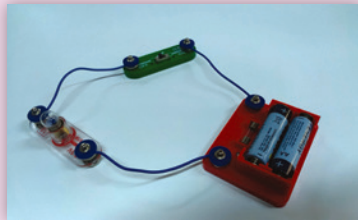


**DEFINIȚIE:** **Circuitul electric** simplu este un ansamblu constituit dintr-o baterie, un bec sau un alt consumator – spre exemplu, un motor –, un întrerupător și cabluri de legătură.

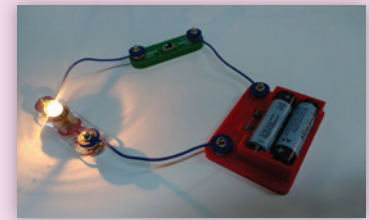


Becul și motorul se numesc **consumatori** electrice. Bateria este un **generator** electric. Generatorul – sau sursa – asigură mișcarea electronilor atât prin circuitul electric exterior, cât și prin interiorul său.

Atunci când întrerupătorul este deschis, circuitul nu funcționează, becul nu luminează, motorul nu funcționează.



Atunci când întrerupătorul este închis, circuitul funcționează, becul luminează, motorul funcționează.



Becul poate să lumineze atunci când firele metalice se află în contact, închizând astfel **circuitul electric** prin care se stabilește un **curent electric** – electronii se deplasează atât prin consumatori și conductori, cât și prin interiorul bateriei.

**DEFINIȚIE:** Mișcarea ordonată a electronilor prin conductorii metalici se numește **curent electric**.

**OBSERVAȚIE:** Orice mișcare dirijată a purtătorilor de sarcini electrice se numește curent electric. Vom ilustra aceste cazuri în lecțiile următoare.

Dacă viteza mișcării ordonate a purtătorilor de sarcină se menține constantă în timp, atunci curentul electric se numește **curent electric staționar**.

În metale, electronii aflați pe ultimele păături atomice pot trece cu ușurință de la un atom la altul – se numesc **electroni liberi** sau **electroni de conducție**. Până la conectarea unui generator, mișcarea electronilor liberi în metale este dezordonată; ei se pot deplasa cu viteze de ordinul a 10 km/s. După conectarea generatorului, electronii liberi se vor deplasa ordonat, spre borna pozitivă a acestuia, cu o viteză de aproximativ 1 cm/s. Mișcarea ordonată de existența generatorului se va suprapune peste mișcarea lor dezordonată, datorată agitației termice.



De ce curentul electric se transmite practic instantaneu la distanțe foarte mari? Practic, după acționarea întrerupătorului, becul se aprinde instantaneu, indiferent cât de departe se află becul.



Explicația constă în faptul că interacțiunea electronilor se transmite practic instantaneu, cu viteza luminii ( $3 \cdot 10^8$  m/s): câți electroni intră în conductor, venind dinspre borna negativă a generatorului, tot atâția ies din firul conductor, pe la celălalt capăt, spre borna pozitivă a sursei.



Sensul convențional ales al curentului electric prin **circuitul exterior** (consumatori și conductori) este: de la borna pozitivă a bateriei spre cea negativă.



Sensul convențional ales al curentului electric prin **circuitul interior** al bateriei este: de la borna negativă a bateriei spre cea pozitivă.



Tabelul următor arată reprezentările simbolice ale elementelor de circuit electric.

Componenta	Imaginea	Simbolul	Componenta	Imaginea	Simbolul
Baterie			Întrerupător închis		
Cabluri de legătură			Bec		
Întrerupător deschis			Motor		



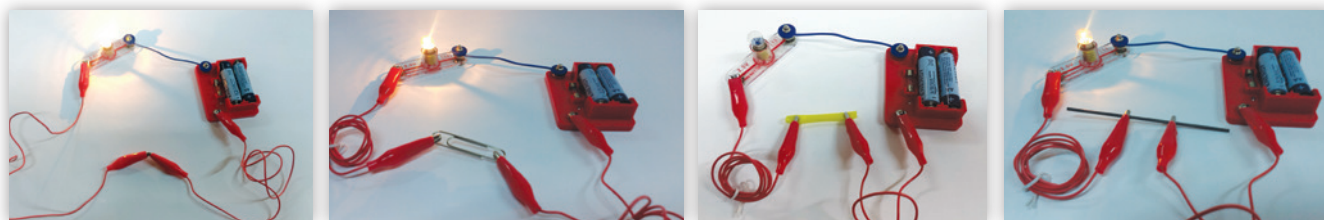
## EXPERIMENT 1 Studiul circuitului electric simplu

### Materiale necesare

- bec, baterie, cabluri conductoare
- agrafă metalică de birou
- scobitoare
- mină de creion (grafit)
- o bucată de sticlă (baghetă)
- hârtie
- un vas cu apă distilată
- sare de bucătărie
- un vas cu apă de la robinet

### Mod de lucru

- ▶ Conectează becul cu bateria utilizând cablurile conductoare. Verifică aprinderea becului.
- ▶ Introdu, pe rând, între conectorii conductorilor, scobitoarea, mina de creion, bucata de sticlă, hârtia, pentru a verifica dacă ele permit trecerea curentului electric.
- ▶ Introdu apoi, pe rând, conectorii conductorilor – la distanță unul de altul și cu grijă pentru a nu atinge cu mâna lichidul – în vasul cu apă distilată, în vasul cu apă de la robinet și, ulterior, în vasul cu apă de la robinet în care ai dizolvat sare de bucătărie. Observă, în fiecare caz, dacă becul se aprinde sau nu.





## CONCLUZII

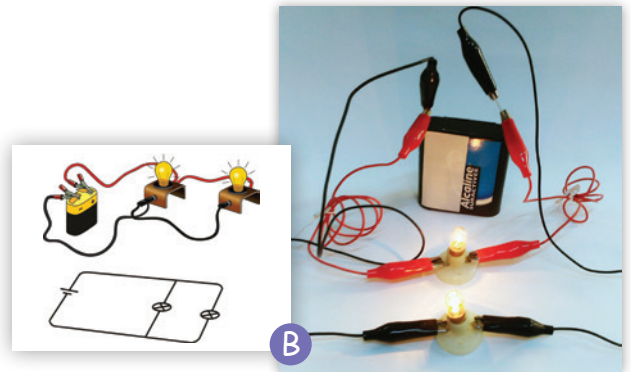
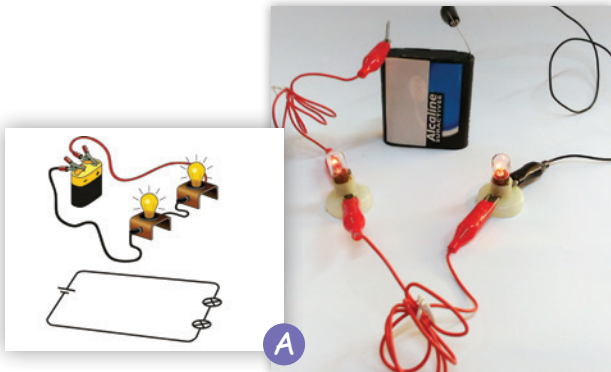
Ai verificat astfel ceea ce ai aflat în lecția de Electrostatică despre conductoare și izolatoare:

- **Metalele, grafitul, apa cu săruri minerale**, sunt materiale **conductoare**; ele permit închiderea circuitelor electrice, asigurând, astfel, funcționarea acestora.
- **Plasticul, lemnul uscat, sticla, hârtia, apa distilată** sunt materiale **izolatoare** sau **izolatoare electrice**; ele întrerup circuitele electrice.



## DE APLICAT

Leagă mai multe becuri la aceeași baterie, în **serie** sau în **paralel**. Ce se întâmplă dacă se arde unul dintre becuri? Mai poate lumina celălalt bec? Explică!



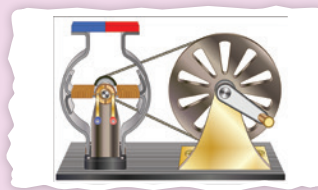
## Generatoare electrice

Generatoarele electrice nu generează energie! Ele convertesc o formă de energie în energie electrică. În funcție de tipul energiei pe care o convertesc, generatoarele electrice pot fi de mai multe feluri:

**Elemente galvanice și acumulatori** – transformă energia chimică în energie electrică



**Dinamuri și alternatoare** – transformă energia mecanică în energie electrică

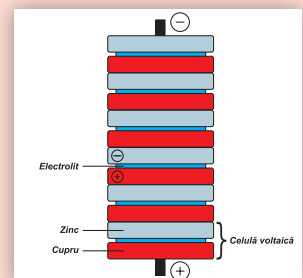


**Elemente fotovoltaice (celele solare)** – transformă energia luminii în energie electrică

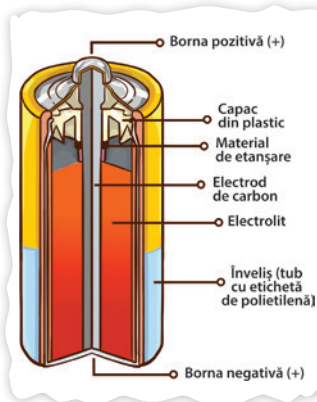


## PENTRU CURIOSI

Pila Volta marchează începutul unei epoci în fizică și impulsionează aplicațiile științei puse în slujba omenirii. Ea a fost inventată de către fizicianul Alessandro Volta, în anul 1799. Este considerată a fi prima **baterie electrică** din istorie. Strămoșul bateriilor electrice permitea transformarea energiei chimice în energie electrică. Marea invenție era formată dintr-o coloană verticală pe care se repetă următorul ansamblu (numit celula voltaică): un disc de cupru metalic, un disc de hârtie îmbibată în soluție salină, un disc de zinc.



### 2.2.2. Tensiunea electrică. Tensiunea electromotoare



Rolul generatorului în circuitul electric este de a asigura deplasarea purtătorilor de sarcină electrică. El este, practic, sursa de energie care efectuează lucrul mecanic necesar pentru mișcarea acestora cu viteză constantă.



? De ce este necesar să se efectueze lucru mecanic pentru deplasarea purtătorilor de sarcină? Putem măsura acest lucru mecanic?

Spre exemplu, în timpul mișcării electronilor liberi prin circuitul electric exterior – din afara sursei –, aceștia se ciocnesc de ionii rețelei cristaline a conductorilor metalici și pierd, astfel, din energia lor cinetică, iar viteza lor scade. Generatorul îi accelerează pentru a le menține viteza constantă, efectuând astfel lucru mecanic. În circuitul interior, electronii se mișcă împotriva forțelor electrostatice, motiv pentru care este necesar să se consume lucru mecanic.



Generatorul are un rol similar unei pompe care ridică apa într-un bazin aflat la înălțime, de unde ea va curge liber – asemenea „curgerii” electronilor în circuitul exterior.

**DEFINIȚIE: Tensiunea electromotoare (t.e.m.)** a unei surse este mărimea fizică scalară care măsoară lucrul mecanic efectuat de către aceasta pentru deplasarea unității de sarcină electrică de-a lungul întregului circuit.

$$E = \frac{W}{q}$$

unde:  $E$  este tensiunea electromotoare a sursei;  $[E]_{SI} = 1 \text{ V}$ ;  $W$  este lucrul mecanic efectuat de către sursă pentru deplasarea sarcinii  $q$  de-a lungul întregului circuit;  $[W]_{SI} = 1 \text{ J}$ ;  $q$  este sarcina transportată de-a lungul întregului circuit electric;  $[q]_{SI} = 1 \text{ C}$ .

Unitatea de măsură pentru tensiune poartă numele **Volt**, în onoarea fizicianului italian *Alessandro Volta*.

$$1 \text{ V} = \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ C}}$$

**DEFINIȚIE:** 1 Volt reprezintă tensiunea electromotoare a unei surse care efectuează un lucru mecanic de 1 Joule pentru deplasarea unei sarcini electrice de 1 Coulomb de-a lungul întregului circuit electric.

Lucrul mecanic  $W$  efectuat de către sursă pentru a deplasa sarcina  $q$  de-a lungul întregului circuit se poate separa în: lucrul mecanic  $W_{\text{ext}}$  consumat la deplasarea sarcinii  $q$  de-a lungul circuitului exterior și lucrul mecanic  $W_{\text{int}}$  consumat la deplasarea sarcinii  $q$  prin interiorul sursei.

$$W = W_{\text{ext}} + W_{\text{int}} \quad \text{de unde:} \quad \frac{W}{q} = \frac{W_{\text{ext}}}{q} + \frac{W_{\text{int}}}{q}$$

- Raportul  $W/q$  reprezintă **tensiunea electromotoare  $E$  a sursei**.
- Raportul  $W_{\text{ext}}/q$  este egal cu lucrul mecanic consumat pentru a deplasa unitatea de sarcină electrică prin circuitul exterior sursei și reprezintă **căderea de tensiune  $U$  pe circuitul exterior sursei** sau **tensiunea  $U$  la bornele sursei**.

– Raportul  $W_{\text{int}}/q$  este egal cu lucrul mecanic consumat pentru a deplasa unitatea de sarcină electrică prin interiorul sursei și reprezintă **căderea de tensiune  $u$  în interiorul sursei**. Astfel, bilanțul energetic devine:

$$E = U + u$$

Dacă alegem două puncte oarecare ale unui circuit electric – 1 și 2 –, **tensiunea electrică** între acestea este egală cu raportul dintre lucrul mecanic necesar transportării unei sarcini electrice,  $q$ , între aceste puncte și valoarea sarcinii electrice transportate. Ea se mai numește și **diferență de potențial electric**:

$$U = \frac{W_{12}}{q} = V_2 - V_1$$



Tensiunea la bornele unui element de circuit se măsoară cu un aparat numit **voltmetru**. El este construit pe baza unuia dintre efectele curentului electric.

**DEFINIȚIE: Potențialul electric** într-un punct al circuitului este mărimea fizică scalară care măsoară lucrul mecanic efectuat pentru a deplasa unitatea de sarcină electrică din acel punct într-un alt punct unde i se atribuie prin convenție, valoarea 0 (spre exemplu, la pământ).



### 2.2.3. Intensitatea curentului electric

Atunci când aplicăm o tensiune electrică între două puncte ale unui conductor, apare un curent electric, o mișcare dirijată a electronilor săi liberi.



Cât de „mult” curent trece prin conductor?

Pentru a răspunde, vom considera un fir metalic, aflat într-un circuit electric simplu. Într-un timp oarecare  $\Delta t$ , printr-o secțiune transversală a firului trece un număr  $n$  de electroni. Acești electroni transportă o sarcină electrică de mărime  $q = n \cdot e$ .

**DEFINIȚIE: Intensitatea curentului electric** este mărimea fizică scalară care măsoară sarcina care trece prin secțiunea transversală a conductorului în unitatea de timp:

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

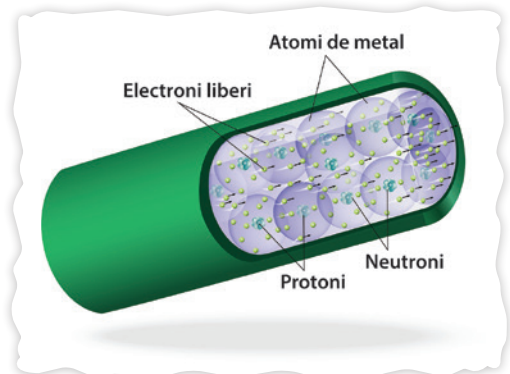
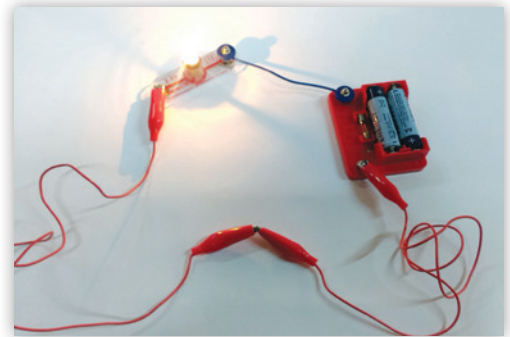
unde: –  $I$  este intensitatea curentului electric;  
–  $q$  este mărimea sarcinii electrice care străbate secțiunea transversală a conductorului în timpul  $\Delta t$ .

$$[q]_{\text{SI}} = 1 \text{ C}, [\Delta t]_{\text{SI}} = 1 \text{ s}$$

**OBSERVAȚII:** Intensitatea curentului electric este o mărime scalară fundamentală în SI. Unitatea de măsură a intensității se numește Amper și se notează cu A. Ea va fi definită ulterior.

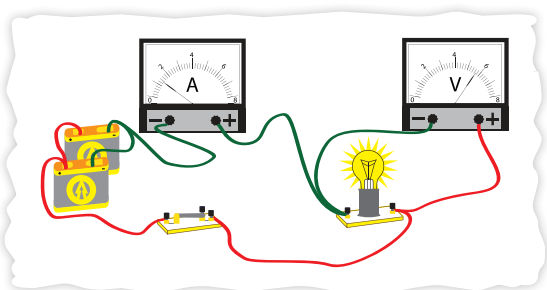
Pentru moment, folosind relația de definiție, putem spune că:

$$1 \text{ A} = \frac{1 \text{ C}}{1 \text{ s}}$$



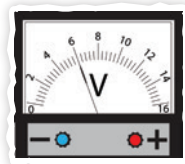
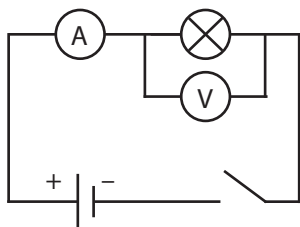
Intensitatea curentului electric se măsoară cu un aparat numit **ampermetru**. El este construit pe baza unuia dintre efectele curentului electric.

## 2.2.4. Măsurarea intensității curentului și a tensiunilor electrice



Oare am putea alimenta orice bec cu orice baterie fără a întâmpina probleme?

Cum am putea afla ce intensitate și ce tensiune electrică poate suporta un bec pentru a funcționa fără să se ardă?



În continuare vom investiga factorii care influențează valoarea intensității curentului electric stabilit printr-un circuit simplu. Pentru aceasta, vom măsura valorile tensiunii și ale intensității curentului în circuite simple utilizând ca instrumente de măsură **voltmetrul** și **ampermetrul**.

**Atenție!** Ampermetrul se conectează întotdeauna în serie cu elementul de circuit unde se dorește măsurarea intensității, iar voltmetrul în paralel cu elementul de circuit unde se dorește măsurarea tensiunii.

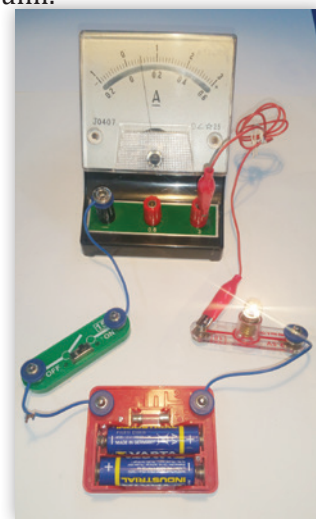
### **EXPERIMENT 1** Măsurarea intensității curentului electric

#### Materiale necesare

- bec
- baterie
- cabluri conductoare
- întrerupător
- ampermetru

#### Mod de lucru

- ▶ Conectează becul cu bateria și cu întrerupătorul utilizând cablurile conductoare. Verifică aprinderea becului.
- ▶ Înseriază, pe rând, între conectorii conductorilor utilizați, ampermetrul și citește indicația acestuia.
- ▶ Dacă dispui de mai multe ampermetre, conectează câte unul în diferite secțiuni ale circuitului și observă indicațiile lor.



### CONCLUZIE

Pentru un circuit simplu, intensitatea curentului electric are aceeași valoare în toate secțiunile circuitului.

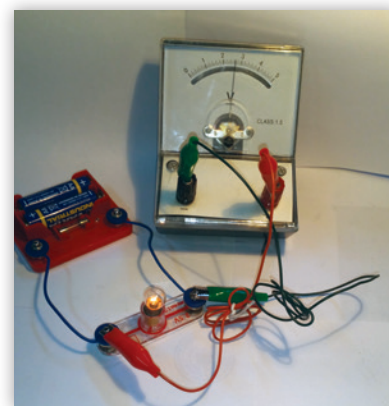
### **EXPERIMENT 2** Măsurarea tensiunii electrice la bornele unui element de circuit

#### Materiale necesare

- bec
- baterii
- cabluri conductoare
- întrerupător
- voltmetru

#### Mod de lucru

- ▶ Conectează becul cu bateria și cu întrerupătorul utilizând cablurile conductoare. Verifică aprinderea becului.
- ▶ Introdu, pe rând, în paralel cu elementele circuitului, voltmetrul și observă indicațiile acestuia.



**OBSERVAȚII:**

- Când conectezi voltmetrul la bornele generatorului – cu circuitul închis – vei măsura tensiunea  $U$  la bornele acestuia; când conectezi voltmetrul la bornele becului – cu circuitul închis – vei măsura tensiunea  $U$  la bornele becului.
- Dacă întrerupi circuitul, voltmetrul conectat la bornele generatorului va indica tensiunea electromotoare a acestuia,  $E$ .

**EXPERIMENT 3****Caracteristica curent-tensiune a unui bec de lanternă****Materiale necesare**

- bec de lanternă
- sursă de tensiune variabilă
- cabluri conductoare
- întrerupător
- ampermetru
- voltmetru

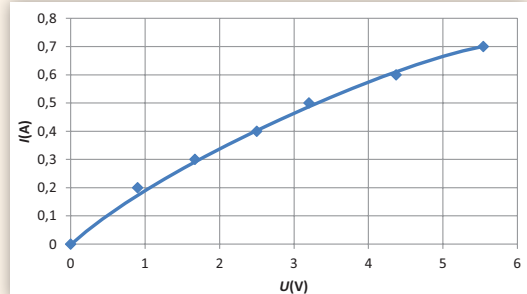
**Mod de lucru**

- ▶ Realizați circuitul de alimentare a becului de la o sursă, apoi conectați aparatele de măsură.
- ▶ Modificați tensiunea aplicată becului, utilizând butonul sursei și notați indicațiile ampermetrului și ale voltmetrului într-un tabel.
- ▶ Reprezentați grafic intensitatea,  $I$ , a curentului în funcție de tensiunea aplicată,  $U$ .

**CONCLUZII**

În tabel se află valorile înregistrate (într-un experiment similar) pentru intensitatea curentului și tensiunea aplicată la bornele unui bec de lanternă, iar reprezentarea grafică a dependenței curentului stabilit în funcție de tensiunea aplicată la borne, în diagrama alăturată tabelului.

Nr. crt.	$I(A)$	$U(V)$
1	0	0
2	0,2	0,9
3	0,3	1,67
4	0,4	2,5
5	0,5	3,2
6	0,6	4,37
7	0,7	5,54



**OBSERVAȚIE:** Curentul stabilit prin bec nu depinde liniar de tensiunea aplicată la bornele sale, intensitatea curentului nu este direct proporțională cu tensiunea aplicată.



☞ Pentru a evita arderea becului, trebuie evitată stabilirea unor curenți prea mari, ceea ce implică aplicarea treptată a tensiunilor din ce în ce mai mari. Pe becuri sunt trecute valorile tensiunilor nominale, la care acestea funcționează normal.

Un element de circuit cu două borne, des întâlnit, este **rezistorul**. Pentru a afla mai multe amănunte despre rezistor, îl vom insera într-un circuit simplu, unde îi vom aplica tensiune variabilă și vom măsura curentul stabilit prin el în funcție de tensiunea aplicată.



☐ Oare în cazul altor consumatori electrici am întâmpina probleme?

Cum am putea afla ce intensitate și ce tensiune electrică pot suporta aceștia pentru a funcționa fără să se deterioreze?

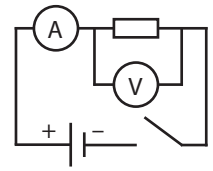

**EXPERIMENT 4** Caracteristica curent-tensiune a unui rezistor

**Materiale necesare**

- rezistor
- sursă de tensiune variabilă
- cabluri conductoare
- întrerupător
- ampermetru
- voltmetru

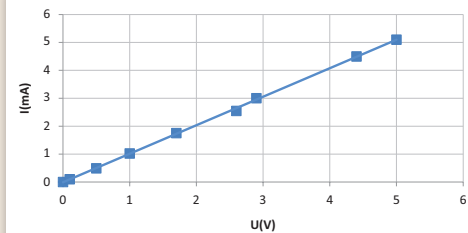
**Mod de lucru**

- Conectează rezistorul cu bateria utilizând cablurile conductoare. Înseriază ampermetrul, apoi conectează voltmetrul în paralel cu rezistorul.
- Modifică tensiunea aplicată rezistorului, utilizând butonul sursei și notează indicațiile ampermetrului și ale voltmetrului într-un tabel.
- Reprezintă grafic intensitatea,  $I$ , a curentului în funcție de tensiunea aplicată,  $U$ .


**CONCLUZII**

În tabel se află valorile înregistrate (într-un experiment similar) pentru intensitatea curentului și tensiunea aplicată la bornele rezistorului, iar reprezentarea grafică a dependenței curentului stabilit în funcție de tensiunea aplicată la borne, în diagrama alăturată tabelului.

Nr. crt.	$I$ (mA)	$U$ (V)
1	0	0
2	0,1	0,1
3	0,49	0,5
4	1,02	1
5	1,75	1,7
6	2,55	2,6
7	3	2,9
8	4,5	4,4
9	5,1	5



**OBSERVAȚIE:** Curentul stabilit prin rezistor depinde liniar de tensiunea aplicată la bornele sale; intensitatea curentului stabilit prin el este direct proporțională cu tensiunea aplicată.



Pentru a asigura funcționarea în bune condiții a unui rezistor trebuie evitată stabilirea unor curenți prea mari prin acesta; de aceea, creșterea tensiunii aplicate trebuie făcută treptat.

Vom studia în continuare caracteristici ale rezistoarelor și ale altor elemente de circuit care ne indică modul în care pot fi utilizate în bune condiții.

### 2.2.5. Rezistența electrică



Ce se întâmplă cu raportul dintre tensiunea aplicată unui rezistor și intensitatea curentului stabilit prin el?

Printre elementele de circuit studiate în lecția anterioară se numără un rezistor și un bec de lanternă, pentru care s-a reprezentat grafic caracteristica curent-tensiune.

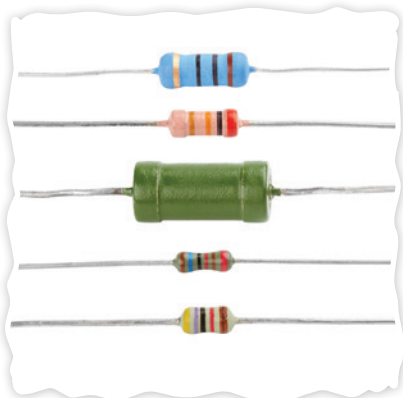
În cazul rezistorului, caracteristica curent-tensiune are aspect liniar, motiv pentru care acesta este numit **rezistor ohmic**.

Intensitatea curentului stabilit este direct proporțională cu tensiunea aplicată la borne, atâta timp cât el nu se încălzește sesizabil.

$$I = \frac{U}{R} \text{ sau } U = R \cdot I$$

Constanta de proporționalitate dintre  $U$  și  $I$  este **rezistența electrică** a conductorului.

**DEFINIȚIE:** **Rezistența electrică** a unui conductor,  $R$ , este mărimea fizică scalară care măsoară raportul constant dintre tensiunea aplicată și intensitatea curentului stabilit prin el, în condițiile în care temperatura conductorului rămâne constantă.



Unitatea de măsură SI pentru rezistența electrică a unui conductor poartă numele de **Ohm**, în onoarea fizicianului Georg Simon Ohm.

$$[R]_{SI} = 1 \Omega$$

1 Ohm reprezintă rezistența electrică a unui conductor prin care se stabilește un curent cu intensitatea de 1 A atunci când la borne i se aplică o tensiune de 1 V.

### OBSERVAȚIE:

În practică vom lucra cu rezistențe electrice mari și vom utiliza multiplii:  
 $1 \text{ k}\Omega = 10^3 \Omega$   
 $1 \text{ M}\Omega = 10^6 \Omega$



**Georg Simon Ohm** (1789–1854) este un fizician german, cunoscut pentru descoperirea legii care îi poartă numele; aceasta exprimă intensitatea curentului electric dintr-un conductor în funcție de tensiunea electrică de la capetele conductorului și de rezistența electrică a acestuia.



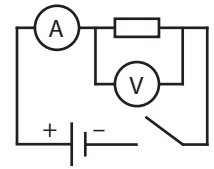
## EXPERIMENT 1 Determinarea rezistenței electrice a unor rezistoare

### Materiale necesare

- rezistoare de  $500 \Omega$  și  $1000 \Omega$
- sursă de tensiune variabilă
- cabluri conductoare
- întrerupător
- ampermetru
- voltmetru

### Mod de lucru

- ▶ Realizează circuitul după schema următoare (succesiv, pentru fiecare rezistor):
- ▶ Modifică tensiunea aplicată rezistorului, utilizând butonul sursei și notează indicațiile ampermetrului și ale voltmetrului într-un tabel.



## CONCLUZII

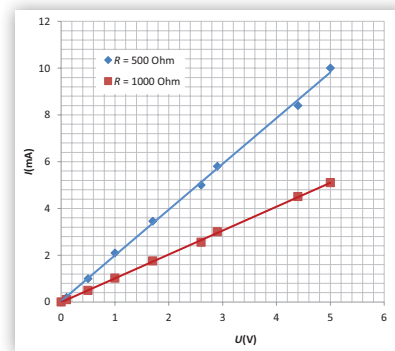
- Valorile înregistrate pentru intensitatea curentului și tensiunea aplicată la bornele rezistoarelor cu valorile de  $500 \Omega$ , respectiv  $1000 \Omega$ , se află în tabelele de mai jos (Tabel I,  $R = 1000 \Omega$ ; Tabel II,  $R = 500 \Omega$ ), iar reprezentarea grafică a dependenței curentului stabilit în funcție de tensiunea aplicată la borne fiecăruia, în diagrama alăturată tabelelor.
- Pentru fiecare rezistor, raportul dintre tensiunea la bornele lui și intensitatea curentului stabilit prin acesta are valoare constantă, atât timp cât temperatura rezistorului nu variază.

Tabel I

Nr. crt.	$I(\text{mA})$	$U(\text{V})$	$U/I (\Omega)$
1	0	0	
2	0,1	0,1	1,00
3	0,49	0,5	1,02
4	1,02	1	0,98
5	1,75	1,7	0,97
6	2,55	2,6	1,02
7	3	2,9	0,97
8	4,5	4,4	0,98
9	5,1	5	0,98

Tabel II

Nr. crt.	$I(\text{mA})$	$U(\text{V})$	$U/I (\Omega)$
1	0	0	
2	0,2	0,1	0,50
3	1	0,5	0,50
4	2,1	1	0,48
5	3,45	1,7	0,49
6	5	2,6	0,52
7	5,8	2,9	0,50
8	8,4	4,4	0,52
9	10	5	0,50



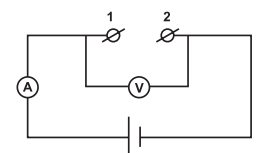
## EXPERIMENT 2 Dependența rezistenței electrice de dimensiunile și de natura materialului conductorului

### Materiale necesare

- sursă de tensiune variabilă
- ampermetru, voltmetru
- conductoare din materiale diferite (cupru, aluminiu, grafit) având dimensiuni diferite

### Mod de lucru

- ▶ Realizează circuitul după schema următoare:
- ▶ Conectează, pe rând, între bornele 1 și 2, conductoarele pe care le ai la dispoziție:



- a) conductoare din același material, având aceeași secțiune, dar lungimi diferite;
  - b) conductoare din același material, având aceeași lungime, dar secțiuni diferite;
  - c) conductoare având aceeași secțiune și aceeași lungime, dar materiale diferite.
- ▶ Aplică aceeași tensiune fiecărui conductor și măsoară intensitatea curentului.
  - ▶ Notează, în fiecare dintre cazuri, indicațiile ampermetrului și ale voltmetrului într-un tabel de date experimentale.
  - ▶ Calculează raportul  $R = U/I$  pentru fiecare caz considerat.

### CONCLUZIE

Se constată experimental că rezistența  $R$  a unui conductor ohmic este direct proporțională cu lungimea firului,  $l$  și invers proporțională cu aria secțiunii sale transversale,  $S$ .

Dependența rezistenței electrice de natura și de dimensiunile conductorului este:  $R = \rho \frac{l}{S}$  unde  $\rho$  este **rezistivitatea electrică** a materialului conductor:  $[\rho]_{SI} = 1 \Omega \cdot m$ .

Rezistivitatea electrică a materialului conductor depinde numai de natura materialului din care este confecționat rezistorul. Astfel, conductoarele au rezistivitatea cuprinsă în intervalul  $10^{-8} - 10^{-5} \Omega m$ , semiconductorii între  $10^{-5} - 10^7 \Omega m$ , iar izolatoarele între  $10^8 - 10^{20} \Omega m$ .

**Efectul termic** al curentului electric constă în încălzirea conductorilor prin care se stabilește curent electric.

S-a constatat experimental că rezistivitatea electrică depinde de temperatura conductorului:

$$\rho = \rho_0 (1 + \alpha t)$$

unde: –  $\rho_0$  este rezistivitatea electrică a materialului la temperatura de referință, în principiu  $0^\circ C$  sau temperatura camerei;

- $\rho$  este rezistivitatea electrică a materialului la temperatura  $t$ ;
- $\alpha$  este **coeficientul termic al rezistivității**,  $[\alpha]_{SI} = \text{grad}^{-1}$ .

Rezistența electrică a conductorului va depinde și ea de temperatură, după o relație similară:

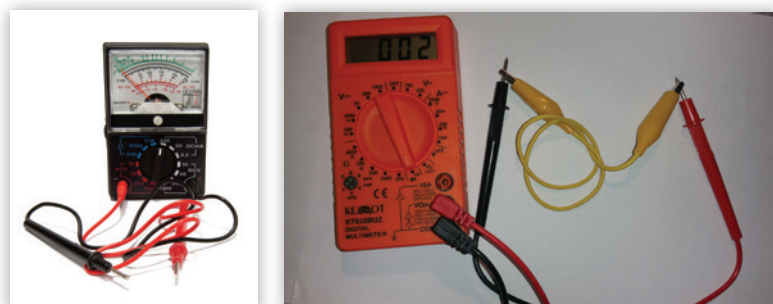
$$R = R_0 (1 + \alpha t)$$

Pentru a măsura direct valorile rezistențelor electrice, în practică se utilizează **ohmmetrele** analogice sau digitale.

Cele digitale se găsesc în multimetrele digitale cu funcție de măsurare a rezistenței electrice. Majoritatea acestor dispozitive acoperă valorile extrem de ridicate – mai mari de  $100 M\Omega$  – sau foarte mici și măsurători precise – între  $0$  și  $1 \Omega$ . Multe multimetre au o funcție automată de acordare a scalei de măsură.

Unele multimetre digitale sunt dotate cu funcție de verificare a continuității unui circuit electric. Acestea conțin un buzzer care emite un sunet atunci când există continuitate. Dacă circuitul este întrerupt și comutatorul multimetrului este în poziția ON,

multimetrul nu va emite niciun semnal sonor. Multimetrul digital poate fi utilizat pentru a testa continuitatea la întrerupătoare, siguranțe, conexiuni electrice, conductori și alte componente.



### OBSERVAȚII:

- rezistența electrică a conductoarelor (metale) crește atunci când temperatura crește;
- rezistența electrică a unor materiale precum nemetalele (grafitul, germaniul, siliciul) scade atunci când temperatura crește. Ele se numesc **semiconductori**.





**EXPERIMENT 3****Măsurarea rezistenței electrice utilizând ohmmetrul digital****Materiale necesare**

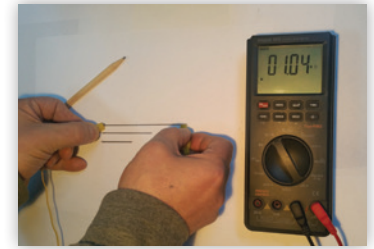
- rezistoare cu diferite rezistențe
- ohmmetru sau multimetru digital

**Avertisment!**

Nu încercați niciodată să efectuați măsurători de rezistență pe circuitele alimentate cu energie electrică de la rețea. Există șanse de a distruge ohmmetrul și de a vă provoca un șoc!!!

**Mod de lucru**

- ▶ Porniște multimetrul. Selectează funcția de măsurare a rezistenței electrice și scala aproximativă în care te aștepti să efectuezi măsurarea – de regulă se alege o scală mare, pentru a evita eventualele deteriorări ale aparatului.
- ▶ Plasează fiecare vârf al cablurilor conductoare la bornele rezistoarelor de măsurat.
- ▶ Modifică scala aparatului de măsură pentru a intra în domeniul adecvat de valori.



**OBSERVAȚIE:** Dacă nu dispui de rezistoare, poți utiliza grafitul din minele de creion.

**PENTRU CURIOSI**

Corpul tău este un conductor electric. Poți măsura rezistența sa electrică prin reglarea multimetrului pe cea mai mare scală și prin strângerea vârfurilor conectorilor în fiecare mână. Acesta este motivul pentru care NU ar trebui să ții capetele conductorilor cu mâinile atunci când măsoară rezistențe peste 100 000  $\Omega$ , deoarece acest lucru va afecta corectitudinea citirii rezultatelor.

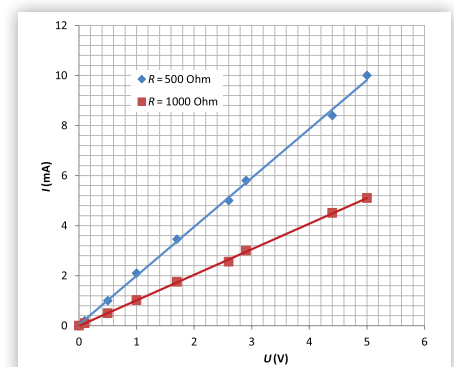
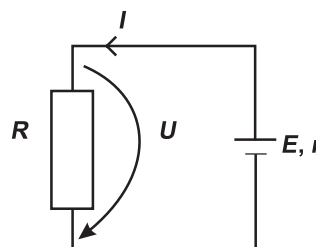


**Rezistența electrică** este mărimea fizică ce caracterizează modul în care un conductor se opune trecerii curentului electric prin el, datorită ciocnirilor dintre electronii liberi și ionii pozitivi ai rețelei metalului. Ea măsoară raportul, constant, dintre tensiunea aplicată și intensitatea curentului stabilit prin conductor.

**2.2.6. Legea Ohm**

Ce relație există între tensiunea aplicată unui rezistor și intensitatea curentului stabilit prin el?

Potrivit datelor experimentale obținute în cazul rezistoarelor studiate în circuite simple, intensitatea curentului stabilit prin acestea este direct proporțională cu tensiunea aplicată.



Astfel, pentru porțiunea de circuit care conține rezistorul  $R$ , am descoperit că  $I = \frac{U}{R}$  sau  $U = R \cdot I$ , ceea ce verifică experimental **legea** care poartă numele fizicianului Georg Simon **Ohm**:

**Intensitatea,  $I$ , a curentului electric stabilit printr-o porțiune dintr-un circuit simplu, este direct proporțională cu tensiunea aplicată,  $U$ , constanta de proporționalitate fiind inversa rezistenței electrice,  $R$ , a porțiunii respective de circuit.**

**OBSERVAȚIE:** Aceasta este legea Ohm pentru o porțiune de circuit simplu.

Dacă aplicăm legea Ohm pentru porțiunea care conține sursa de tensiune având rezistența\*  $r$ , vom obține:

$$u = r \cdot I.$$

Având în vedere că anterior am obținut:  $U = R \cdot I$  și adunând membru cu membru cele două ecuații anterioare rezultă:  $u + U = (r + R) \cdot I$ , adică  $E = (r + R) \cdot I$  sau  $I = \frac{E}{r + R}$ , ceea ce reprezintă expresia matematică a **legii Ohm pentru un întreg circuit simplu**.

**Intensitatea,  $I$ , a curentului electric stabilit printr-un circuit simplu, este direct proporțională cu tensiunea electromotoare a sursei  $E$ , constanta de proporționalitate fiind inversa rezistenței electrice totale a circuitului.**

### DE APLICAT

Atunci când într-un circuit electric simplu se introduce un rezistor de rezistență  $R_1 = 10 \Omega$ , intensitatea curentului devine  $I_1 = 3 \text{ A}$ , iar când se înlocuiește rezistorul cu un alt rezistor având rezistența  $R_2 = 20 \Omega$ , intensitatea devine  $I_2 = 1,6 \text{ A}$ . Calculează rezistența internă,  $r$ , a sursei.

Din legea Ohm pentru întreg circuitul obținem:  $I_1 = \frac{E}{r + R_1}$ ,  $I_2 = \frac{E}{r + R_2}$ .

Împărțim ecuațiile membru cu membru:  $\frac{I_1}{I_2} = \frac{r + R_2}{r + R_1}$  și rezultă:  $r = \frac{I_1 R_1 - I_2 R_2}{I_2 - I_1}$ , cu  $r \approx 1,43 \Omega$ .



❓ Ce se întâmplă atunci când într-un circuit electric simplu rezistența circuitului exterior este foarte mică și se apropie de valoarea zero?

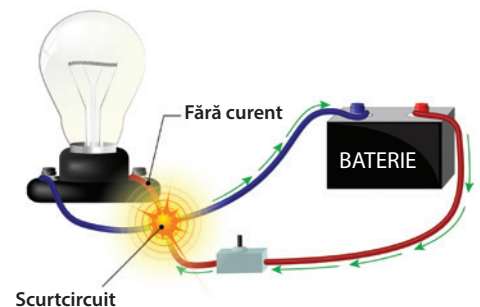
Ce fenomene pot apărea dacă, din întâmplare, se ating conductorii care leagă bornele bateriei?

În acest caz, se produce un **scurtcircuit**. Aceasta înseamnă că bornele bateriei sunt, practic, conectate prin conductori având rezistența electrică neglijabilă ( $R = 0$ ).

Potrivit legii Ohm pentru circuitul simplu, în acest caz obținem:

$$I_{SC} = \frac{E}{r}, \text{ unde } I_{SC} \text{ este intensitatea curentului la scurtcircuit.}$$

**OBSERVAȚIE:** În acest caz, intensitatea curentului,  $I_{SC}$ , este mai mare decât în cazul în care rezistența electrică a circuitului exterior are valori considerabile;  $I_{SC} > I$ .



💡 Scurtcircuitul trebuie evitat, deoarece valorile mărite ale intensității curentului electric duc la încălzirea conductorilor, ceea ce ar putea provoca supraîncălziri și, respectiv, incendii. Veți afla mai multe despre aceste situații în lecțiile următoare.

\* Sursele de tensiune au și ele de o rezistență electrică internă, notată, de obicei, cu  $r$ . În unele cazuri această rezistență este neglijabilă.

## 2.2.7. Gruparea rezistoarelor



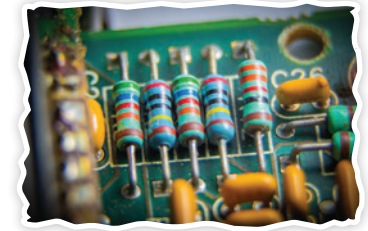
? Ce se întâmplă atunci când conectăm mai multe rezistoare în serie?

În acest caz, tensiunea la bornele sursei,  $U$ , este egală cu suma tensiunilor pe cele trei rezistoare:  $U_1, U_2$  și  $U_3$ .

$$U = U_1 + U_2 + U_3.$$

Potrivit legii Ohm pentru fiecare rezistor:  $U = IR_1 + IR_2 + IR_3$ .

Dar,  $U = I \cdot R_S$ , de unde rezultă că rezistența echivalentă  $R_S$  a rezistoarelor ale căror rezistențe sunt  $R_1, R_2$  și  $R_3$  este dată de relația:  $R_S = R_1 + R_2 + R_3$ .



## DE REȚINUT

Rezistența totală a mai multor rezistoare conectate în serie este egală cu suma rezistențelor acestora.



? Ce se întâmplă atunci când conectăm mai multe rezistoare în paralel?

În cazul grupării în paralel, efectul celor trei rezistoare combinate va fi mai mic decât al fiecăruia dintre ele, întrucât adăugarea unui rezistor în paralel produce o nouă cale pentru curent. Rezistența grupării paralel este dată de relația:

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}.$$

## DE REȚINUT

Inversa rezistenței paralel este suma inverselor rezistențelor individuale legate în paralel.

## DE APLICAT

Calculează rezistența echivalentă a grupărilor de rezistoare din schemele alăturate, cunoscând valorile rezistențelor electrice:  $R_1 = 3 \Omega$ ,  $R_2 = 4 \Omega$ .

a În primul caz, rezistoarele sunt grupate în serie:

$$R_{AB} = R_1 + R_2, R_{AB} = 7 \Omega.$$

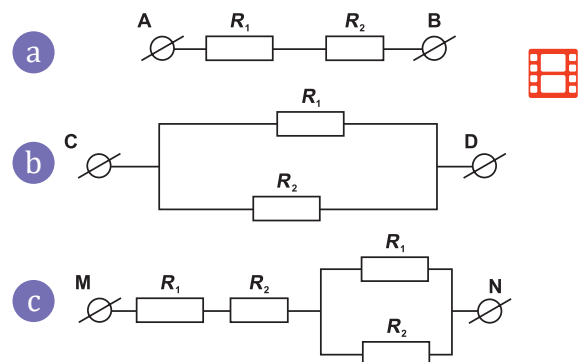
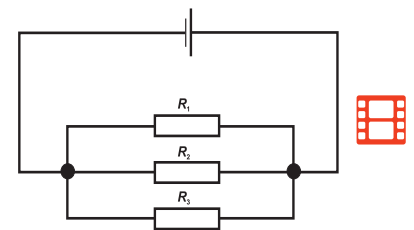
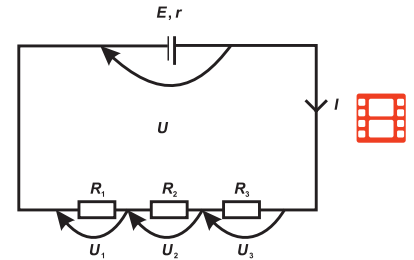
b În al doilea caz, rezistoarele sunt grupate în paralel:

$$\frac{1}{R_{CD}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}; R_{CD} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}.$$

Rezultă  $R_{CD} = 12/7 \Omega$ .

c În al treilea caz, sunt grupate în serie cele două grupări,  $R_{AB}$  și  $R_{CD}$ :  $R_{MN} = R_{AB} + R_{CD}$ .

Rezultă  $R_{MN} = 61/7 \Omega$ .

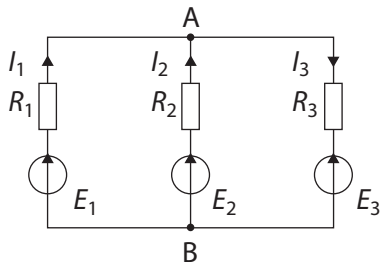


Utilizăm grupări de rezistoare pentru a obține valori de rezistoare de care nu dispunem. Prin conectarea în serie obținem valori mai mari, iar prin conectarea în paralel obținem valori mai mici decât ale rezistoarelor utilizate.

### 2.2.8. Extindere: Legile Kirchhoff



Dață știm ce relații există între tensiunile aplicate și rezistențele electrice, cum am putea calcula intensitățile curenților stabiliți prin rezistoarele din circuitul reprezentat în schema de mai jos? Mai este valabilă legea Ohm pentru acest circuit?



**Gustav Robert Kirchhoff** (1824–1887) a fost un fizician german. El a descoperit legile care îi poartă numele pentru **circuitele electrice ramificate**. A avut contribuții importante și în alte domenii ale fizicii. Legile Kirchhoff exprimă **conservarea sarcinii electrice** într-un circuit electric. Aceste legi, pe care el le-a demonstrat, se aplică în cazul rețelelor (circuitelor) electrice de curent continuu.

În general, circuitele electrice sunt complexe, conținând una sau mai multe surse de tensiune electrică, mai mulți consumatori legați în diferite moduri, alcătuiind astfel **rețele electrice**. Mărimile care intervin într-o rețea electrică sunt: tensiunile electromotoare ale surselor, rezistențele diferitelor laturi și intensitățile curenților stabiliți prin aceste laturi.

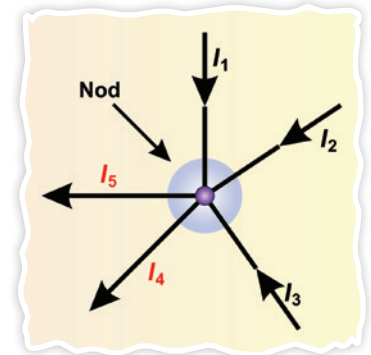
Circuitul prezentat are ramificații, motiv pentru care poartă numele de **rețea electrică**. Elementele unei rețele electrice sunt:

- **nodul de rețea** – locul unde se întâlnesc cel puțin 3 ramuri conductoare (laturi) de rețea.
- **ramura de rețea** – orice porțiune conductoare dintre 2 noduri succesive.
- **ochiul de rețea** – traseu format din laturi (ramuri) de rețea, care este închis (pornește dintr-un punct și se termină în același punct).

Problema principală a rețelilor de curent continuu o reprezintă calculul **intensităților** curenților stabiliți prin laturile lor dacă se cunosc valorile pentru **rezistențele** electrice ale consumatorilor și ale surselor, precum și **t.e.m.** ale surselor.

**Prima lege Kirchhoff** (sau „legea nodurilor”) afirmă că suma algebrică a intensităților curenților care se întâlnesc într-un nod de rețea este egală cu zero.

**Convenție:** intensitățile curenților care intră în nod se consideră pozitive, iar intensitățile curenților care ies din nod se consideră negative.



**A doua lege Kirchhoff** se referă la ochiuri de rețea și afirmă că suma algebrică a tensiunilor electromotoare dintr-un ochi de rețea este egală cu suma algebrică a căderilor de tensiune din acel ochi de rețea, adică a produselor dintre intensitatea curentului și rezistența totală de pe fiecare latură.

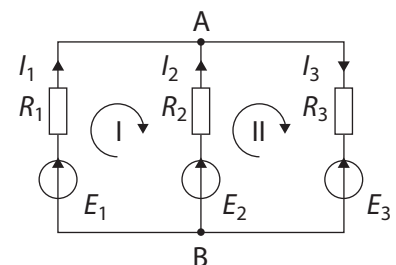
#### DE APLICAT

Revenim la circuitul prezentat în debutul lecției, pentru care se cunosc valorile t.e.m.  $E_1, E_2, E_3$  ale generatoarelor și rezistențele electrice ale consumatorilor,  $R_1, R_2, R_3$ .

Ecuatiile obținute prin aplicarea legilor Kirchhoff permit aflarea intensităților curenților  $I_1, I_2, I_3$  care străbat acest circuit.

Pentru a rezolva această rețea vom parcurge următoarele etape:

- Identificăm nodurile circuitului:  $A$  și  $B$ .
- Identificăm laturile circuitului.



- Notăm intensitățile curenților și alegem sensuri pentru aceștia dacă problema nu îi specifică deja.
- Aplicăm prima lege Kirchhoff: pentru nodul A:  $I_1 + I_2 - I_3 = 0$   
pentru nodul B:  $-I_1 - I_2 + I_3 = 0$

Observăm că ecuațiile obținute sunt identice. Deci pentru două noduri de rețea putem obține o singură ecuație. Generalizând, spunem că pentru  $n$  noduri de rețea se vor obține  $n - 1$  ecuații independente.

- Alegem ochiurile de rețea pentru care vom aplica a II-a lege Kirchhoff (I și II în desenul anterior).
- Alegem sensuri de parcurgere în aceste ochiuri de rețea (sensurile săgeților figurate).

**Convenție:** Căderile de tensiune pe rezistoare sunt considerate pozitive dacă sensul de parcurgere al ochiului ales coincide cu sensul curentului electric. Tensiunile electromotoare sunt considerate pozitive dacă sensul de parcurgere al ochiului străbate sursa de la - la +.

- Aplicăm a doua lege Kirchhoff

pentru ochiul I:  $E_1 - E_2 = I_1 \cdot R_1 - I_2 \cdot R_2$

pentru ochiul II:  $E_2 - E_3 = I_2 \cdot R_2 + I_3 \cdot R_3$

Cu cele 3 ecuații:  $I_1 + I_2 - I_3 = 0$

$$E_1 - E_2 = I_1 \cdot R_1 - I_2 \cdot R_2$$

$$E_2 - E_3 = I_2 \cdot R_2 + I_3 \cdot R_3$$

se obține un sistem de 3 ecuații cu 3 necunoscute,  $I_1$ ,  $I_2$  și  $I_3$ , în care putem înlocui valorile cunoscute pentru a calcula intensitățile curenților.



În cazul rețelelor nu se mai aplică legea Ohm pentru întreg circuitul. Aplicând legile Kirchhoff, obținem un sistem de 3 ecuații, cu 3 necunoscute,  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$ , în care putem înlocui valorile t.e.m. și ale rezistențelor electrice pentru a calcula intensitățile curenților.

## 2.2.9. Gruparea generatoarelor identice

### Gruparea serie

Pentru a grupa în serie mai multe generatoare se leagă borna negativă a unui generator cu borna pozitivă a următorului generator.

Vom considera un circuit alcătuit din două baterii identice cu t.e.m.  $E$  și rezistența internă  $r$ , conectate în serie și care alimentează un consumator rezistiv  $R$ .



### EXPERIMENT 1

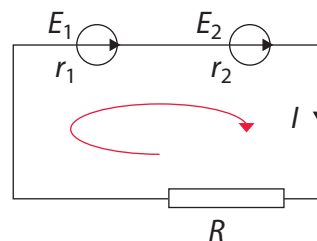
### Gruparea în serie a bateriilor electrice

#### Materiale necesare

- 2 baterii identice (vom utiliza baterii de 9 V)
- cabluri conductoare
- întrerupător
- ampermetru
- voltmetru

#### Mod de lucru

- ▶ Realizează circuitul după schema următoare, conectând bateriile în serie.



- ▶ Conectează voltmetrul la bornele rezistorului  $R$  și citește indicația sa.
- ▶ Apoi conectează ampermetrul în serie cu rezistorul  $R$  și citește indicația ampermetrului.



**CONCLUZII**

Se constată experimental că prin legarea în serie a generatoarelor electrice circuitul se comportă ca și cum ar conține un generator echivalent având:

- tensiunea electromotoare echivalentă egală cu suma t.e.m. a generatoarelor:  $E_S = E_1 + E_2$ , iar în cazul celor identice:  $E_S = 2 \cdot E$ ;
- rezistența internă echivalentă egală cu suma rezistențelor interne ale generatoarelor:  $r_S = r_1 + r_2$ , iar în cazul celor identice:  $r_S = 2 \cdot r$ .

**Gruparea paralel**

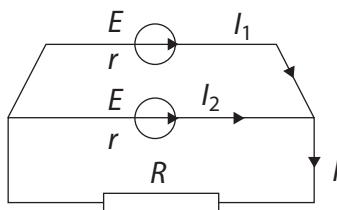
Pentru gruparea paralel a generatoarelor, se leagă bornele pozitive împreună, cele negative se leagă între ele, iar consumatorul se conectează și el între aceste borne.

**EXPERIMENT 2 Gruparea în paralel a bateriilor electrice**
**Materiale necesare**

- 2 baterii identice (vom utiliza baterii de 9 V)
- cabluri conductoare
- întrerupător
- ampermetru
- voltmetru

**Mod de lucru**

- ▶ Realizează circuitul după schema următoare, conectând bateriile în paralel.



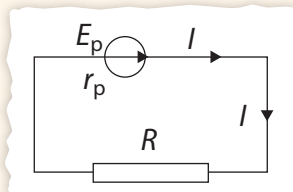
- ▶ Conectează voltmetrul la bornele rezistorului și citește indicația sa.
- ▶ Conectează ampermetrul pe ramura care conține una dintre surse și citește indicația sa. Apoi conectează și citește indicația ampermetrului pentru ramura care conține cealaltă sursă, iar în final măsoară curentul din ramura cu rezistor.

**CONCLUZII**

Se constată experimental că prin legarea în paralel a generatoarelor electrice identice circuitul se comportă ca și cum ar conține un generator echivalent având:

- tensiunea electromotoare echivalentă cu t.e.m. a unui generator:  $E_p = E$
- rezistența internă echivalentă:  
 $r_p = r/2$ .

*Generalizare:* pentru  $n$  generatoare identice având t.e.m.  $E$  și rezistența internă  $r$ , grupate în paralel, t.e.m. echivalentă este:  $E_p = E$ , iar rezistența internă echivalentă devine:  $r_p = r/n$ .


**DE APLICAT**

Calculează valoarea intensității curentului din rezistor aplicând a doua lege Kirchhoff.

Legea a doua Kirchhoff:

$$2 \cdot E = I(R + 2 \cdot r), \text{ deci } I = \frac{2E}{R + 2r}.$$

Compară valoarea calculată cu ajutorul acestei relații cu valoarea măsurată cu ampermetrul. Coincid ele?


**DE APLICAT**

Calculează valoarea intensității curentului din rezistor aplicând a doua lege Kirchhoff în circuitul echivalent.

sau

Compară valoarea calculată cu ajutorul acestei relații cu valoarea măsurată cu ampermetrul. Coincid ele?



## MINI-LAB

### Construiește singur baterii din lămâi

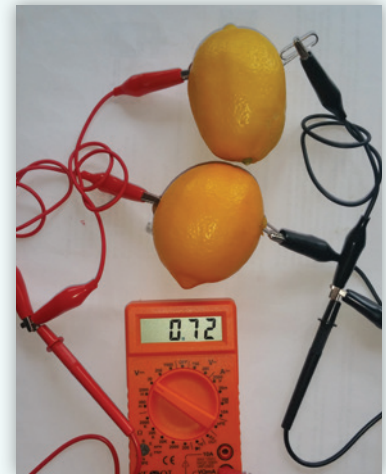
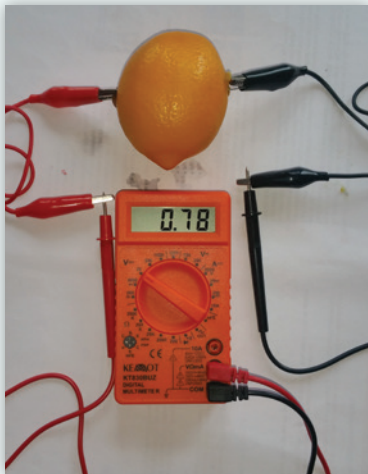
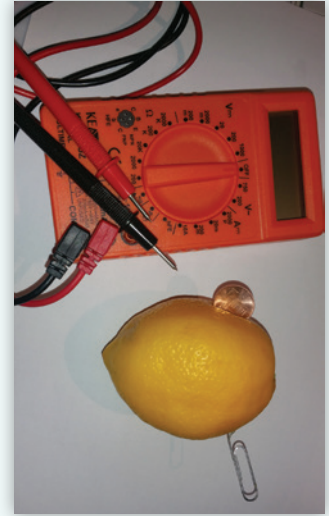
Bateriile generează curent electric prin mișcarea electronilor între două metale diferite. Unul dintre metale constituie borna pozitivă, iar celălalt, borna negativă.

Cele două metale ar putea fi o monedă de cupru și un cui galvanizat sau o agrafă de birou. Ne mai trebuie o soluție care să conducă mișcarea electronilor între cele două borne. Această soluție ar putea fi zeama unei lămâi.

- Alege o lămâie zemoasă, introdu moneda și agrafa de birou în ea, la distanță de câțiva cm pentru a crea bornele bateriei. Ai grijă să nu atingi cu agrafa moneda în lămâie, deoarece, dacă se ating, bateria nu va funcționa corect și nu vei obține tensiune între borne.

- Conectează voltmetrul la bornele bateriei astfel realizate și măsoară tensiunea furnizată de ea.

- Construieste încă o baterie lămâie, apoi conectează-le în serie și, respectiv în paralel, apoi măsoară tensiunea și intensitatea curentului pe care acestea le furnizează. Se verifică experimental caracteristicile bateriei echivalente?



## 2.2.10. Energia și puterea electrică. Legea Joule



De ce luminează becul din imagine? Cum își îndeplinesc bateriile rolul lor în circuit?  
De ce atunci când „trece” curent electric prin conductori, ei se încălzesc într-o măsură mai mare sau mai mică?

Bateriile – sau sursa de tensiune – asigură stabilirea curentului electric prin circuit. Energia curentului electric  $W$  măsoară, de fapt, lucrul mecanic cheltuit de către „generator” pentru a transporta sarcina electrică  $q$  printr-o secțiune din circuit într-un interval de timp  $\Delta t$ , deci se poate scrie:

$$W = U \cdot q$$

unde  $U$  este tensiunea la bornele generatorului. Dacă înlocuim  $q = I \cdot \Delta t$ , obținem:  $W = U \cdot I \cdot \Delta t$ .



## DE REȚINUT

- Energia consumată pe întregul circuit este:  $W_{\text{tot}} = E \cdot I \cdot \Delta t$
- Energia consumată pe circuitul exterior este:  $W_{\text{ext}} = U \cdot I \cdot \Delta t$
- Energia consumată pe circuitul interior este:  $W_{\text{int}} = u \cdot I \cdot \Delta t$

În cazul în care *consumatorul* din circuit este un rezistor cu rezistența electrică  $R$ , energia primită de el se disipă sub formă de căldură:

$$Q = U \cdot I \cdot \Delta t = R \cdot I^2 \cdot \Delta t = \frac{U^2}{R} \cdot \Delta t,$$

ceea ce reprezintă expresia matematică a **legii Joule**, *legea efectului termic al curentului electric*, al cărui enunț este:

Căldura degajată la trecerea curentului electric printr-un conductor este direct proporțională cu rezistența conductorului,  $R$ , cu pătratul intensității curentului stabilit prin conductor,  $I$ , și cu durata trecerii curentului,  $\Delta t$ .

$$Q = R \cdot I^2 \cdot \Delta t$$

Ne propunem să evaluăm experimental căldura pe care un conductor din nichelină o cedează apei dintr-un calorimetru atunci când este alimentat la o sursă de tensiune. Pentru aceasta vom investiga dependența variației (creșterii) temperaturii apei din calorimetru,  $\Delta\theta$ , de intensitatea curentului aplicat,  $I$ , de rezistența electrică a conductorilor utilizați,  $R$ , și de timpul trecerii curentului electric prin rezistor,  $\Delta t$ .



## EXPERIMENT 1

## Verificarea experimentală a legii Joule

## Materiale necesare

- sursă de tensiune stabilizată
- ampermetru de 0–3 A
- calorimetru cu accesorii (termometru de construcție specială, agitator)
- apă
- rezistoare din sârmă de nichelină
- reostat cu cursor
- conductoare de legătură
- întrerupător

## Mod de lucru

- ▶ Turnăm 200 g de apă în vasul calorimetric și măsurăm temperatura sa. Introducem nichelină – fixată în bornele speciale din capacul calorimetrului – în apa din vas.
- ▶ Alimentăm circuitul de la sursa de tensiune variabilă, cronometrăm intervalul de timp cât curentul trece prin circuit și urmărim indicația termometrului.
- ▶ Pentru a obține mai multe valori ale rezistenței electrice grupăm bucățile de nichelină în serie sau în paralel.

▶ Înregistrăm valorile obținute în tabele de date experimentale.

▶ Ulterior, reprezentăm grafic dependența variației temperaturii apei din calorimetru,  $\Delta\theta$ , de intensitatea curentului  $I$ , și, respectiv, de rezistența electrică a conductorilor utilizați,  $R$ .

## CONCLUZIE

Căldura disipată la trecerea curentului electric prin rezistor este direct proporțională cu durata trecerii curentului electric prin rezistor.



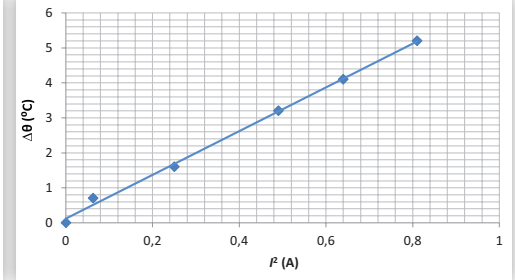
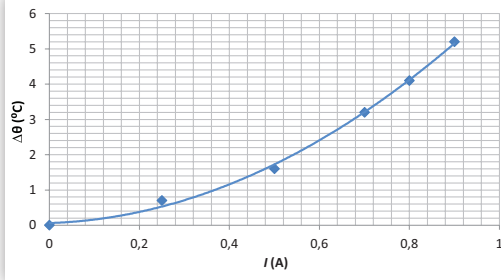
**James Prescott Joule** (1818–1889) a fost un fizician englez, foarte bun experimentator. A cercetat **efectul termic al curentului electric**, descoperind factorii care influențează energia disipată la trecerea curentului electric printr-un conductor. Legătura dintre aceștia reprezintă expresia matematică a legii ce îi poartă numele.





Pentru o rezistență  $R = 20 \Omega$ , la alimentarea cu tensiune electrică de diferite valori pentru același interval de timp (5 min) obținem:

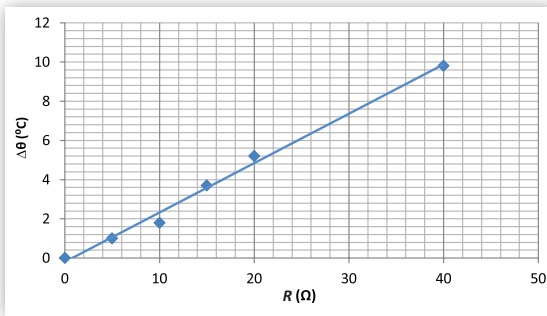
Nr. crt.	$R$ ( $\Omega$ )	$I$ (A)	$\Delta\theta$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$\Delta t$ (min)	$I^2$ ( $\text{A}^2$ )
1	20	0	0		0
2	20	0,25	0,7	5	0,0625
3	20	0,5	1,6	5	0,25
4	20	0,7	3,2	5	0,49
5	20	0,8	4,1	5	0,64
6	20	0,9	5,2	5	0,81



### CONCLUZIE

Căldura disipată la trecerea curentului electric prin rezistor este direct proporțională cu pătratul intensității curentului electric.

Pentru o intensitate a curentului electric  $I = 1 \text{ A}$ , la utilizarea unor bucăți de nichelină cu rezistență variabilă obținem, pentru același interval de timp (5 min):



Nr. crt.	$R$ ( $\Omega$ )	$I$ (A)	$\Delta\theta$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$\Delta t$ (min)
1	0	0	0	
2	5	1	1	5
3	10	1	1,8	5
4	15	1	3,7	5
5	20	1	5,2	5
6	40	1	9,8	5

### CONCLUZIE

Căldura disipată la trecerea curentului electric prin rezistor este direct proporțională cu valoarea rezistenței electrice,  $R$ .

### DE APLICAT

Identifică principalele surse de erori care afectează acest experiment și propune soluții pentru reducerea acestora.

### DE REȚINUT

Dacă în expresiile energiei consumate pe diferite porțiuni ale circuitului simplu înlocuim intensitatea curentului din legea Ohm, obținem:

$$W_{\text{ext}} = \frac{R \cdot E^2}{(R + r)^2} \cdot \Delta t$$

$$W_{\text{int}} = \frac{r \cdot E^2}{(R + r)^2} \cdot \Delta t$$

$$W_{\text{tot}} = \frac{E^2}{(R + r)} \cdot \Delta t$$

Puterea electrică a unui consumator se poate exprima, ținând cont de formula de definiție a puterii, prin relația:

$$P = \frac{W}{\Delta t}$$

Unitatea de măsură pentru puterea electrică în SI este:

$$[P]_{\text{SI}} = 1 \text{ J/s} = 1 \text{ W}$$

### OBSERVAȚII:

În practica măsurării energiei electrice utilizăm o unitate de măsură mai mare, numită kilowatt-oră:

$$1 \text{ kWh} = 10^3 \text{ W} \cdot 3600 \text{ s} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$$

Pentru măsurarea directă a puterii electrice se utilizează instrumentul numit wattmetru.



## DE REȚINUT

Ținând cont de expresiile celor trei energii consumate pe diferite porțiuni de circuit, obținem pentru puterile reprezentate în circuitul electric simplu:

$$P_{\text{tot}} = E \cdot I = \frac{E^2}{(R + r)} \quad P_{\text{int}} = u \cdot I = \frac{r \cdot E^2}{(R + r)^2}$$

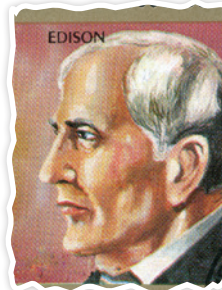
Puterea pe care o furnizează generatorul către circuitul exterior este influențată și ea de valoarea rezistenței exterioare  $R$

$$P_{\text{ext}} = U \cdot I = \frac{R \cdot E^2}{(R + r)^2}$$

## PENTRU CURIOSI

- La perfecționarea becului cu incandescență și-au adus contribuția peste 20 de oameni de știință.
- Castelul Peleş din Sinaia a avut curent electric încă din primul an de la inaugurare, 1883.
- În anul 1900, aproximativ un milion de oameni aveau lumină electrică în locuințe.

## DIN ISTORIA FIZICII



Becul a fost inventat în anul 1879, simultan, de către doi inventatori: Thomas Alva Edison în Statele Unite ale Americii și de Sir Joseph Wilson Swan în Anglia, un chimist britanic care a făcut primul bec electric luminos, dar nu a reușit să mențină vidul în interior, iar filamentul s-a ars repede. Thomas Edison a fost cel care a utilizat un filament subțire din grafit cu rezistență electrică ridicată, reușind astfel să lumineze continuu timp de 40 de ore. Eliminarea oxigenului din bulbul de sticlă a fost un pas foarte important, pentru că acest gaz favoriza aprinderea cu flacăra a filamentului, bulbul cedând în scurt timp după ce era conectat la o sursă de tensiune.

În continuare vom măsura puterea unui bec electric alimentat de la o sursă cu tensiune variabilă.



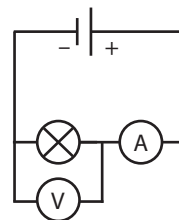
## EXPERIMENT 2 Determinarea puterii unui bec electric

## Materiale necesare

- bec de lanternă
- sursă de tensiune variabilă
- cabluri conductoare
- întrerupător
- ampermetru
- voltmetru

## Mod de lucru

- Realizăm circuitul după schema alăturată:
- Modificăm tensiunea aplicată becului, utilizând butonul sursei; notăm indicațiile ampermetrului și ale voltmetrului într-un tabel de forma celui de mai jos.
- Calculăm puterea becului utilizând relația:  $P = U \cdot I$ .



Nr. crt.	$I$ (A)	$U$ (V)	$P = U \cdot I$ (W)
1	0	0	0
2	0,2	0,9	0,18
3	0,3	1,67	0,50
4	0,4	2,5	1,00
5	0,5	3,2	1,60
6	0,6	4,37	2,62
7	0,7	5,54	3,88

## CONCLUZII

Puterea becului crește atunci când tensiunea aplicată la bornele sale crește. Becul luminează mai tare atunci când are putere mai mare.



Becul poate lumina deoarece filamentul său se încălzește până la incandescență la trecerea curentului electric prin el.

Atunci când „trece” curent electric prin conductori, ei se încălzesc într-o măsură mai mare sau mai mică datorită rezistenței pe care aceștia o opun „curgerii” electronilor prin circuit.

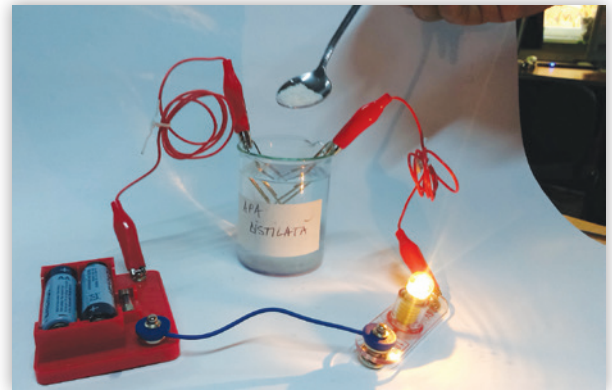
### 2.2.11. Extindere: Efectul chimic al curentului electric. Electroliza

Atunci când un circuit electric care conține un bec se închide printr-un vas cu apă distilată, becul nu luminează. Dacă în vasul cu apă se introduc câteva picături de acid sau de bază ori se adaugă puțină sare, becul poate lumina.



? Cum se stabilește curent electric printr-o soluție de acid, bază sau sare?

Substanțele care conduc curentul electric atunci când se află în stare lichidă se numesc **electroliti**.



Prin introducerea substanței electrolitice în apă are loc fenomenul de **disociație electrolitică**: separarea în ioni pozitivi și ioni negativi. Dacă într-o astfel de soluție se introduc doi electrozi care fac parte dintr-un circuit electric, ionii vor fi dirijați către catod și către anod. Acesta este **efectul chimic** al curentului electric. Curentul electric stabilit în lichide se numește **curent ionic**.



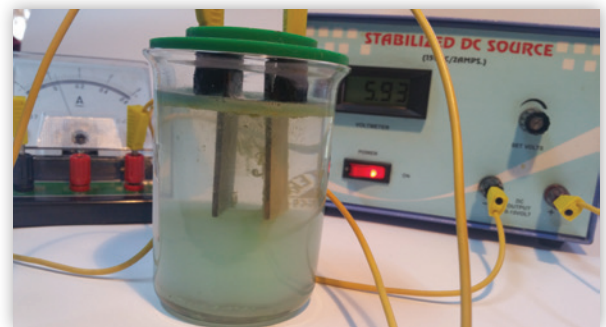
#### EXPERIMENT 1 Electroliza soluției de clorură de sodiu

##### Materiale necesare

- sursă de tensiune stabilizată
- ampermetru
- pahar Berzelius
- soluție de NaCl în apă distilată
- doi electrozi de cupru cu suport
- conductoare de legătură

##### Mod de lucru

- ▶ Preparați soluția de NaCl în paharul Berzelius, introduceți cei doi electrozi în soluție și cuplați *electrolizorul* astfel format la sursa de tensiune.
- ▶ Observați ce se întâmplă la cei doi electrozi.



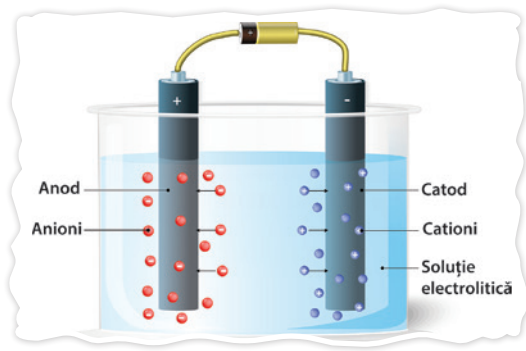
##### CONCLUZII

În cazul clorurii de sodiu, ionii de  $\text{Na}^+$  sunt dirijați spre catod, iar cei de  $\text{Cl}^-$  spre anod.

La anod se observă degajarea unui gaz de culoare galben-verzui – clorul –, iar la catod se degajă hidrogen, ca urmare a reacțiilor chimice la care participă acolo ionii de  $\text{Na}^+$ .

##### DE REȚINUT

**Electroliza** este fenomenul de dirijare a ionilor pozitivi și negativi dintr-o soluție electrolitică înspre cei doi electrozi și transformarea lor în atomi sau în radicali, prin neutralizare. Metalele se depun întotdeauna la catod.



În soluțiile electrolitice există două tipuri de purtători de sarcină electrică – ionii pozitivi și cei negativi – care se pot deplasa dirijat către electrozii între care se aplică o tensiune.



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



Ce factori influențează transferul de putere de la o sursă la un circuit exterior simplu?

Pentru a afla răspunsul acestei întrebări, vom utiliza datele obținute într-un experiment pentru măsurarea valorilor intensității curentului,  $I$ , și ale tensiunii la bornele unui circuit simplu,  $U$ , format dintr-un rezistor cu rezistența variabilă,  $R$ , și o baterie având t.e.m.  $E$  și rezistența interioară  $r$ . Montajul experimental utilizat este prezentat în imagine.



### EXPERIMENT 1

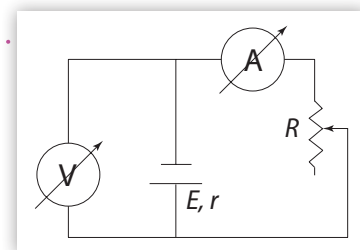
#### Studiul puterii transferate de sursă către consumator în circuitul electric simplu

##### Materiale necesare

- rezistor cu rezistența variabilă
- baterie de 4,5 V având rezistența internă  $r = 3 \Omega$
- cabluri conductoare
- ampermetru
- voltmetru
- ohmmetru digital

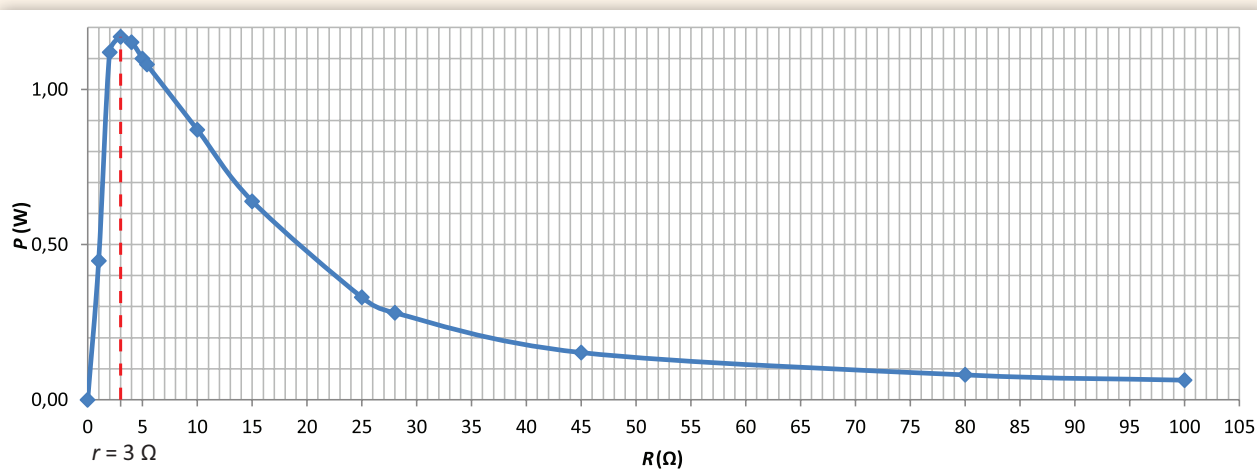
##### Mod de lucru

- ▶ Am realizat circuitul după schema alăturată.
- ▶ Am modificat și am măsurat valorile rezistenței,  $R$ ; am măsurat tensiunea aplicată rezistorului,  $U$ , și intensitatea curentului stabilit prin el,  $I$ .
- ▶ Am citit indicațiile ampermetrului și ale voltmetrului, apoi am calculat puterea becului utilizând relația:  $P = U \cdot I$ .
- ▶ Ulterior am reprezentat grafic dependența puterii consumate de rezistor în funcție de valoarea rezistenței electrice,  $R$ .



### CONCLUZIE

Pentru un circuit electric cu valori date pentru t.e.m.,  $E$ , și pentru rezistența internă a generatorului,  $r$ , se poate reprezenta graficul puterii furnizate circuitului exterior în funcție de valorile rezistenței externe,  $R$ :



**OBSERVAȚIE:** Puterea transmisă circuitului exterior de către baterie este maximă într-un singur caz: atunci când rezistența circuitului exterior,  $R$ , este egală cu rezistența internă a sursei utilizate,  $r$ .

În restul situațiilor, puterea transmisă circuitului exterior de către sursă are aceeași valoare pentru două valori diferite ale rezistenței electrice a circuitului exterior,  $R$ .

### DE REȚINUT

Dacă în expresia puterii transmise de către sursă circuitului exterior,

$$P_{\text{ext}} = \frac{R \cdot E^2}{(R + r)^2}$$

înlocuim  $R = r$ , constatăm că expresia puterii maxime este:

$$P_{\text{max}} = \frac{E^2}{4r}$$

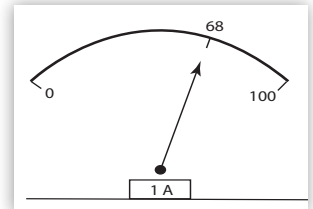


Condiția pentru **transferul optim de putere** într-un circuit electric este ca rezistența circuitului exterior,  $R$ , să fie egală cu rezistența internă a sursei utilizate,  $r$ .

## Probleme rezolvate

**1** Andrei privește aparatul (legat în serie cu becul din circuitul electric realizat în laborator) din imaginea alăturată și încearcă să determine:

- ce anume măsoară acest aparat și ce valoare are mărimea măsurată?
- câți electroni trec în două secunde prin bec? Se cunoaște modulul sarcinii electrice a unui electron:  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  C.



### Rezolvare:

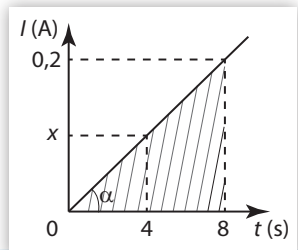
- Aparatul este un ampermetru. Scala sa are 100 de diviziuni, care corespund valorii maxime a intensității curentului  $I_{\text{max}} = 1$  A. Astfel, unei diviziuni îi corespunde a suta parte dintr-un Amper. Iar cele 68 de diviziuni indicate de ampermetru reprezintă intensitatea unui curent:

$$I = \frac{1}{100} \cdot 68 \text{ A} = 0,68 \text{ A} = 680 \text{ mA.}$$

- Pornind de la definiția intensității curentului electric:  $I = \frac{q}{\Delta t} = \frac{N \cdot e}{\Delta t}$ , unde  $q = N \cdot e$  este sarcina electrică ce trece prin secțiunea transversală a circuitului în intervalul de timp, determinăm numărul electronilor:  $N = \frac{I \cdot \Delta t}{e} = 85 \cdot 10^{17}$ .

**2** Graficul alăturat descrie variația intensității curentului printr-o porțiune de circuit în funcție de timp.

- Care este sarcina transportată printr-o secțiune a circuitului în  $\Delta t = 4$  s?
- Care este lucrul mecanic efectuat pentru a transporta această sarcină electrică între două puncte ale circuitului între care tensiunea electrică are valoarea  $U = 16$  V?
- Dacă intensitatea curentului are valoarea constantă  $I = 200$  mA, ce rezistență electrică are porțiunea de circuit pe care cade tensiunea  $U$ ?



### Rezolvare:

- Exprimăm panta graficului ca fiind tangenta unghiului dintre grafic (dreapta înclinată) și axa orizontală, a timpului:  $\text{tg} \alpha = \frac{0,2}{8} = \frac{x - 0}{4 - 0}$  și determinăm intensitatea curentului la momentul  $t = 4$  s:  

$$x = \frac{0,2 \cdot 4}{8} = 0,1 \text{ A.}$$

*Metoda 1:* Sarcina electrică ce trece prin secțiunea circuitului în intervalul de timp  $\Delta t = 4$  s corespunde ariei de sub graficul intensității, aferente intervalului de timp. Aici identificăm un triunghi dreptunghic cu o catetă egală cu 4 s și cealaltă egală cu 0,1 A.

$$\Delta q = \frac{4 \cdot 0,1}{2} = 0,2 \text{ C}$$

Metoda a II-a:

Intensitatea curentului are valoarea medie:  $I_{\text{med}} = \frac{\Delta q}{\Delta t}$ , unde  $\Delta q$  reprezintă sarcina electrică ce trece prin secțiunea circuitului în intervalul de timp  $\Delta t = t_2 - t_1$ . Creșterea intensității curentului este liniară, astfel că  $I_{\text{med}} =$  media aritmetică a intensităților corespunzătoare momentelor  $t_1$ , respectiv  $t_2$ . Pentru  $\Delta t = 4 \text{ s}$ ,  $I_{\text{med}} = \frac{0 + 0,1}{2} = 0,05 \text{ A}$ , astfel încât  $\Delta q = I_{\text{med}} \cdot \Delta t = 0,05 \text{ A} \cdot 4 \text{ s} = 0,2 \text{ C}$  sau, mai simplu:  $\Delta q = 0,2 \text{ C}$ .

b)  $L = q \cdot U = 0,2 \text{ C} \cdot 16 \text{ V} = 3,2 \text{ J}$ .

c) Conform definiției generale, rezistența electrică:  $R = \frac{U}{I} = \frac{16 \text{ V}}{0,2 \text{ A}} = 80 \Omega$ .



3 Dreptele (1) și (2) reprezintă variațiile – în funcție de timp – a sarcinii electrice care trece printr-o secțiune a unui circuit electric în condițiile:  $I_1 =$  constant, respectiv  $I_2 =$  constant.

a) Care dintre intensități este mai mare?

b) pentru valorile:  $q_1 = 75 \text{ C}$ ;  $q_2 = 50 \text{ C}$ ;  $t = 0,5 \text{ s}$ , calculați  $I_1$  și  $I_2$ ;

c) Ce reprezintă pantele ( $\text{tg} \alpha$ , unde  $\alpha$  este unghiul dintre dreaptă și axa timpului) dreptelor (1) și (2)?

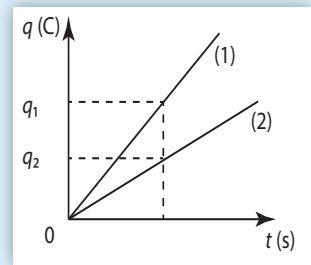
Rezolvare:

a)  $I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$ . Exprimăm fiecare intensitate în funcție de sarcina electrică ce trece prin secțiunea circuitului în același interval de timp:  $I_1 = \frac{\Delta q_1}{\Delta t} = \frac{q_1 - 0}{t - 0} = \frac{q_1}{t}$ ;  $I_2 = \frac{\Delta q_2}{\Delta t} = \frac{q_2}{t}$ . Cum, din grafic,  $q_1 > q_2$ , rezultă:  $I_1 > I_2$ .

b) Conform a):  $I_1 = \frac{q_1}{t} = \frac{75 \text{ C}}{0,5 \text{ s}} = 150 \text{ A}$ , iar  $I_2 = \frac{q_2}{t} = \frac{50 \text{ C}}{0,5 \text{ s}} = 100 \text{ A}$ , verificându-se și concluzia de la punctual a).

c) Din grafic se observă că pantele dreptelor (1) și (2) reprezintă intensitățile curenturilor  $I_1$  și  $I_2$ :

$$\text{tg} \alpha_1 = \frac{q_1}{t} = I_1 \text{ și } \text{tg} \alpha_2 = \frac{q_2}{t} = I_2.$$

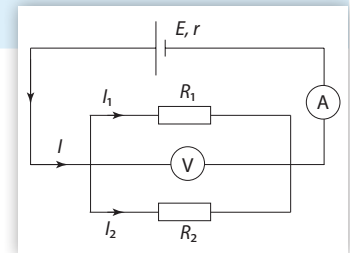


4 O baterie cu tensiunea electromotoare  $E = 12 \text{ V}$  și rezistența interioară  $r = 0,75 \Omega$  alimentează o grupare paralel de rezistoare cu rezistențele  $R_1 = 3 \Omega$  și  $R_2 = 9 \Omega$ .

a) Ce valori vor indica aparatele de măsură ideale montate în circuit?

b) Care sunt valorile intensităților curenturilor ( $I_1$ ,  $I_2$ ) care trec prin fiecare dintre rezistoarele  $R_1$ , respectiv,  $R_2$ ?

c) Ce se va întâmpla dacă înlocuim voltmetrul ideal\* cu un ampermetru ideal\*\* și ce va indica acest aparat?



Rezolvare:

a) Reducem circuitul la forma cea mai simplă, calculând rezistența echivalentă  $R_p$ :  $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ ; înlocuim valorile numerice  $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{3 \Omega} + \frac{1}{9 \Omega} = \frac{4}{9 \Omega}$  și obținem  $R_p = 2,25 \Omega$ .

\* Voltmetrul ideal are rezistență electrică foarte mare; astfel, curentul care îl parcurge este neglijabil și nu modifică valoarea curentului din porțiunea de circuit unde este conectat voltmetrul.

\*\* Ampermetrul ideal are rezistență electrică neglijabilă, astfel încât să nu modifice valoarea curentului din porțiunea de circuit unde este conectat.

Ampermetrul va indica intensitatea curentului din circuitul simplu (ramura principală a circuitului inițial), care se determină utilizând legea Ohm pentru un circuit simplu:  $I = \frac{E}{R + r}$ .

În cazul de față:  $R = R_p$ , deci  $I = \frac{12 \text{ V}}{2,25 \Omega + 0,75 \Omega} = 4 \text{ A}$ .

Voltmetrul va indica tensiunea electrică la bornele circuitului exterior:  $U = R_p \cdot I = 2,25 \Omega \cdot 4 \text{ A} = 9 \text{ V}$ .

**b)** Pentru că tensiunea este aceeași la bornele unei grupări paralele de rezistoare, exprimăm această

tensiune în două moduri:  $U = R_1 \cdot I_1 \Rightarrow I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{9 \text{ V}}{3 \Omega} = 3 \text{ A}$ ;  $U = R_2 \cdot I_2 \Rightarrow I_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{9 \text{ V}}{9 \Omega} = 1 \text{ A}$ .

**c)** Ampermetrul ideal are rezistență nulă. Montat în locul voltmetrului, ampermetrul va scurtcircuita gruparea de rezistoare. Acest lucru înseamnă că prin cele două rezistoare nu va trece curent, iar ampermetrul va indica acea intensitate a curentului ce se obține pentru  $R = 0$ :

$$I_{SC} = \frac{E}{r} = \frac{12 \text{ V}}{0,75 \Omega} = 12 \cdot \frac{4}{3} = 16 \text{ A}.$$

- 5** Determinați intensitățile curentilor din ramurile rețelei alăturate cunoscând tensiunile electromotoare ale generatoarelor și rezistențele electrice. Aplicație numerică:  $E_1 = 40 \text{ V}$ ,  $E_2 = 8 \text{ V}$ ,  $E_3 = 23 \text{ V}$ ,  $r_1 = r_2 = r_3 = 1 \Omega$ ,  $R_1 = 10 \Omega$ ,  $R_2 = 5 \Omega$ .

**Rezolvare:**

Această problemă se rezolvă utilizând legile Kirchhoff.

Legea I Kirchhoff se scrie doar pentru unul dintre cele două noduri existente în această rețea electrică.

Fie acesta nodul A:  $I_1 + I_3 = I_2$  (1)

Legea a II-a se scrie pentru două dintre cele trei ochiuri de rețea, astfel încât, împreună cu relația (1), să existe trei relații pentru cele trei necunoscute:  $I_1, I_2, I_3$ .

Folosind și convenția de semne:  $E_1 - E_2 = I_1 \cdot (r_1 + r_2 + R_1) + I_2 \cdot R_2$  (2)

$E_3 = I_2 \cdot R_2 + I_3 \cdot r_3$  (3)

Rezolvăm sistemul de ecuații (1), (2) și (3), scăzând întâi relațiile (2) și (3):

$$E_1 - E_2 - E_3 = I_1 \cdot (r_1 + r_2 + R_1) - I_3 \cdot R_3$$

Exprimăm  $I_3$ , apoi și  $I_2$ , în funcție de  $I_1$ :

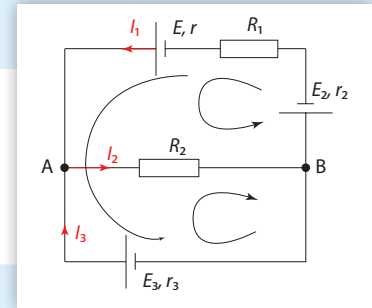
$$I_3 = \frac{I_1 \cdot (r_1 + r_2 + R_1) + E_3 + E_2 - E_1}{r_3} \quad \text{și} \quad I_2 = \frac{E_1 - E_2 - I_1 \cdot (r_1 + r_2 + R_1)}{r_3}$$

Înlocuind în relația (1), se obține o ecuație cu necunoscuta  $I_1$ , care are ca rezultat:

$$I_1 = \frac{(r_3 + R_2)(E_1 - E_2) - E_3 \cdot R_2}{R_2(r_1 + r_2 + r_3 + R_1) + r_3(r_1 + r_2 + R_1)}$$

Se poate înlocui numeric imediat după scrierea legilor Kirchhoff.

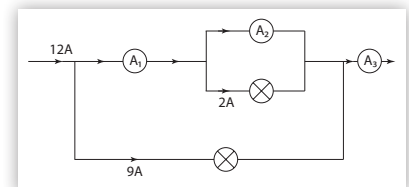
Intensitățile curentilor vor fi în final:  $I_1 = 1 \text{ A}$ ,  $I_2 = 4 \text{ A}$  și  $I_3 = 3 \text{ A}$ .



## ACTIVITĂȚI DE EVALUARE

- I** Formulați răspunsuri pentru următoarele întrebări:

- Ileana a efectuat citirile valorilor indicate de aparatele de măsură analogice, cu ac indicator, din banca ei, așezată lateral față de banca pe care se afla circuitul electric studiat în laborator. Ce fel de eroare apare în rezultatul experimental și cum poate fi aceasta evitată?
- Ce indică ampermetrele din figura alăturată?



- Două conductoare la fel de lungi și realizate din același material, unul mai gros și unul mai subțire, sunt străbătute, fiecare, de câte un curent electric de aceeași intensitate, în același interval de timp. Conductorul mai subțire se încălzește mai mult. Explicați de ce.
- Cum variază rezistența electrică a unui fir conductor dacă îi mărim lungimea de 3 ori?
- Ce valoare ar trebui să aibă aria  $S$  a secțiunii transversale a unui fir electric a cărui lungime se scurtează la jumătate, pentru ca rezistența electrică a acestuia să nu se modifice?
- În ce caz se obține curent electric cu intensitate maximă într-un circuit electric simplu? Dar tensiune exterioară maximă?

**II** Alegeți litera corespunzătoare răspunsului corect.

- Legea Ohm pentru un circuit simplu se scrie astfel: **a)**  $R = \frac{U}{I}$ ; **b)**  $I = \frac{U}{R}$ ; **c)**  $I = \frac{E}{(R+r)}$ ; **d)**  $U = R \cdot I$ .
- 1 kWh reprezintă: **a)** puterea de 1000 W într-o oră; **b)** energia de 1000 J; **c)** puterea de 3600 J/h; **d)** energia de 3600 kJ.
- Într-un circuit electric simplu de curent continuu, electronii se deplasează: **a)** în sensul convențional al curentului electric; **b)** de la plus la minus în interiorul generatorului; **c)** de la minus la plus în interiorul generatorului; **d)** când într-un sens, când în altul.

**III** Stabiliți valoarea de adevăr a următoarelor afirmații:

- Tensiunea electrică la bornele sursei este întotdeauna egală cu tensiunea electromotoare,  $E$ . A/F
- Într-un electrolit, curentul electric este reprezentat de mișcarea ordonată a electronilor de conducție. A/F
- Funcționarea unui încălzitor electric are la bază efectul termic al curentului electric. A/F
- Rezistența electrică a unui conductor metalic nu depinde de temperatură. A/F
- Într-un circuit electric, consumatorii pot fi legați doar în serie și în paralel. A/F
- Borna pozitivă a generatorului electric atrage electronii de conducție. A/F
- Curentul de scurtcircuit are valoarea cea mai mică posibilă într-un circuit simplu. A/F

**IV** Completați enunțurile cu cuvintele care lipsesc

- Tensiunea ... a unei baterii reprezintă lucrul mecanic efectuat pentru a deplasa unitatea de ... electrică de-a lungul întregului ... .
- Un ... ideal legat într-un circuit la bornele sursei de ... electrică indică t.e.m. a sursei dacă circuitul este ... și tensiunea la bornele sursei dacă circuitul este ... .
- Purtătorii de ... electrică circulă printr-un ... în condițiile în care există la capetele acestuia o diferență de ... electric, numită și tensiune ... .
- Orice ... electrică are în componența sa: ..., laturi (sau ...) și ... de rețea.
- Într-un ochi de ..., suma algebrică a ... electromotoare este egală cu ... a produselor dintre ... curentului și ... electrică pentru fiecare ramură a ochiului respectiv.
- Orice grupare de ... dintr-un circuit poate fi înlocuită cu un singur rezistor fără a se schimba nici ... la bornele grupării, nici ... curentului din circuit.

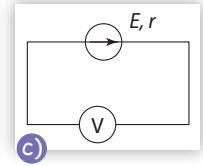
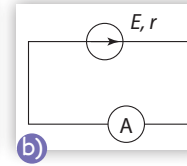
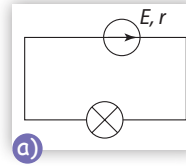
**V** Redactați rezolvări pentru următoarele probleme:

- Un generator de tensiune are tensiunea electromotoare  $E = 20$  V și rezistența internă  $r = 1$   $\Omega$ .  
**a)** Care este intensitatea curentului care trece printr-un bec cu rezistența  $R_b = 9$   $\Omega$ ?  
**b)** Se înlocuiește becul cu un ampermetru ideal. Care este valoarea intensității curentului în acest caz?



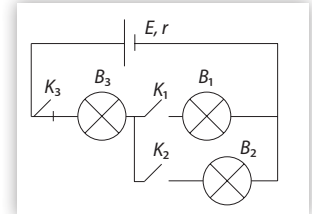
c) În locul ampermetrului se montează un voltmetru ideal. Ce intensitate are curentul electric?

Determinați tensiunea electrică la bornele sursei în fiecare dintre cazurile a), b), c).



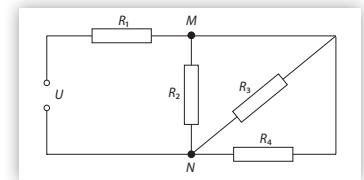
2. Grupa lui Tudor studiază în laborator circuitul reprezentat în schema alăturată, închizând și deschizând pe rând întrerupătoarele  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$ . Elevii alcătuiesc următorul tabel, notând „X” dacă becul corespunzător luminează și „-” dacă respectivul bec nu se aprinde. Ce au completat ei în tabel?

$K_1$	închis	închis	închis	închis	deschis	deschis	deschis	deschis
$K_2$	închis	închis	deschis	deschis	închis	închis	deschis	deschis
$K_3$	închis	deschis	închis	deschis	închis	deschis	închis	deschis
$B_1$	x							-
$B_2$	x							-
$B_3$	x							-



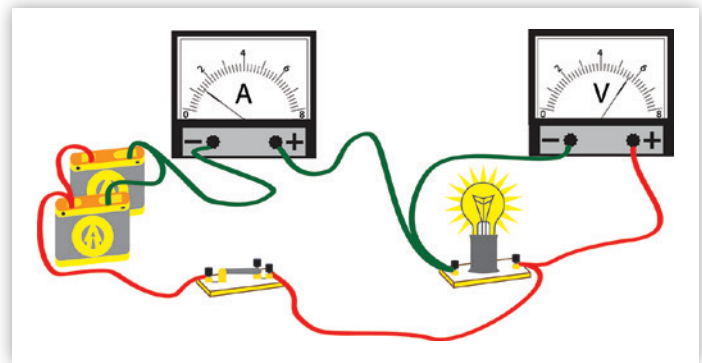
3. Determinați rezistența echivalentă a grupării de rezistoare din circuitul alăturat, dacă se presupun cunoscute valorile rezistențelor fiecărui rezistor:  $R_1 = 3 \Omega$ ,  $R_2 = 4 \Omega$ ,  $R_3 = 6 \Omega$ ,  $R_4 = 12 \Omega$ .

4. Desenați schema electrică a circuitului reprezentat în imaginea alăturată. Ampermetrul indică  $I = 1,4 \text{ A}$  și voltmetrul indică  $U = 5,6 \text{ V}$ ; sursele sunt identice, având fiecare rezistența interioară  $r = 2 \Omega$ .

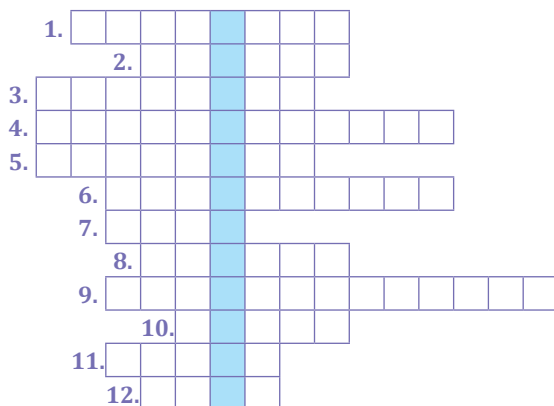


Determinați:

- valoarea rezistenței becului;
- valoarea tensiunii electromotoare a fiecărui generator în parte;
- energia degajată de bec sub formă de căldură în 10 minute.



VI Completați rebusul și descoperiți cuvântul din coloana albastră.

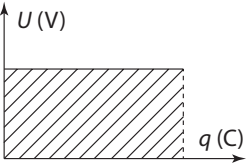
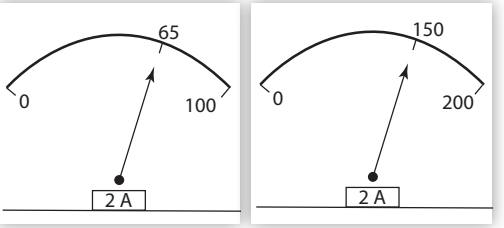
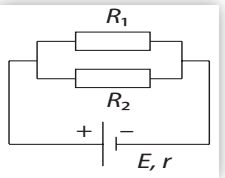


- Componentă a circuitelor electrice care se încălzește când este străbătută de curent electric.
- Atunci când becul luminează, circuitul electric este ...

- Se măsoară în volți.
- Se închide pentru stabilirea curentului electric printr-un circuit.
- Nu permite trecerea curentului electric.
- Substanță care conduce curentul electric atunci când se află în stare lichidă.
- Purtătorii de sarcină electrică din electroliți.
- Efectul de încălzire a conductoarelor la trecerea curentului electric.
- Posibil efect al trecerii curentului electric prin corpul uman.
- Altă denumire a bateriei electrice.
- Mod de grupare a rezistoarelor care mărește valoarea rezistenței electrice.
- Unitate de măsură pentru puterea electrică a unui consumator.

### TEST PENTRU AUTOEVALUARE

Din oficiu se acordă: 2 p.

<p>1 (1 p)</p>	<p>Completați spațiile libere din text, utilizând cuvintele din caseta de mai jos, articulate corespunzător: „În circuitele ..., energia electrică necesară ... aparatelor electrice este produsă de ... . Consumatorii primesc ... electrică și produc: căldură, lumină ... .”</p> <p style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 5px;">funcționare, electric, energie, generator, lucru mecanic</p>																
<p>2 (2 p)</p>	<p>Tensiunea electrică la bornele unui consumator de curent continuu este constantă și are valoarea <math>U = 100 \text{ V}</math>. În diagrama alăturată, sarcina electrică transportată prin consumator se află pe abscisă. <b>a)</b> Ce semnificație are suprafața hașurată în figură? <b>b)</b> Dacă intensitatea curentului care trece prin circuit este <math>I = 5 \text{ A}</math>, determinați energia necesară transportului sarcinii electrice prin consumator într-un interval de timp <math>\Delta t = 10 \text{ min}</math>?</p>																
<p>3 (1 p)</p>	<p>Elevii clasei a opta realizează un experiment de verificare a legii Ohm pentru o porțiune de circuit. Ei lucrează în două grupe și obțin cu ampermetrele indicațiile din figură. Rezistoarele folosite au rezistența <math>R = 15 \Omega</math>. Care este tensiunea la bornele rezistorului în fiecare dintre cele două cazuri?</p>																
<p>4 (1 p)</p>	<p>Realizați corespondențele necesare.</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 20%;"><b>Instrument de măsură</b></td> <td>a) ampermetrul</td> <td>b) voltmetrul</td> <td>c) ohmmetrul</td> <td>d) wattmetrul</td> <td>e) contorul electric</td> </tr> <tr> <td><b>Mărime fizică</b></td> <td>A. puterea electrică</td> <td>B. energia electrică</td> <td>C. intensitatea curentului electric</td> <td>D. tensiunea electrică</td> <td>E. rezistența electrică</td> </tr> </table>					<b>Instrument de măsură</b>	a) ampermetrul	b) voltmetrul	c) ohmmetrul	d) wattmetrul	e) contorul electric	<b>Mărime fizică</b>	A. puterea electrică	B. energia electrică	C. intensitatea curentului electric	D. tensiunea electrică	E. rezistența electrică
<b>Instrument de măsură</b>	a) ampermetrul	b) voltmetrul	c) ohmmetrul	d) wattmetrul	e) contorul electric												
<b>Mărime fizică</b>	A. puterea electrică	B. energia electrică	C. intensitatea curentului electric	D. tensiunea electrică	E. rezistența electrică												
<p>5 (2 p)</p>	<p>Rezistorii din circuitul reprezentat în schemă au rezistențele electrice: <math>R_1 = 300 \Omega</math>, respectiv <math>R_2 = 600 \Omega</math>, iar rezistența interioară a generatorului este <math>r = 1 \Omega</math>. <b>a)</b> Ce tensiune electromotoare furnizează generatorul, dacă intensitatea curentului din ramura principală are valoarea <math>I = 0,3 \text{ A}</math>? <b>b)</b> Calculați valorile puterilor electrice ale rezistoarelor?</p>																
<p>6 (1 p)</p>	<p>Intensitatea curentului stabilit într-un circuit simplu, alcătuit dintr-un rezistor cu rezistența <math>R = 9 \Omega</math> și o sursă cu rezistența interioară <math>r = 1 \Omega</math>, este <math>I = 140 \text{ mA}</math>. Calculați tensiunea electromotoare a sursei.</p>																

### JURNAL DE ÎNVĂȚARE

- ▶ Reflectează asupra a ceea ce ai învățat în capitolul **Electrocinetică**
  - Circuite electrice. Componentele unui circuit. Generatoare electrice ■ Tensiunea electrică. Intensitatea curentului electric ■ Instrumente de măsură – ampermetru, voltmetru, ohmmetru, wattmetru, multimetru ■ Tensiune electromotoare ■ Rezistență electrică ■ Legea Ohm pentru o porțiune de circuit ■ Legea Ohm pentru întregul circuit ■ Gruparea rezistoarelor ■ Extindere: Teoremele Kirchhoff ■ Gruparea generatoarelor identice ■ Energia și puterea electrică. Legea Joule ■ Extindere: Efectul chimic al curentului electric. Electroliza ■ Extindere: Transferul de putere într-un circuit electric simplu de curent continuu
- ▶ Notează pe caiet, în rubricile unui tabel similar celui alăturat, ceea ce crezi că știi, ceea ce ai învățat și ceea ce ai vrea să mai înveți despre electrocinetică.

Știu!	Am învățat!	Vreau să știu!

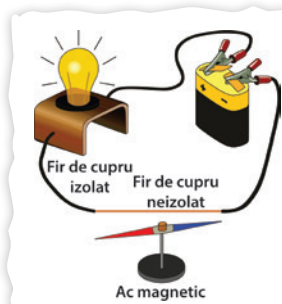
## 2.3. Efectul magnetic al curentului electric

### 2.3.1. Studiul experimental al efectului magnetic al curentului electric. Electromagneți

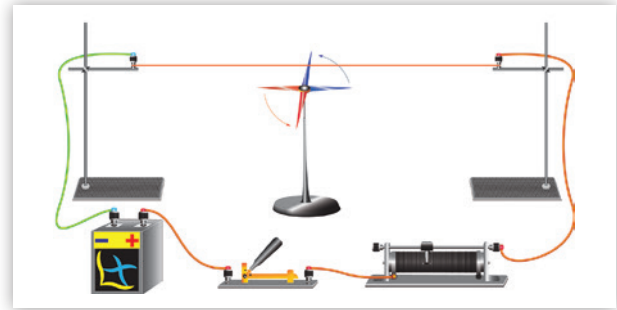
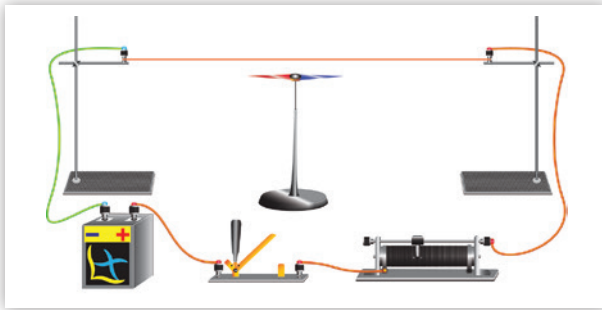


Cum se comportă un ac magnetic atunci când se află în vecinătatea unui conductor parcurs de curent electric?

#### DIN ISTORIA FIZICII



**Hans Christian Oersted** (1777–1851) a fost un fizician și chimist danez, care a influențat progresul științei în secolul al XIX-lea prin contribuții remarcabile în investigarea relației dintre **electricitate** și **magnetism**. În anul 1820, a descoperit că acul magnetic al busolei devia de la direcția N–S ori de câte ori se stabilea curent electric prin conductor la acționarea întrerupătorului unui circuit electric alimentat de la o pilă voltaică.



În continuare, vom investiga factorii care influențează efectul magnetic al curentului electric în circuite prin care se stabilește curent electric.



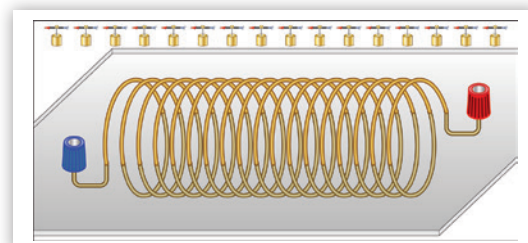
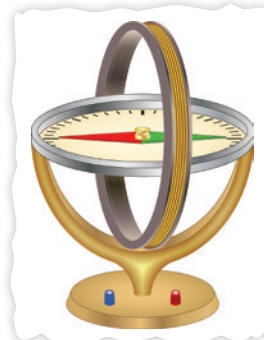
#### EXPERIMENT 1 Efectul magnetic al curentului electric

##### Materiale necesare

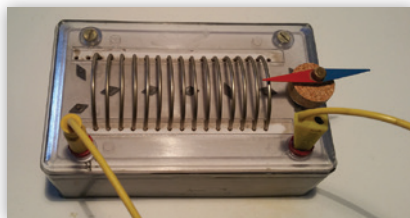
- ace magnetice
- baterie sau sursă de tensiune
- cabluri conductoare
- spire conductoare (bobină cadru)
- bobină (solenoid)

##### Mod de lucru

- ▶ Testează comportamentul acului magnetic plasat în centrul unei bobine cadru (spire concentrice) parcurse de curent electric. Alimentează bobina și observă comportamentul acului magnetic plasat în centrul său.
- ▶ Testează comportamentul acului magnetic plasat pe axă, apoi în vecinătatea unui solenoid parcurs de curent electric. Alimentează bobina și observă comportamentul acului magnetic plasat în diferite puncte situate în vecinătatea axei sale.



- În fiecare dintre situații, inversează sensul curentului prin bobină, schimbând conectorii bornelor de alimentare între ei. Testează efectul acestor schimbări.



### CONCLUZII

- Acul magnetic aflat în centrul bobinei cadru parcurse de curent electric se orientează perpendicular pe suprafața spirelor acesteia. La inversarea sensului curentului, acul magnetic se rotește cu  $180^\circ$ , arătând o inversare a câmpului magnetic pe care îl indică.
- Acul magnetic aflat în puncte situate pe axa unui solenoid parcurs de curent electric se orientează de-a lungul acesteia. La inversarea sensului curentului, acul magnetic se rotește cu  $180^\circ$ , arătând o inversare a câmpului magnetic pe care îl indică.
- În vecinătatea conductorilor parcursi de curent electric, indiferent de forma acestora, acul magnetic deviază de la direcția N-S, indicând astfel existența unui **alt câmp magnetic** decât cel terestru.

### DE REȚINUT

**Efectul magnetic** al curentului electric constă în apariția unui **câmp magnetic** în jurul unui conductor parcurs de curent electric. Acest câmp magnetic produce deviația acului magnetic de la direcția N-S.

**OBSERVAȚIE:** pentru intensificarea efectului câmpului magnetic, în interiorul bobinelor prin care se stabilește curent electric se poate introduce un **miez magnetic** din fier, alcătuind astfel un electromagnet.

## Electromagneți

**Electromagneții** sunt alcătuiți din **bobine cu miez de fier** parcurse de curent electric. Rolul miezului de fier este de a intensifica efectul magnetic al curentului electric stabilit prin bobine. Modificând valoarea curentului electric din bobină, se poate controla forța pe care aceasta o exercită asupra corpurilor care conțin fier. Dezavantajul față de un magnet permanent care nu are nevoie de energie este că, pentru a putea funcționa, un electromagnet necesită o alimentare continuă de curent.



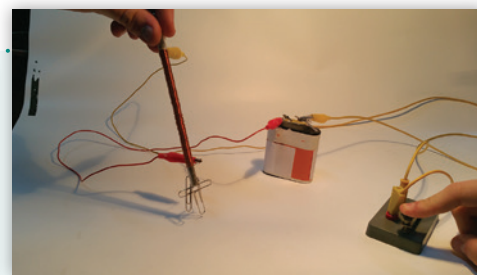
### MINI-LAB

#### Construiește singur un electromagnet

Materialele necesare sunt: un cui sau o bară groasă din fier cu lungimea de 15 centimetri, 3 metri de sârmă izolată de cupru, o baterie de 4,5 volți, o bucată de hârtie abrazivă (pentru a îndepărta izolația de la capetele firelor de cupru) și câteva agrafe de birou.

Înfășoară firul izolată de cupru pe toată lungimea cuiului, acoperindu-l, astfel încât să rămână capetele firului aproximativ egale. Îndepărtează câte o porțiune de izolație de câțiva centimetri la fiecare capăt, apoi conectează capetele la bornele bateriei prin intermediul firelor conductoare și al unui întrerupător.

Aproprie electromagnetul astfel realizat de agrafele de birou, închide circuitul și observă efectul magnetic.





În vecinătatea conductorilor parcurși de curent electric, acele magnetice deviază de la direcția N-S, ceea ce indică existența unui câmp magnetic în jurul acestora. Acesta este efectul magnetic al curentului electric.

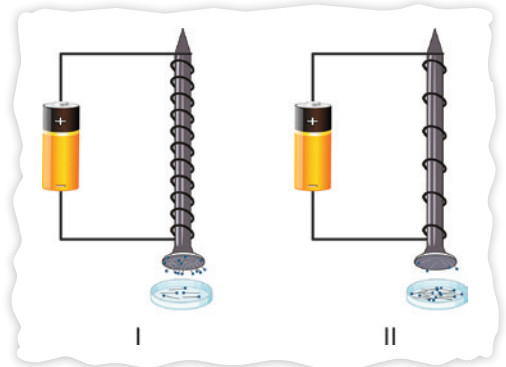
## 2.3.2. Forța exercitată de către un electromagnet asupra corpurilor care conțin fier



❓ Ce factori influențează forța exercitată de un electromagnet asupra corpurilor care conțin fier?

Pentru început, vom investiga influența parametrilor bobinei: numărul de spire, aria secțiunii sale, miezul.

Analizează schemele alăturate. Care dintre cei doi electromagneți atrage mai multe ace cu gămălie? Ce îi diferențiază?



### CONCLUZII

Electromagnetul cu număr mai mare de spire atrage mai multe ace cu gămălie.

### DE REȚINUT

S-a constatat experimental că forța exercitată de către un electromagnet asupra corpurilor care conțin fier depinde de pătratul numărului de spire al bobinei sale:  $F \sim N^2$

Acum vom investiga experimental dependența forței exercitate de un electromagnet în funcție de valoarea intensității curentului și de sensul acestuia.



### EXPERIMENT 1 Forța exercitată de un electromagnet

#### Materiale necesare

- electromagnet – bobină cu miez de fier, cu două înfășurări
- tijă cu discuri crestate
- sursă de tensiune
- cabluri conductoare
- întrerupător
- ampermetru

#### Mod de lucru

- ▶ Realizați montajul experimental conform schemei, apoi alimentați doar una dintre înfășurările bobinei.
- ▶ Aproiați tija de miezul de fier al electromagnetului. Încărcați tija cu discuri până când electromagnetul nu mai poate susține greutatea lor. Notați într-un tabel valorile greutăților tije cu discuri crestate pentru care aceasta se desprinde de miezul electromagnetului. Utilizați pentru mai multe valori ale intensității curentului prin bobină.
- ▶ Ulterior conectați ambele înfășurări ale bobinei, apoi observați ce se întâmplă cu valoarea forței exercitate de către electromagnet asupra tije cu discuri crestate.

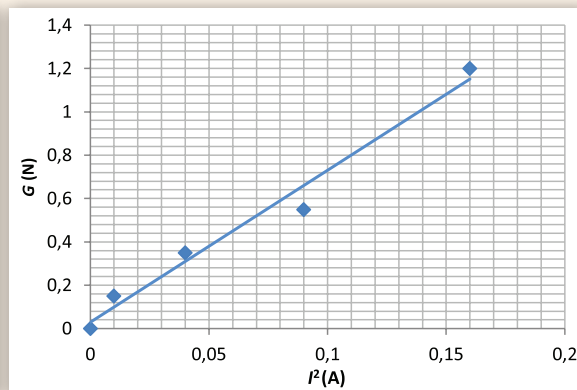
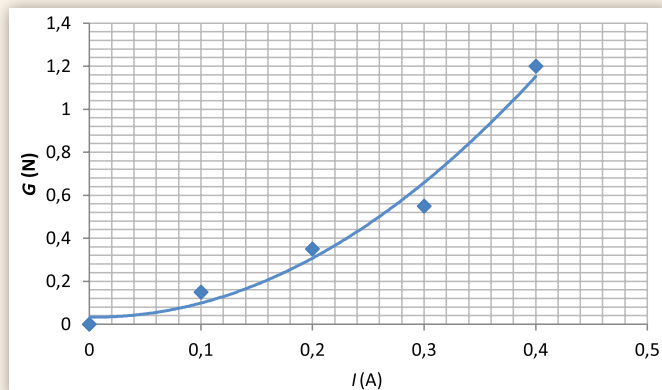


**CONCLUZII**

- Valoarea forței exercitate de către electromagnet pentru a susține greutatea tijei și a discurilor crestate atașate acesteia este direct proporțională cu pătratul intensității curentului electric stabilit prin bobină:

$$G = F \sim I^2$$

Nr. crt.	G (N)	I(A)	I <sup>2</sup> (A)
1	0	0	0
2	0,15	0,1	0,01
3	0,35	0,2	0,04
4	0,55	0,3	0,09
5	1,2	0,4	0,16



- Valoarea forței exercitate de către electromagnet pentru a susține greutatea tijei și a discurilor crestate atașate acesteia este direct proporțională cu  $N^2$ , unde  $N$  este numărul de spire al bobinei. În experimente în care s-a lucrat cu bobine având arii ale secțiunii transversale diferite, s-a constatat că valoarea forței exercitate de către electromagnet este direct proporțională cu aria secțiunii transversale a bobinei,  $S$ :

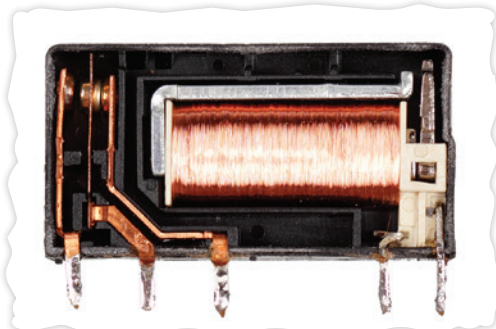
$$F \sim S$$



Potrivit datelor experimentale înregistrate, factorii care influențează forța exercitată de către un electromagnet asupra corpurilor care conțin fier sunt: existența miezului de fier, numărul de spire, aria secțiunii bobinei, precum și intensitatea curentului electric care străbate spirele acesteia.


**APLICAȚII ÎN TEHNICĂ**

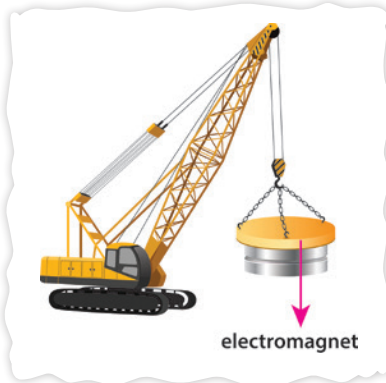
Dispozitivele din imagini sunt prezente în foarte multe situații și funcționează pe baza electromagneților aflați în componența lor. Toți avem sonerie electrică la ușa casei. Macarale electromagnetice sunt utilizate pentru ridicarea și transportul greutăților mari din fier și oțel în turnătoriile de oțel, dar și pentru sortarea deșeurilor care conțin fier și oțel. Relee electromagnetice pot comanda de la distanță tot felul de circuite electrice.





Cum funcționează soneria electrică? Dar macaraua electromagnetă? De ce utilizăm relee electromagnetice?

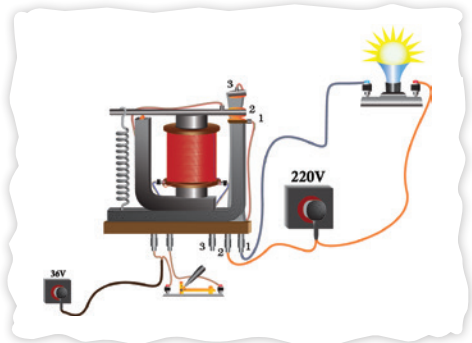
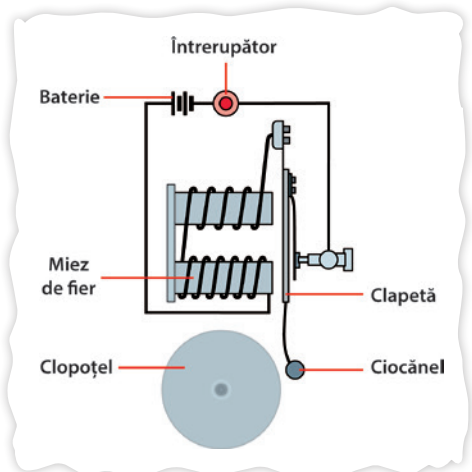
**Soneria** conține un clopoțel care sună dacă este atins de un ciocănel. Aceasta se întâmplă la apăsarea butonului – care este întrerupător în circuit –, când electromagnetul este alimentat și atrage clapeta de metal. Aceasta va împinge ciocănelul care lovește clopoțelul. Pe măsură ce clapeta se deplasează, pierde contactul electric, producând astfel întreruperea circuitului și revenirea ei în poziția de repaus, la o distanță scurtă de clopot; mișcarea se reia atâta timp cât butonul este apăsat.



**Macaraua electromagnetă** se utilizează la ridicarea și transportul obiectelor din fier, greu de manevrat. Ea conține un electromagnet în formă de clopot.

**Releul electromagnetic** are ca piesă principală un electromagnet cu armătură mobilă. El poate comanda închiderea și deschiderea unui circuit electric prin intermediul unui contact acționat de un curent foarte slab, furnizat de o

sursă aflată la distanță. Este foarte indicată utilizarea sa pentru a comanda circuite prin care se stabilesc curenți foarte puternici. Practic, permite controlarea unui curent de intensitate mare cu ajutorul unui curent de intensitate mică. Astfel, se poate comanda pornirea de la distanță a automobilelor.



## PENTRU CURIOSI

### Trucuri și scamatorii

Electromagneții sunt utilizați și în lumea spectacolului. Spre exemplu, într-un număr de magie, pe scenă se află o cutie din lemn. La invitația iluzionistului, cineva din public vine și ridică fără efort această cutie, apoi o așază la loc. Scamatorul rostește cuvinte magice, persoana respectivă este rugată să mai ridice încă o dată cutia dar nu mai reușește, oricât se străduiește. De ce? Fundul cutiei este dublat cu unul din fier, iar la rostirea cuvintelor magice a fost acționat un electromagnet care a atras cutia la podea pentru a nu mai putea fi ridicată.

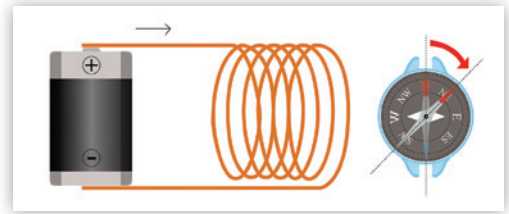


Într-o altă scamatorie, un lanț gros are un capăt legat de podea, iar la celălalt este prinsă o bilă mare de fier. La semnalul scamatorului, bila începe să se ridice până când lanțul este întins perfect, iar acesta se suie pe lanț până ajunge la bilă. Cum se poate? Un electromagnet situat pe tavan – invizibil publicului – este alimentat și va atrage bila astfel încât scamatorul se poate cățăra pe lanț fără probleme.

## Probleme rezolvate

**1** Desenați schematic un electromagnet.

- a) Dacă bobina are  $N = 100$  spire cu raza  $R = 1,5$  cm, iar firul este de Cu, având rezistivitatea  $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$  și aria secțiunii transversale  $S = 1,5 \text{ mm}^2$ , determinați rezistența bobinei;
- b) Ce tensiune electrică trebuie aplicată bobinei pentru a se transforma într-un electromagnet prin care trece un curent de intensitate  $I = 8 \text{ A}$ ?
- c) Desenați un ac magnetic corect orientat, aflat în apropierea unui capăt al electromagnetului.



**Rezolvare:**

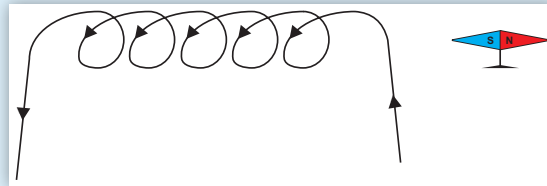
a) Rezistența firului de Cu ce constituie bobina se calculează astfel:  $R_{\text{fir}} = \rho \cdot l/S$ , unde  $l$  este lungimea firului. Această lungime se obține ca sumă a lungimilor cercurilor din care este constituită bobina:  $l = N \cdot L_{\text{cerc}} = N \cdot 2\pi R$ .

$$l = N \cdot L_{\text{cerc}} = N \cdot 2\pi R.$$

$$\text{Așadar: } R_{\text{fir}} = \rho \cdot N \cdot 2\pi R/S = 1,7 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m} \cdot \frac{(100 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 1,5 \cdot 10^{-2}) \text{ m}}{1,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2} = 10,676 \cdot 10^{-2} \Omega \Rightarrow \Rightarrow R_{\text{fir}} \approx 0,106 \Omega.$$

b)  $U = R \cdot I = 0,106 \Omega \cdot 8 \text{ A} \approx 0,84 \text{ V}.$

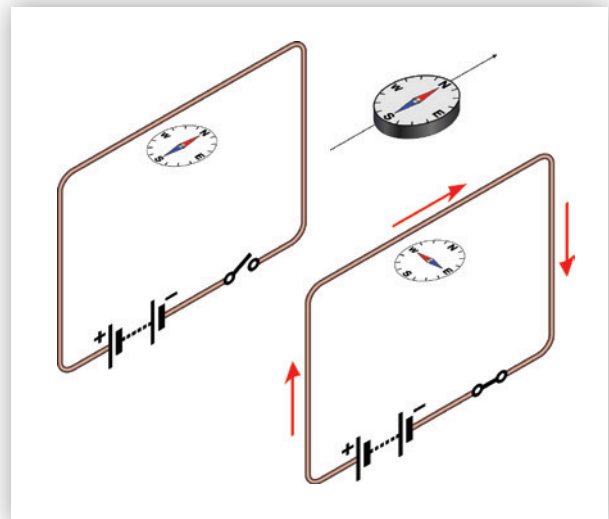
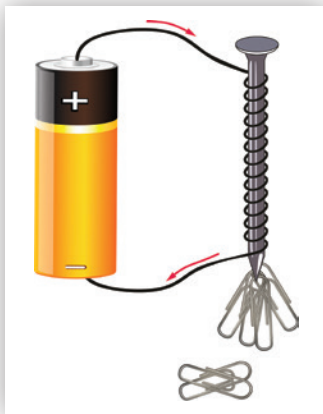
c)



## ACTIVITĂȚI DE EVALUARE

**1** Formulați răspunsuri pentru următoarele întrebări:

- Explicați fenomenul prin care cuiul atrage agrafele. Notați pe agrafele magnetizate N și S, în pozițiile în care considerați că se găsesc nordul și sudul magnetic.
- Explicați ce se întâmplă în experimentul ilustrat în imaginea de mai jos.



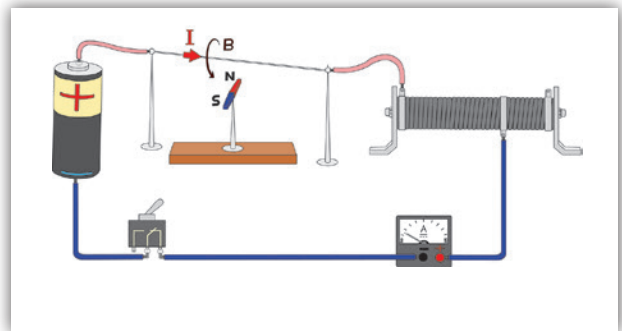
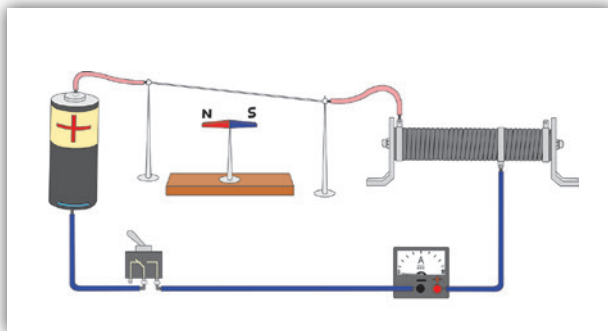


### II Stabiliți valoarea de adevăr a următoarelor afirmații: A/F

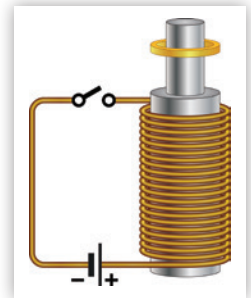
1. Electromagneții sunt alcătuiți din bobine cu miez de cupru parcurse de curent electric. A/F
2. Forța exercitată de un electromagnet depinde de pătratul valorii intensității curentului stabilit prin bobina sa. A/F
3. Forța exercitată de un electromagnet nu depinde de sensul intensității curentului stabilit prin bobina sa. A/F
4. Rolul miezului de fier introdus în bobina unui electromagnet este de a intensifica efectul magnetic. A/F
5. Numărul de spire al bobinei electromagnetului nu influențează valoarea forței exercitate către acesta. A/F

### III Redactați rezolvări pentru următoarele probleme:

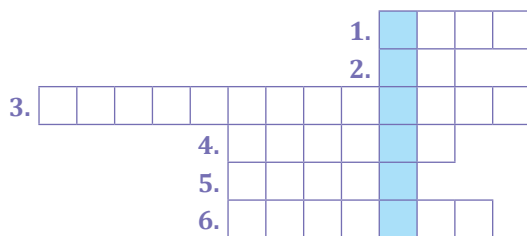
1. Realizați schemele electrice pentru cele două ipostaze ale circuitului electric alăturat și explicați schimbarea poziției acului magnetic.



2. Firul de cupru din care este confecționată bobina din imagine are rezistivitatea  $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$  și suprafața secțiunii transversal  $S = 0,1 \text{ mm}^2$ . Tensiunea electromotoare a generatorului ideal are valoarea  $E = 2 \text{ V}$ , iar intensitatea curentului stabilit în circuit este  $I = 250 \text{ mA}$ . Determinați:
  - a) rezistența bobinei, presupunând neglijabilă rezistența firelor conductoare ce nu fac parte din bobină;
  - b) lungimea firului din care este confecționată bobina;
  - c) lungimea bobinei, știind că numărul spirelor este 50.



### IV Completați casetele cuvintelor încrucișate și descoperiți cuvântul din coloana albastră:

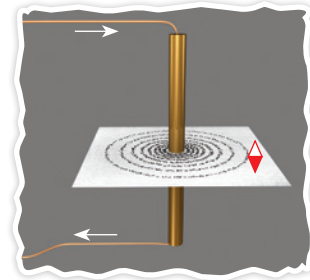


1. Introdus în interiorul bobinei, îmbunătățește proprietățile magnetice ale înfășurării de cupru.
2. Obiect din material magnetic în formă de romb alungit, pe care îl conține și busola.
3. Dispozitiv compus dintr-o bobină având miez de fier, parcursă de curent electric.
4. Înfășurare din sârmă de cupru.
5. Sunt multe și dacă le cunoașteți numărul și diametrul, puteți afla lungimea bobinei.
6. Fizician și chimist danez care a studiat electromagnetismul.

## TEST PENTRU AUTOEVALUARE

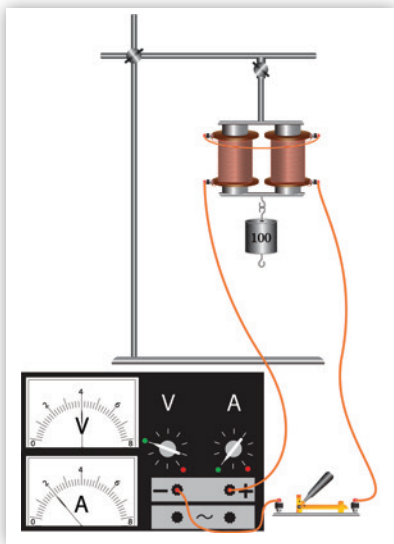
Din oficiu se acordă: 2 p.

- 1** (1 p) Completați desenul, adăugând în patru puncte distincte – nu foarte apropiate – câte un ac magnetic orientat corespunzător. (Indicați nordul și sudul fiecărui ac magnetic.) Considerați, pe rând, ambele sensuri ale curentului electric prin conductor.



- 2** (2 p) Completați spațiile libere din text:  
Electromagneții sunt alcătuiți din ... cu miez de ... parcurse de curent electric. Rolul miezului de fier este de a ... efectul magnetic. Modificând valoarea ... electric din bobină, se poate ... forța pe care ei o exercită. Dezavantajul față de un magnet permanent care nu are nevoie de ... este că un ... necesită o alimentare continuă cu ... electrică pentru a putea funcționa.

- 3** (2 p)



În schema experimentului alăturat, se modifică tensiunea de alimentare a bobinei.

Valoarea forței exercitate de către electromagnet pentru a susține greutatea este direct proporțională cu pătratul intensității curentului electric stabilit prin bobină.

Calculați pentru ce valoare a intensității curentului din bobină masa tije cu discuri crestate pe care o poate susține acest electromagnet atinge valoarea de 300 g, dacă valoarea accelerației gravitaționale a locului este de  $10 \text{ m/s}^2$ .

- 4** (2 p) De câte ori se modifică lungimea unei bobine dacă micșorăm de două ori numărul de spire, fără a modifica lungimea firului din care este confecționată bobina? Ce se întâmplă cu raza spirei bobinei?

### JURNAL DE ÎNVĂȚARE

- ▶ Reflectează asupra a ceea ce ai învățat în capitolul **Efectul magnetic al curentului electric**
  - **Studiul experimental al efectului magnetic al curentului electric. Electromagneți**
  - **Forța exercitată de către un electromagnet asupra corpurilor care conțin fier**
- ▶ Notează pe caiet, în rubricile unui tabel similar celui alăturat, ceea ce crezi că știi, ceea ce ai învățat și ceea ce ai vrea să mai înveți despre fenomene magnetice.

Știu!	Am învățat!	Vreau să știu!

# UNITATEA **3** FENOMENE OPTICE

**Vom explora și vom descoperi noi fenomene, legile și aplicațiile lor**

- ✓ Propagarea luminii în diverse medii
- ✓ Reflexia și refracția luminii
- ✓ Oglinzi și lentile
- ✓ Instrumente optice: ochiul și lupa

**Competențe specifice:**

1.1, 1.2, 1.3, 2.1, 2.2, 2.3, 3.1, 3.2, 3.3, 4.1, 4.2

## 3.1. Introducere în optică



? Cum devin corpurile din jurul nostru vizibile?



Dacă ne mișcăm prin cameră noaptea, putem să ne lovim de obiectele din jur. Le putem pipăi, mirosi eventual, dar nu le putem vedea. Aprinzând lampa sau așteptând dimineața, formele obiectelor capătă contur, culorile acestora se pot distinge, oglinda din cameră ne arată imaginea proprie.



Lumina este cea care face lucrurile vizibile.

### DIN ISTORIA FIZICII

Lumina și natura sa au fost studiate încă din antichitate. Pitagora, Democrit, Aristotel, Euclid au avut contribuții importante în studiul luminii. Au urmat Christian Huygens, Isaac Newton, Albert Einstein.

Azi știm că **lumina** este un element esențial pentru viață, conturându-ne viziunea formelor și a culorilor și purtând informație. Lumina reprezintă, în același timp, un mijloc important de investigare științifică, de la Univers la atom.

**Optica** este acea parte a fizicii care studiază lumina, proprietățile ei, propagarea și interacțiunea luminii cu substanța.

„Optica” provine din limba greacă, *opsis* însemnând „știință despre vedere”.

### 3.1.1. Surse de lumină



Sursele de lumină sunt corpuri care pot emite lumină, ca urmare a unor fenomene fizico-chimice care se produc în interiorul lor.

**Sursele primare de lumină** sunt corpurile care produc propria lumină și o răspândesc în jurul lor.

Diferențiem:

– **surse naturale:** stelele, fulgerele, emisiile vulcanice și organismele vii capabile să producă lumină – cele mai cunoscute sunt licuricii, dar există în această categorie și pești, insecte, moluște, meduze, chiar și ciuperci; iar Soarele, steaua cea mai apropiată de Pământ, ne trimite lumină în fiecare zi;

– **surse artificiale:** becul, lumânarea, candela, ledul, laserul etc.

**Sursele secundare de lumină** sunt cele care primesc lumina de la sursele primare și o răspândesc în jurul lor, în toate direcțiile. Este cazul Lunii și, în general, al planetelor; deși nu produc lumină, pot împrăști lumina primită.

## Vizibilitatea corpurilor

**Corpurile luminate** sunt corpurile care primesc lumina de la surse și împrăștie în jurul lor o parte din lumina primită. Acesta este motivul pentru care noi le putem vedea.

Condiția necesară pentru ca un obiect să ne fie vizibil este ca el „să trimită” lumină spre ochii noștri.



### EXPERIMENT 1

#### Cum poate trece lumina prin diferite corpuri?

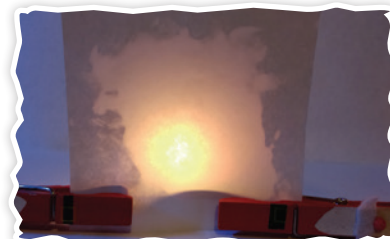
##### Materiale necesare

- o lumânare
- o foiță de celofan sau de acetofan
- o coală de hârtie unsă cu ulei
- o bucată de carton

##### Mod de lucru

- ▶ Aprinde lumânarea.
- ▶ Așază în fața lumânării, pe rând, foița de celofan, coala de hârtie unsă cu ulei, bucată de carton și privește lumânarea prin acestea.

**Atenție!** Vei lucra cu o lumânare aprinsă!



### CONCLUZIE

- Foița de celofan lasă să treacă lumina prin ea, permițând observarea clară a flăcării lumânării; este un **corp transparent**.
- Coala de carton nu lasă să treacă lumina prin ea; este un **corp opac**.
- Foița de hârtie unsă cu ulei lasă să treacă lumina prin ea, dar nu permite observarea clară a flăcării lumânării; este un **corp translucid**.

### DE REȚINUT

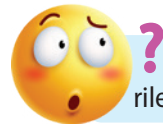
- Corpurile **transparente** permit trecerea luminii prin ele și observarea detaliilor.
- Corpurile **translucide** permit trecerea luminii prin ele, dar nu permit observarea detaliilor.
- Corpurile **opace** nu permit trecerea luminii prin ele.

### PENTRU CURIOSI

O foiță de celofan este transparentă, dar mai multe foițe suprapuse devin translucide, deci celofanul nu este o substanță perfect transparentă. Transparența unui corp scade atunci când grosimea stratului de substanță crește.

### 3.1.2. Propagarea luminii în diverse medii

#### Dispersia luminii



De ce apare curcubeul? De ce corpurile din jurul nostru au culori diferite?

În laboratorul școlii tale vei găsi prisme optice din sticlă – corpuri transparente cu formă de prismă. Cum se vede printr-o astfel de prismă lumina care provine de la Soare sau de la bec? Seamănă cu curcubeul?



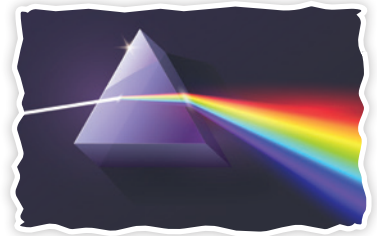
#### EXPERIMENT 1 Observarea dispersiei luminii

##### Materiale necesare

- o prismă optică (corp din sticlă, având forma din fotografie)
- un ecran alb sau peretele
- raze de soare sau o lampă (având un bec cu incandescență) cu fantă

##### Mod de lucru

- ▶ Așază prismă optică în dreptul luminii, ca în imaginea alăturată.
- ▶ Rotește prismă până când apar benzi colorate pe ecran.



#### CONCLUZII

Lumina emisă de Soare și de alte corpuri incandescente se numește **lumină albă**. Atunci când atinge una dintre fețele prisme optice din sticlă, ea este descompusă și, printr-una dintre celelalte fețe, vor ieși mai multe benzi colorate în: **roșu, oranj, galben, verde, albastru, indigo și violet**. Spunem că lumina albă este compusă din aceste șapte culori împreună cu nuanțele aflate între ele.

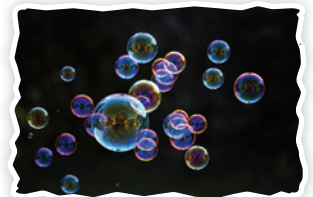
**DEFINIȚIE:** Fenomenul de descompunere a luminii albe în fascicule de lumină colorate diferit se numește **dispersie**.

#### DE APLICAT

Privește cu atenție ecranul unde observi benzile colorate. Notează pe caiet, în ordinea în care apar – de la stânga spre dreapta – inițialele culorilor aflate în dreptul fiecăreia dintre casete. Alege dintre următoarele culori: **indigo, verde, oranj, roșu, verde, albastru, galben**.



Descompunerea luminii albe în zonele colorate **ROGVA-IV** se poate evidenția și dacă privești suprafața activă a unui CD (sau DVD) ori suprafața unui balon de săpun. *Despre aceste fenomene vei învăța mai multe în clasele viitoare!*





## MINI-LAB

### Creează singur un curcubeu

Curcubeul este un arc multicolor desfășurat pe cer, care apare atunci când lumina Soarelui întâlnește picăturile de apă din atmosferă. Picăturile de apă se comportă la fel ca prisma optică, descompunând lumina albă în culorile **ROGVAIV**.

Pentru a obține un curcubeu, ar trebui să ai o poziție favorabilă observării acestuia. Încearcă, într-o dimineață sau într-o după-amiază însorită. Așază-te **cu spatele la Soare** și privește picăturile de apă provenite de la o ploaie, din aburul unei cascade sau chiar din pulverizatorul unui furtun de grădină. Succes!



## Absorbția luminii și culoarea corpurilor

Atunci când lumina se propagă prin diferite medii, poate să apară fenomenul de **absorbție**: corpurile transparente (spre exemplu, filtrele) absorb toate nuanțele, cu excepția celor care le determină culoarea, în timp ce corpurile opace absorb toate culorile, cu excepția celor reflectate prin împrăștiere și care le determină culoarea.

Corpurile din jurul nostru au diferite culori. Cele opace absorb din **ROGVAIV** totul, cu excepția culorii lor, pe care o împrăștie în toate direcțiile.

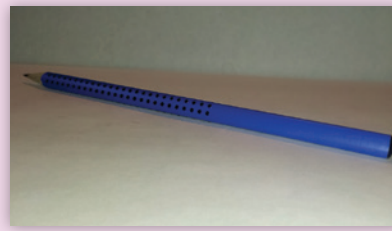
Un măr **roșu** absoarbe toate culorile, în afară de **roșu**, pe care îl împrăștie în jurul său.



O frunză **verde** absoarbe toate culorile, în afară de **verde**, pe care îl împrăștie în jurul său.



Un creion **albastru** absoarbe toate culorile, în afară de **albastru**, pe care îl împrăștie în jurul său.



## EXPERIMENT 2 Absorbția luminii

### Materiale necesare

- o lumânare aprinsă
- filtre de culori diferite

### Mod de lucru

- ▶ Privește lumânarea prin fiecare filtru.
- ▶ Ce se întâmplă atunci când în fața lumânării așezi **filtre** (folii transparente, de culori diferite)?
- ▶ Ce culoare observi prin fiecare dintre filtrele aplicate?



A

B

C

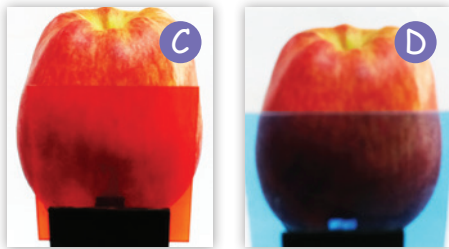
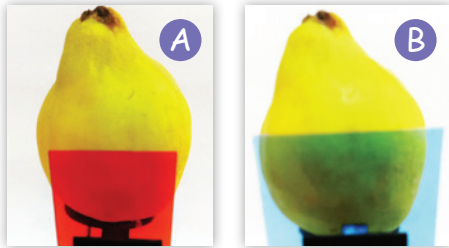
D

E



**CONCLUZII**

Tot ceea ce se vede dincolo de fiecare filtru are culoarea pe care acesta o lasă să treacă, el absorbând restul culorilor din **ROGVAIV**. Scrie pe caiet ce culori observi în cazul filtrelor notate cu A, B, C, D, E. Corpurile transparente lasă să treacă doar culoarea lor, absorbând toate celelalte culori din **ROGVAIV**.



Așezați filtre colorate în fața unor fructe, ca în imaginile alăturate.

- A** O gutuie galbenă a fost privită printr-un filtru roșu.
- B** O gutuie galbenă a fost privită printr-un filtru albastru.
- C** Un măr roșu a fost privit printr-un filtru roșu.
- D** Un măr roșu a fost privit printr-un filtru albastru.

Ce culoare pare să aibă fructul în fiecare caz? Explicați.



Curcubeul se formează prin fenomenul de dispersie a luminii în picături fine de apă aflate în atmosferă. Corpurile din jurul nostru au culoarea pe care nu o absorb sau pe care o împrăștie – dintre cele care compun lumina albă.

### 3.1.3. Principiile propagării luminii. Raza de lumină. Fasciculul de lumină

**Optica geometrică** studiază legile propagării luminii și formarea imaginilor optice, făcând abstracție de natura luminii.

Experiența înregistrată de-a lungul timpului a condus la formularea următoarelor **principii ale opticii geometrice**.

**I. Principiul propagării rectilinii a luminii:** într-un mediu transparent și omogen, lumina se propagă întotdeauna în linie dreaptă.



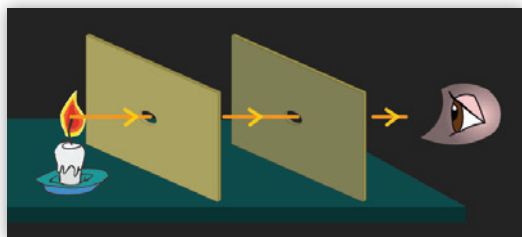
#### EXPERIMENT 1 Propagarea rectiliniei a luminii

##### Materiale necesare

- două cartonașe pătrate, având câte un mic orificiu circular în centru
- o lumânare aprinsă

##### Mod de lucru

- Încercați să observați flacăra lumânării privind prin cele două cartonașe aliniate. Deplasați-le sus-jos și stânga-dreapta până când reușiți să vedeți flacăra lumânării.

**CONCLUZIE**

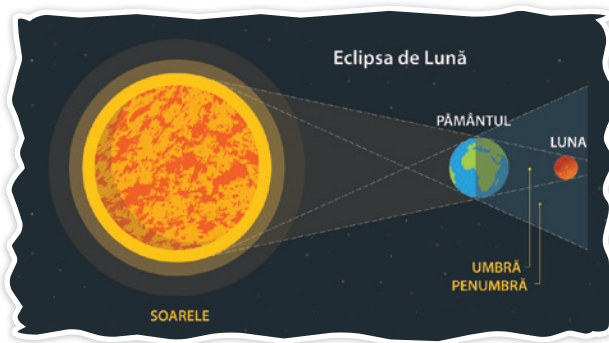
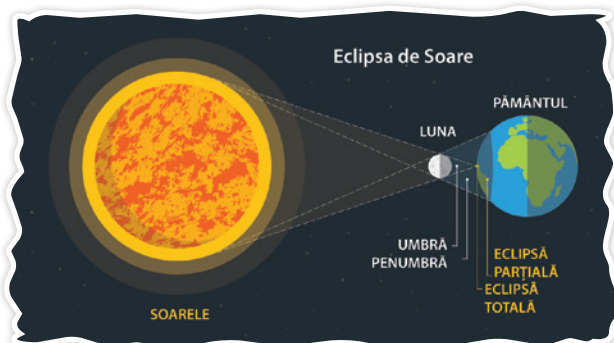
Atunci când flacăra lumânării este vizibilă, ochiul, orificiile din cartonașe și flacăra lumânării se află pe aceeași dreaptă.

**OBSERVAȚIE:** Acest principiu este foarte bine ilustrat de formarea umbrei și a penumbrei, precum și de formarea eclipselor de Lună și de Soare.



## DE APLICAT

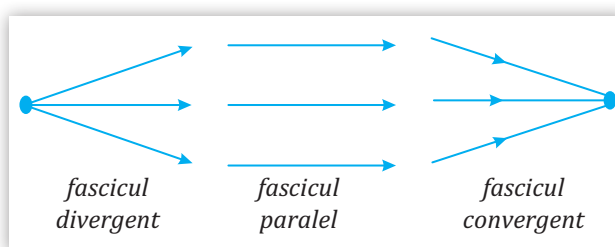
Analizează imaginile următoare, amintește-ți ceea ce ai învățat despre umbră, penumbră și eclipse, apoi explică pe caiet fenomenele ilustrate.



**DEFINIȚIE:** Segmentul de dreaptă de-a lungul căruia se propagă lumina se numește **rază de lumină**. Un grup de mai multe raze de lumină formează un **fascicul de lumină**.

În funcție de mersul razelor dintr-un fascicul, acesta poate fi:

- **divergent**, atunci când razele pornesc dintr-un punct;
- **paralel**, atunci când razele sunt paralele;
- **convergent**, atunci când razele se întâlnesc într-un punct.



**II. Principiul reversibilității razelor de lumină:** lumina se propagă pe același drum în ambele sensuri.

**III. Principiul independenței razelor de lumină:** razele de lumină sunt independente unele față de altele, adică propagarea unei raze de lumină este independentă de acțiunea altor raze de lumină.

Aceste principii stau la baza explicării fenomenelor de reflexie și de refracție ale luminii pe care le vom studia în continuare.

## 3.2. Reflexia

### 3.2.1. Reflexia luminii

Dacă priviți atent în jurul vostru, veți vedea imaginile unor obiecte repetându-se pe unele suprafețe din jur. Cu cât suprafețele respective sunt mai lucioase (de exemplu: apa lină a unui lac, suprafața argintată de sub sticla oglinzii, geamurile, metalul lustruit al unei tăvi), cu atât vedem mai bine imaginile obiectelor sau propria noastră imagine.



? De ce ne putem oglindi?





## EXPERIMENT 1 Reflexii cu oglinzi plane

### Materiale necesare

- două oglinzi plane

### Mod de lucru

- ▶ Roagă un coleg sau o colegă să țină una dintre oglinzi în spatele tău, vertical, și privește în oglinda din fața ta încercând să vezi ceea ce arată oglinda din spatele tău.



- ▶ Roagă colega sau colegul de bancă să se ascundă în încăperea alăturată, lăsând ușa deschisă. Încearcă să găsești „persoana dispărută” folosind oglinda.
- ▶ Reușești să te vezi din spate prin a doua oglindă? Cum trebuie ținută aceasta pentru a reuși să te vezi? Ce altceva mai observi în oglinda din fața ta? Desenează schematic mersul razelor de lumină până la ochiul tău.
- ▶ Există posibilitatea să vezi persoana ascunsă în cealaltă cameră folosind oglinda, chiar dacă nu o vezi când încerci să o găsești cu ochiul liber? Desenează mersul razelor de lumină așa cum crezi că se desfășoară.

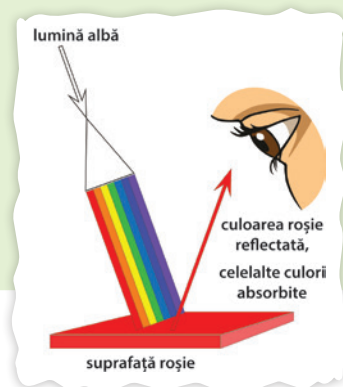
### CONCLUZIE

Faptul că îți poți vedea spatele sau că poți vedea după ușă se datorează unui fenomen de întoarcere a luminii atunci când întâlnește suprafața oglinzii.

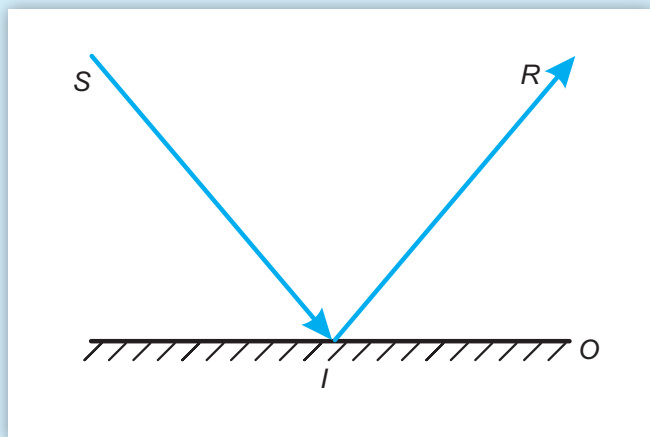
**DEFINIȚIE:** **Reflexia** este fenomenul prin care lumina se întoarce în mediu transparent din care provine, atunci când întâlnește suprafața de separare dintre acest mediu și un alt mediu.

### OBSERVAȚII:

Faptul că putem vedea obiectele din jur se datorează reflexiei luminii. Când fasciculul luminos interacționează cu un obiect, este reflectat într-o măsură mai mare sau mai mică. Anumite obiecte reflectă integral lumina, adică tot „pachetul” de culori este întors în mediul din care provine. Aceste obiecte ne apar albe. Alte obiecte absorb anumite culori și reflectă restul, apărându-ne colorate.



💡 Când o rază de lumină incidentă,  $SI$ , întâlnește o suprafață plană și lucioasă de separare **se reflectă** întorcându-se pe direcția  $IR$  în mediul din care provine.



### DIN ISTORIA FIZICII



Reflexia luminii a fost studiată încă din antichitate. Matematicianul grec Euclid a scris în jurul anilor 300 î.e.n. o lucrare intitulată „Optica”, al cărei prim manuscris atestat istoric datează din secolul al X-lea e.n. Nu se cunoaște numele celui care a descoperit legile reflexiei, dar se știe că Euclid și Arhimede le cunoșteau și le utilizau.

### 3.2.2. Legile reflexiei – aplicație experimentală – oglinzi plane



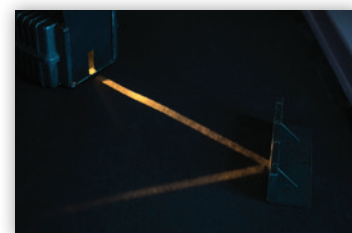
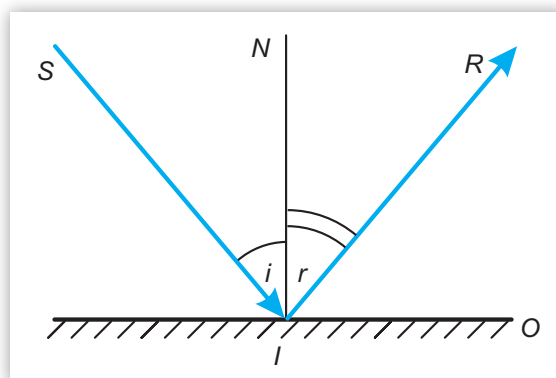
? După ce legi se reflectă lumina?

**DEFINIȚIE:** Oglinda plană reprezintă o suprafață plană și foarte netedă, care reflectă lumina aproape integral.

Astfel, este foarte potrivit să studiem legile reflexiei cu ajutorul oglinzilor plane.

Desenăm schematic oglinda și reținem că:

- $SI$  = raza incidentă
- $IR$  = raza reflectată
- $IN$  = normala la suprafață (linie ajutătoare)
- $i$  = unghi de incidență
- $r$  = unghi de reflexie
- $I$  = punct de incidență



#### EXPERIMENT 1 Reflexia

##### Materiale necesare

- lampă cu fantă sau laser
- oglindă plană
- raportor



##### Mod de lucru

- ▶ Așezăm oglinda plană perpendicular pe masa de lucru, pe care am așezat în prealabil o foaie de hârtie. Trimitem un fascicul luminos îngust spre oglindă, utilizând lampa sau laserul. Desenăm normala la oglindă în punctul în care a ajuns raza incidentă (se consideră fasciculul atât de îngust încât putem vorbi de o rază de lumină). Notăm pe hârtie:  $S$ ,  $I$ ,  $N$ ,  $R$ , după ce am trasat cu rigla liniile ce reprezintă mersul razelor de lumină. Măsurăm cu raportorul unghiurile de incidență și de reflexie și le notăm într-un tabel.
- ▶ Repetăm experimentul, modificând unghiul de incidență.
- ▶ În câte plane găsim semidreptele  $SI$ ,  $IN$ ,  $IR$ ?
- ▶ Care este relația dintre unghiurile  $i$  și  $r$  în cazul fiecărei determinări experimentale?
- ▶ Schimbăm poziția sursei de lumină, așezând-o pe direcția unei reflectate. Ce observăm?

Numărul determinării	$i$	$r$
1.		
2.		
3.		

#### CONCLUZII

1. Raza incidentă, raza reflectată și normala în punctul de incidență se află în același plan.
  2. Unghiurile de incidență și de reflexie au valori foarte apropiate; considerând că există erori de măsură, se poate aprecia că  $i = r$ .
- În acord cu principiul reversibilității luminii, mersul razelor se realizează pe același drum și atunci când se așază sursa pe direcția pe care înainte trecea raza reflectată.

#### DE REȚINUT

**Legea I a reflexiei:** Raza de lumină incidentă, normala la suprafața de reflexie și raza reflectată se găsesc în același plan.

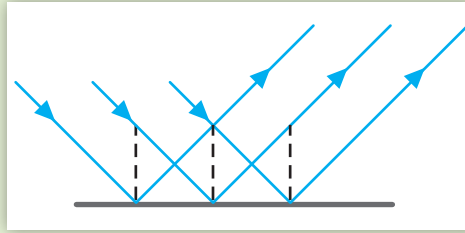
**Legea a II-a a reflexiei:** Unghiul de incidență și unghiul de reflexie sunt egale:  $i = r$ .

**DEFINIȚIE:** Planul în care se află raza incidentă, raza reflectată și normala în punctul de incidență se numește **plan de incidență**.

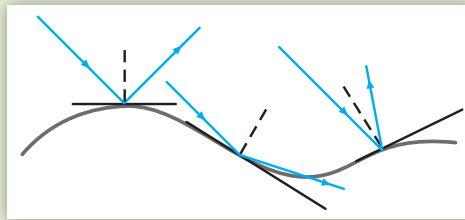


**OBSERVAȚII:**

1. Dacă suprafața de separație dintre cele două medii este plană (netedă), unui fascicul incident paralel îi corespunde un fascicul reflectat paralel. Acest fel de reflexie se numește **reflexie regulată** sau **reflexie dirijată**.
2. Dacă lumina este incidentă pe o suprafață neregulată, numită suprafață **mată**, razele incidente paralele se reflectă după direcții diferite și fasciculul reflectat nu mai este paralel. Reflexia este numită **reflexie difuză**. Legile reflexiei se aplică și în acest caz, considerând că o porțiune foarte mică din jurul punctului de incidență al fiecărei raze este plană.



reflexie regulată (dirijată)



reflexie difuză



## Imaginea unui obiect într-o oglindă plană

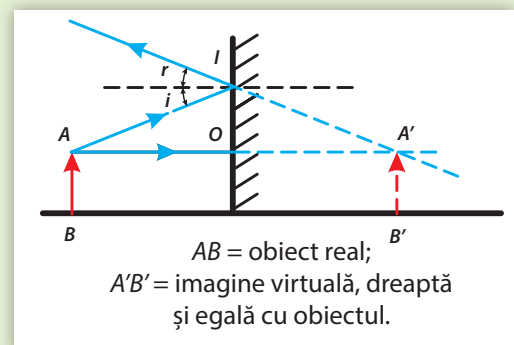
Pentru a construi imaginea obiectului  $AB$ , așezat paralel cu oglinda plană din figura de mai jos, construim imaginile punctelor  $A$  și  $B$ . Pentru obținerea imaginii punctului  $A$ , utilizăm două raze de lumină care trec prin punctul  $A$  și se reflectă pe suprafața oglinzii. În punctul unde se întâlnesc prelungirile razelor reflectate se află imaginea  $A'$  a punctului  $A$ . Pentru a construi imaginea punctului  $B$  al obiectului, proiectăm  $A'$  pe dreapta perpendiculară pe oglindă care trece prin punctul  $B$ . Obținem astfel punctul imagine  $B'$ .

Imaginea  $A'B'$  a obiectului  $AB$  este paralelă cu oglinda.

Imagine este **virtuală** deoarece punctele sale se află la intersecția prelungirilor razelor reflectate și este **simetrică** obiectului față de oglindă.

**OBSERVAȚII:**

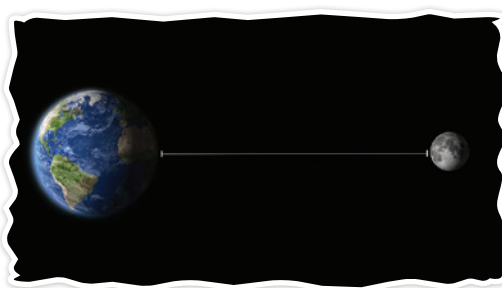
1. Imaginea virtuală nu se poate prinde pe un ecran dar poate fi percepută de către ochi.
2. Simetria obiect-imagine se demonstrează folosind geometria plană în figurile alăturate și arătând că triunghiurile dreptunghice  $AOI$  și  $A'OI$  sunt congruente. Din congruența lor rezultă că distanța obiect oglindă este egală cu distanța oglindă imagine.

**DE REȚINUT**

- Imaginea unui obiect într-o oglindă plană este virtuală.
- Distanțele de la obiect la oglindă plană și de la aceasta la imagine sunt egale.
- Dimensiunea imaginii este egală cu dimensiunea obiectului.

### 3.2.3. Extindere: Aplicații ale legilor reflexiei în tehnologie

În viața de zi cu zi, puteți observa situații diverse în care dispozitivele bazate pe fenomenul de reflexie a luminii sunt foarte utile. Descrieți câteva dintre aceste situații, privind imaginile alăturate.



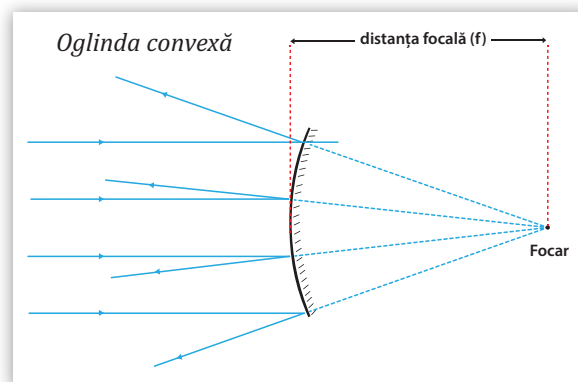
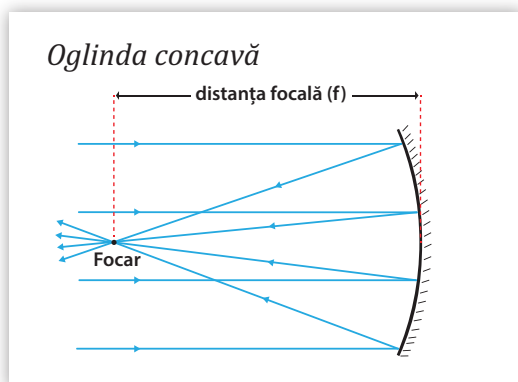
? Ce dispozitive pe care le întâlnim frecvent funcționează pe baza legilor reflexiei luminii?



**Oglinzile retrovizoare** se montează pe automobile pentru a permite conducătorului auto să vadă în spate, pe lateral sau prin luneta vehiculelor. Oglinzile montate în interiorul automobilelor sunt plane, iar cele de pe uși sunt bombate spre exterior și se numesc oglinzi convexe.

**Oglinzile sferice** au formă de calotă sferică. Dacă suprafața interioară este reflectătoare, atunci se numesc **oglinzi concave**, iar dacă suprafața exterioară este reflectătoare, se numesc **oglinzi convexe**.

În oglinda concavă, fasciculul de lumină paralel și simetric față de oglindă – ca în figura de mai jos – se reflectă prin **focar**, acesta fiind punctul prin care trec toate razele reflectate din fasciculul paralel.



Focarul se află la jumătatea distanței dintre vârful oglinzii (punctul de pe suprafața oglinzii aflat la distanță egală față de extremitățile acesteia) și centrul sferei din care face parte oglinda.

În cazul oglinzii convexe, un fascicul de lumină paralel se reflectă divergent, apărând ca plecând din focar.

#### PENTRU CURIOSI

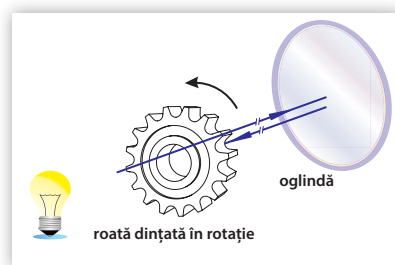
Oamenii de știință au măsurat distanța de la Pământ la Lună cu ajutorul unui retroreflector plasat pe aceasta de către misiunea Apollo 11. Acesta este alcătuit dintr-o serie de oglinzi mai mici care reflectă întotdeauna lumina provenită de la un laser aflat pe Pământ, în direcția din care provine aceasta. Fasciculul laser reflectat poate fi observat cu ajutorul unui telescop, oferind o măsurătoare destul de exactă a distanței dintre Pământ și Lună.

## DIN ISTORIA FIZICII

Armand Fizeau (1819–1896) a măsurat pentru prima oară cu succes viteza luminii, în anul 1849. El a utilizat o sursă de lumină intensă, o roată dințată ce putea fi rotită foarte repede și o oglindă situată la 8 km distanță de sursa de lumină.

Jean Bernard Léon Foucault (1819–1868) a îmbunătățit metoda lui Fizeau, înlocuind roata dințată cu o oglindă rotativă.

Albert Michelson (1852–1931) a reluat și a perfecționat experimentul lui Foucault, ajungând să determine, în 1926, valoarea cunoscută azi.



**Periscopul** este un instrument optic alcătuit din lentile, oglinzi, și/sau prisme cu ajutorul căruia se pot efectua observații între două niveluri cu înălțimi diferite precum submarinele.



## TEMĂ DE PORTOFOLIU

Căutați pe internet și în cărți informații despre **utilizarea periscopului** și despre tipurile de periscoape. Realizați o prezentare PowerPoint prin care să exemplificați rezultatele investigațiilor voastre.

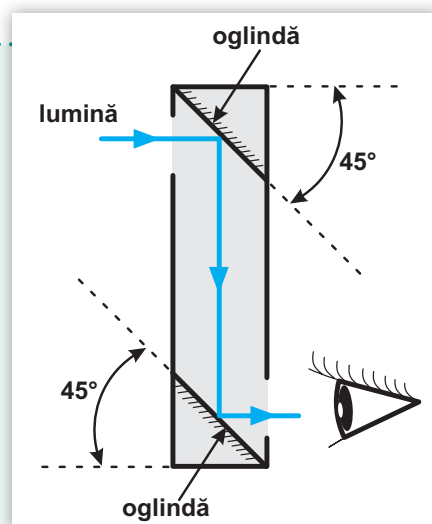


## MINI-LAB

**Construiți singuri un periscop cu oglinzi**

Utilizați următoarele materiale: două oglinzi plane, un tub de carton, un cuțit și un echer în formă de triunghi dreptunghic isoscel. Marcați pe tubul de carton pozițiile pe care le vor avea oglinzile plane, conform figurii. Așezați oglinzile la  $45^\circ$  față de tub, ajutându-vă de echerul cu unghi de  $45^\circ$ , și găuriți tubul cu cuțitul în zonele prin care veți privi și, respectiv, prin care vor intra razele de lumină. Verificați periscopul astfel confecționat așezându-vă sub nivelul ferestrei pentru a observa ce se află dincolo de aceasta.

**Atenție la mânuirea cuțitului!**



• **Oglinzile plane** și **oglinzile sferice** fac parte, în multe cazuri, din alcătuirea aparatului medical, dar și a aparatului militar, topografice sau a celei din laboratoare științifice.

• Cu ajutorul **oglinzii stomatologice**, de exemplu, care este **concavă**, medicul obține imagini mărite ale părților posterioare ale dinților.

• **Farurile, telescoapele, proiectoarele** au în componența lor oglinzi **sferice concave**.

• În procesul de captare a energiei solare și de transformare a acesteia în căldură sunt utilizate, de asemenea, oglinzi concave.

• Oglinzile **sferice convexe** sunt montate la marginea carosabilului, de obicei în vecinătatea unei zone cu vizibilitate scăzută, și folosesc pentru a vedea vehiculele care vin din zone greu de observat cu ochiul liber pe șosele, străzi, autostrăzi.

• La mașini, motociclete, tramvaie, întâlnim **oglinzi retrovizoare** plane și convexe. Oglinzile convexe micșorează obiectele, dar în schimb cuprind o zonă mare din drum și permit șoferilor să vadă tot ce se întâmplă în zona din spatele lor.

## 3.3. Refracția

### 3.3.1. Indicele de refracție

Dacă participați la un triatlon și aveți de alergat pe teren uscat și apoi prin apă, viteza voastră de alergare își va schimba valoarea în funcție de mediul prin care vă deplasați.

Intuitiv, ne putem imagina că și lumina întâmpină aceleași „probleme” de deplasare.



? Prin ce se deosebesc, din punct de vedere optic, aerul și sticla?

#### DE REȚINUT

- În mediile transparente **omogene** și **izotrope** (adică medii cu aceleași proprietăți în toate punctele și în toate direcțiile), lumina se propagă cu viteză constantă.
- În **vid** (spațiul unde materia este foarte rarefiată), viteza luminii este  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ . În **orice alt mediu transparent**, viteza luminii are valori mai mici.
- Mediile în care se propagă lumina se mai numesc și **medii optice** și sunt caracterizate de o mărime fizică, numită **indice de refracție**.

**DEFINIȚIE:** Indicele de refracție **absolut** al unui mediu transparent,  $n$ , reprezintă raportul dintre viteza de propagare a luminii în vid,  $c$ , și viteza de propagare a luminii în mediul respectiv,  $v$ .

$$n = \frac{c}{v}$$

**OBSERVAȚIE:** Se spune că un mediu are **densitate optică** mai mare dacă are un indice de refracție absolut mai mare decât alt mediu. Acest lucru se mai exprimă și astfel: mediul cu indice de refracție mai mare este **mai refringent**.



? Cum este viteza luminii în mediile cu densitate optică mare?



În mediile mai refringente, viteza de propagare a luminii este mai mică decât în aer sau în vid.

**DEFINIȚIE:** Indicele de refracție **relativ** al unui mediu (2) în raport cu alt mediu (1),  $n_{21}$ , reprezintă raportul indicilor de refracție absoluți ai mediilor respective:

$$n_{21} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\frac{c}{v_2}}{\frac{c}{v_1}} = \frac{v_1}{v_2}$$

unde  $v_1, v_2$  reprezintă vitezele luminii în cele două medii considerate.



? Care este unitatea de măsură a indicelui de refracție?



Ecuția dimensională se scrie astfel:  $[n]_{SI} = \frac{[c]_{SI}}{[v]_{SI}} = \frac{m/s}{m/s} = 1$ .

Indicele de refracție este o mărime fizică **adimensională**.

### OBSERVAȚII:

- Deși aerul este mai dens optic decât vidul, vom considera în continuare că indicele de refracție absolut al aerului este același cu al vidului:  $n_{\text{aer}} \approx n_{\text{vid}} = 1$ .
- Indicele de refracție al unui mediu transparent depinde de culoarea luminii care îl traversează, motiv pentru care apare fenomenul de dispersie a luminii. Tabelul de mai jos conține câteva valori pentru indicii de refracție, în cazul luminii **galbene**.



Substanța	$n$
aer (0 °C, 1 atm)	1,000293
heliu (0 °C, 1 atm)	1,000036
hidrogen (0 °C, 1 atm)	1,000132
dioxid de carbon (0 °C, 1 atm)	1,00045
apă (20 °C)	1,333
etanol (20 °C)	1,36

Substanța	$n$
ulei de măsline (20 °C)	1,47
gheață	1,309
plexiglas	1,49
sticlă „Crown”	1,52
diamant	2,42



? Privind valorile din tabel, ce deosebiri observați între mediile gazoase, lichide și solide în ceea ce privește refringenta lor? La ce ne vom aștepta când lumina se va propaga prin aceste medii diferite?



Lumina se propagă diferit prin aer și prin sticlă.

Aerul este mai puțin dens optic decât sticla și viteza luminii în aer este mai mare decât viteza luminii în sticlă.

### 3.3.2. Refracția luminii – evidențierea experimentală a fenomenului



Când privim pe fereastră, ne vedem uneori ca în oglindă, dar vedem și afară.

Atunci când privim niște monede aflate în apă, ele par mai aproape decât sunt în realitate.

Lumina albă trece prin prisma de sticlă deviind de la direcția inițială și descompunându-se în același timp în culori, cum se întâmplă și când trece prin picăturile de apă din atmosferă și vedem curcubeul.



Două creioane așezate într-un pahar cu apă par rupte când le privim din partea laterală a paharului. Fenomenul care apare în toate exemplele prezentate se numește **refracția luminii**.



? De ce ni se pare bazinul cu apă mai puțin adânc decât este el în realitate?

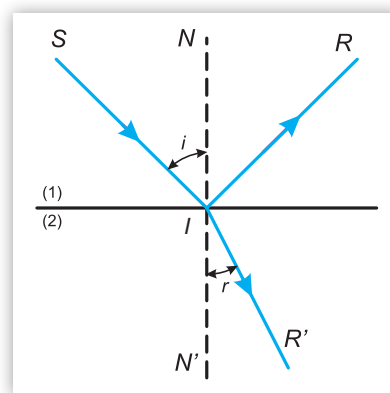
### DE REȚINUT

Un fascicul luminos incident pe **suprafața de separare** dintre două medii transparente este reflectat, dar trece și în al doilea mediu. Acea parte din lumină care trece în mediul al doilea are altă **direcție de propagare** decât cea pe care o are în primul mediu.

**DEFINIȚIE: Refracția luminii** reprezintă fenomenul de schimbare a direcției de propagare a luminii la trecerea dintr-un mediu transparent în altul.

În schema alăturată este reprezentată o rază de lumină incidentă din aer (1) pe o suprafață de separare cu un mediu, cum ar fi apa sau sticla (2). Fasciculul incident este divizat în două: unul reflectat și unul refractat. Notațiile desenului reprezintă:

- raza incidentă:  $SI$
- normala la suprafața de separare în punctul de incidență:  $NN'$
- raza reflectată:  $IR$
- raza refractată:  $IR'$
- punctul de incidență:  $I$
- unghiul de incidență:  $i$
- unghiul de refracție:  $r$



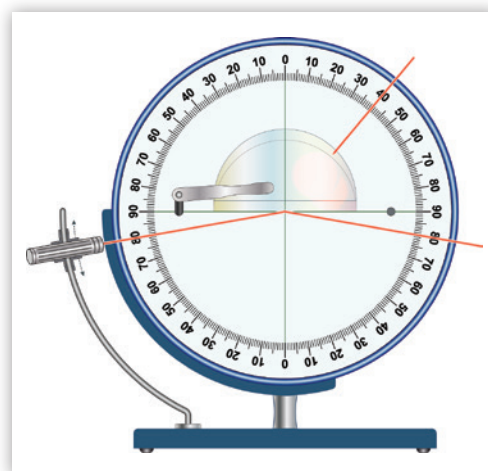
### EXPERIMENT 1 Refracția luminii

#### Materiale necesare

- disc optic
- piesă de plexiglas semicilindrică
- laser sau lampă cu fantă

#### Mod de lucru

- ▶ Introduceți fasciculul îngust de lumină, emis de către laser sau de lampa cu fantă, prin fața plană a corpului din plexiglas, astfel încât să obțineți ieșirea sa (emergența) prin fața semicilindrică.



- ▶ Măsurati și notați valorile unghiurilor de incidență și de refracție,  $i$  și  $r$ , respectiv  $r'$  și  $i'$ , la cele două fețe, într-un tabel conform modelului de mai jos. Modificați unghiul de incidență de 5 ori, pentru a observa de fiecare dată unghiurile de refracție și de emergență,  $i'$ .

1. Observați ce direcție are raza refractată din aer în plexiglas față de normala la suprafața de separare. În ce relație sunt unghiurile de incidență și de refracție,  $i$  și  $r$ ?

2. Ce observați atunci când raza de lumină incidentă perpendicular pe fața plană traversează piesa din plexiglas pe direcția razei cercului care conține secțiunea sa?

3. Comparați unghiurile  $r'$  și  $i'$  în situația în care lumina trece din plexiglas în aer.

Aer/plexiglas

Nr. crt.	$i$	$r$

Plexiglas/aer

Nr. crt.	$r'$	$i'$

## CONCLUZII

1. Raza refractată din aer în plexiglas se apropie de normală. Cum  $n_{\text{aer}} \approx 1$ , iar  $n_{\text{plexiglas}} \approx 1,5$ , observăm că atunci când trece într-un mediu mai dens optic, raza se apropie de normală:  $r < i$ .
2. Dacă raza de lumină incidentă perpendicular pe fața plană traversează piesa din plexiglas pe direcția razei cercului care conține secțiunea sa, ea va fi nedeviată. În acest caz,  $i = i' = 0^\circ$  și  $r = r' = 0^\circ$ .
3. Din tabelul de date pentru trecerea plexiglas/aer se observă că în cazul în care lumina trece din mediul mai refringent în mediul mai puțin refringent, razele de lumină se depărtează de normală:  $r' < i'$ . Desenați mersul razelor de lumină în acest caz. S-a întâmplat să nu mai vedeți raza refractată? La ce valoare a unghiului de incidență s-a întâmplat? Acest fenomen se numește **reflexie totală** și va fi explicat într-o lecție viitoare.



Pentru verificarea experimentală a proceselor descrise accesați: [https://phet.colorado.edu/sims/html/bending-light/latest/bending-light\\_ro.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/bending-light/latest/bending-light_ro.html) și urmați instrucțiunile găsite acolo.

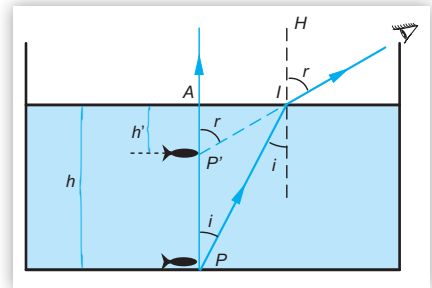
## DE APLICAT

Utilizând legile refracției luminii determinați poziția imaginii unui peștișor de pe fundul bazinului cu apă.

Fie  $P$ , poziția peștișorului. Raza de lumină incidentă,  $PI$ , se refractă pe suprafața apei, din apă în aer, depărtându-se de normală. De ce?

Observatorul va vedea peștișorul pe direcția care vine spre ochiul său, deci pe direcția  $IP'$ , unde  $P'$  reprezintă intersecția acestei direcții cu raza refractată pe direcția normalei  $PA$ .

Poziția imaginii este  $P'$ , iar  $h'$  este adâncimea aparentă la care se vede peștișorul aflat la adâncimea  $h$ .



Pentru că  $n_{\text{aer}} < n_{\text{apă}}$ , raza de lumină care vine dintr-un punct  $P$  de pe fundul bazinului se depărtează de normala la suprafață atunci când trece în aer. Aceasta este raza pe care noi o vedem, deci imaginea punctului  $P$  va fi la intersecția direcției razei refractate cu raza refractată pe direcția normalei care trece prin punctul  $P$ , adică în  $P'$ , și astfel bazinul ne va părea mai puțin adânc.

## 3.3.3. Reflexia totală



Când mergeți vara cu mașina pe șosea, vi se pare uneori că vedeți apă la suprafața drumului în fața mașinii, la distanță. Pe măsură ce înaintați și această imagine se îndepărtează, așa încât nu reușiți să o ajungeți.

Călătorii deșerturilor se confruntă cu iluzii optice care fac să pară că dunele de nisip din depărtare sunt răsturnate și au la baza lor apă.

Când imaginile se găsesc la nivelul solului, mirajul se numește **inferior**. Există și miraj superior, în urma căruia apar imagini deasupra obiectului reflectat, în aer.

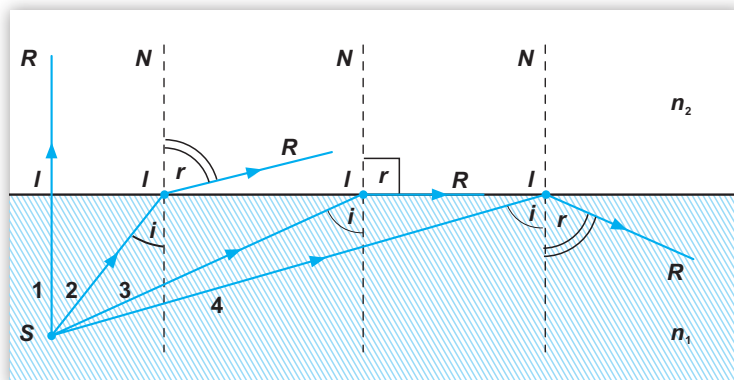


? Cum ne explicăm mirajul optic?

Să considerăm că privim din mediul cu indice de refracție  $n_2$ , un obiect ( $S$ ) aflat într-un mediu cu indicele de refracție  $n_1 > n_2$ .

În lecția anterioară, am descoperit experimental că, în cazul  $n_1 > n_2$ , raza refractată se îndepărtează de normala la suprafață. Am măsurat unghiurile de incidență,  $i$ , și unghiurile de refracție,  $r$ , descoperind că  $r$  crește atunci când  $i$  crește. Până unde poate crește  $r$ ?

Există un unghi de incidență, specific fiecărei perechi de medii (de exemplu, plexiglas / aer), numit **unghi limită**, notat  $I$ , pentru care lumina nu se mai refractă, nu mai trece în mediul al doilea. În acest caz,  $r = 90^\circ$ . Pentru unghiuri de incidență mai mari decât unghiul limită, **toată** lumina se întoarce în mediul din care a provenit. Acesta este fenomenul de **reflexie totală**.



**OBSERVAȚIE:** În cazul unui corp scufundat în apă, există o zonă spațială în exteriorul apei în care razele pornite de la obiect, nu ajung. Astfel, obiectul este invizibil pentru cineva aflat în acea zonă spațială.

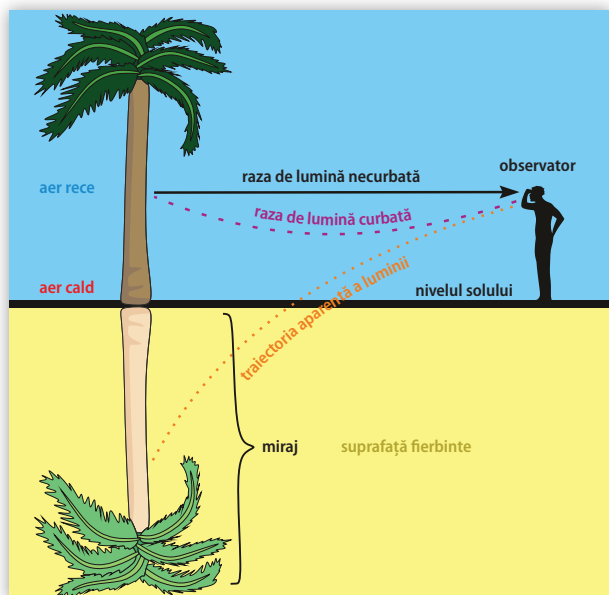
### EXPERIMENT 1 Observarea reflexiei totale

Așezați un pahar gol peste o monedă. Privind dintr-o parte laterală a paharului, nu de sus, puteți vedea moneda de sub pahar. Umpleți apoi paharul cu apă și observați dacă, privind din aceeași poziție, mai puteți vedea moneda. Cum se explică?



### CONCLUZIE

În acest caz apare fenomenul de reflexie totală.



Mirajul optic – numit uneori „fata morgana” – se explică luând în considerare fenomenul de **reflexie totală**. Aerul cald – cel apropiat de șoseaua încinsă ori de suprafața deșertului, fiind mai rarefiat decât cel rece, este și mai puțin dens optic și atunci razele de lumină, parcurgând mai întâi straturile mai reci, se refractă prin straturi din ce în ce mai puțin refringente. Există un strat pe care lumina cade după unghiul limită. Se produce reflexie totală și vom vedea imaginile corpurilor ca în oglindă.

Apa pe care ni se pare că o vedem în situațiile prezentate este, de fapt, o imagine a cerului din depărtare.

### 3.3.4. Extindere: Legile refracției. Indicele de refracție



Care sunt legile care guvernează refracția luminii?

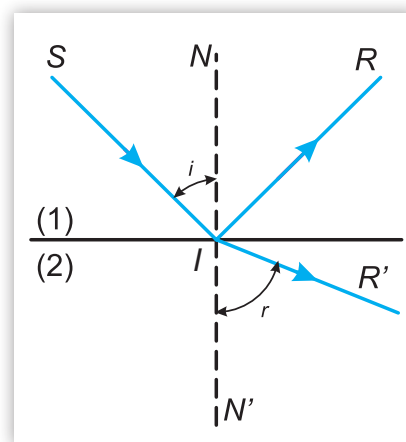


#### Să ne amintim!

La trecerea dintr-un mediu transparent (1), în alt mediu transparent (2), lumina își schimbă brusc direcția de propagare la suprafața de separare dintre medii: suferă fenomenul de **refracție**.

În funcție de indicii de refracție ai celor două medii, raza refractată se apropie sau se depărtează de normală.

Dacă  $n_1 > n_2$ , atunci  $i < r$  și poate avea loc reflexia totală.



#### EXPERIMENT 1 Verificarea legilor refracției luminii

##### Materiale necesare

- disc optic
- piesă de plexiglas semicilindrică
- laser sau lampă cu fantă

##### Mod de lucru

- ▶ Reluăm experimentul din lecția „Refracția luminii” (v. pag. 103), trimițând fascicule subțiri de lumină pe fața plană a piesei de plexiglas, la diferite unghiuri de incidență.
- ▶ Identificăm razele  $SI$ ,  $IR$  și normala la suprafața de separare dintre aer și plexiglas,  $IN$ .
- ▶ Măsurăm unghiurile  $i$  și  $r$ , efectuând cel puțin cinci seturi de determinări; calculăm valorile  $\sin i$  și  $\sin r$ , apoi raportul  $\sin i / \sin r$ . Un exemplu de rezultate apare în tabelul alăturat.



Nr. crt.	$i$	$\sin i$	$r$	$\sin r$	$\sin i / \sin r$
1.	10°	0,17	6,8°	0,11	1,54
2.	20°	0,34	13,4°	0,23	1,47
3.	30°	0,5	19,5°	0,33	1,51
4.	40°	0,64	25,0°	0,42	1,52
5.	50°	0,76	30,8°	0,51	1,49

- ▶ Modificăm unghiul de incidență pe fața plană până când la fața semicilindrică se obține reflexie totală. Măsurăm unghiul de incidență pe fața semicilindrică pentru care unghiul de refracție ajunge la 90°.

1. Calculați valoarea raportului  $\sin i / \sin r$  în cazul fiecărei determinări experimentale. Determinați valoarea medie și indicați sursele de erori.

2. La trecerea din plexiglas în aer, care este valoarea unghiului de incidență pentru care unghiul de refracție ajunge la 90°?

#### CONCLUZII

1. Raza incidentă, raza refractată și normala în punctul de incidență se găsesc în același plan.
2. Raportul  $\frac{\sin i}{\sin r}$  este foarte apropiat de indicele de refracție absolut al plexiglasului.
3. Unghiul limită are valoarea de aproximativ 42°.
4. Datele nu pot fi exacte. Apar erori la citirea unghiurilor, la poziționarea exactă a sursei și la paralelismul fasciculului incident cu suprafața discului etc.

**DE REȚINUT**

Efectuând experimentul cu diferite perechi de medii transparente se observă că, în fiecare caz, raportul  $\sin i / \sin r$  are o anumită valoare, constantă. Această valoare coincide cu indicele de refracție relativ  $n_{21}$  al mediului 2, cel prin care trece raza refractată, în raport cu mediul 1, cel din care vine lumina incidentă.

Putem enunța acum legile refracției, stabilite de W. Snell (1580–1626) și R. Descartes (1596–1650):

**Legea I a refracției:**

Raza de lumină incidentă, normala la suprafața de separare și raza refractată sunt coplanare.

**Legea a II-a a refracției:**

Raportul dintre sinusul unghiului de incidență și sinusul unghiului de refracție este egal cu indicele de refracție relativ al mediului al doilea față de primul:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$$

relație care se mai poate scrie:  $n_1 \cdot \sin i = n_2 \cdot \sin r$

unde  $n_1$  = indicele de refracție absolut al mediului 1

$n_2$  = indicele de refracție absolut al mediului 2.

Cum  $n = c/v$ , unde  $c$  = viteza luminii în vid, iar  $v$  = viteza luminii în mediul respectiv, legea refracției se mai poate scrie:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\frac{c}{v_2}}{\frac{c}{v_1}} = \frac{v_1}{v_2} = n_{21}.$$

**OBSERVAȚIE:** În cazul **reflexiei totale**:  $i = l$  și  $r = 90^\circ$ , iar legea a II-a a refracției este acum:

$$n_1 \cdot \sin l = n_2 \cdot \sin 90^\circ,$$

așadar  $\sin l = \frac{n_2}{n_1}$

Dacă lumina se propagă dintr-un mediu mai refringent în aer atunci:  $n_2 = 1$ , iar pentru primul mediu notăm  $n_1 = n$ . Legea a II-a a refracției devine:  $\sin l = \frac{1}{n}$ .

Astfel, se explică de ce unghiul limită este  $l \approx 42^\circ$  în cazul plexiglasului, așa cum a rezultat și experimental. Se cunoaște  $n = 1,49$  pentru plexiglas =>

$$l = \arcsin \frac{1}{1,49} \approx \arcsin 0,67 = 42^\circ.$$



Lumina respectă două legi ale refracției:

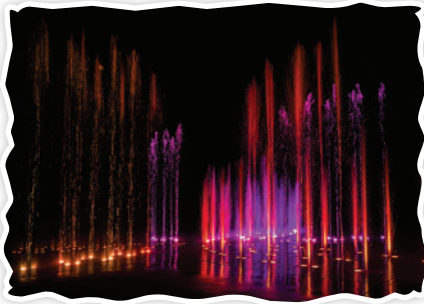
1. Razele incidentă și refractată sunt coplanare cu normala la suprafață.
2.  $n_1 \cdot \sin i = n_2 \cdot \sin r$ .

### 3.3.5. Aplicații practice: fibra optică, prisma cu reflexie totală

Utilizăm deja internet prin fibră optică, bucurându-ne de ratele mari de transfer față de alte tipuri de conexiuni și de vitezele mari de download și upload.

Știm că la endoscopii sau la alte analize medicale sunt folosite fibre optice și astfel pot fi vizualizate zone ale corpului la care nu s-ar fi ajuns decât chirurgical.





Ne bucurăm de fântânile luminoase din centrele orașelor mari, admirând jocul apei colorate în noapte. Avem grijă să utilizăm măcar „ochi de pisică” (catadioptri) atunci când ne urcăm pe bicicletă seara.



? Oare ce au în comun toate acestea?



### DE REȚINUT

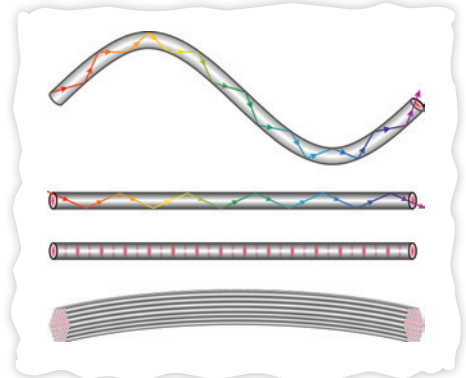
**Reflexia totală** este un fenomen foarte des întâlnit, atât în natură, cât și în aplicațiile tehnologice.

Se cunoaște faptul că, în cazul reflexiei totale, lumina se întoarce în mediul transparent din care a venit, iar refracția luminii din mediul mai refringent în mediul mai puțin refringent nu se mai produce.

**Fibra optică** este un tub subțire de sticlă sau plastic pe pereții căruia se reflectă total lumina. În acest fel se poate „transporta” informație pe distanțe foarte mari și în cantități foarte mari.

Fibrele optice sunt folosite mult în telecomunicații, înlocuind cu succes cablurile de metal.

Domeniile cele mai importante de utilizare a fibrelor optice sunt: internetul, emisiile de radio și televiziune, medicina, domeniul militar.



### Prisma cu reflexie totală

Ați descoperit într-o lecție anterioară că unghiul limită în cazul sticlei optice este  $l = 42^\circ$ .

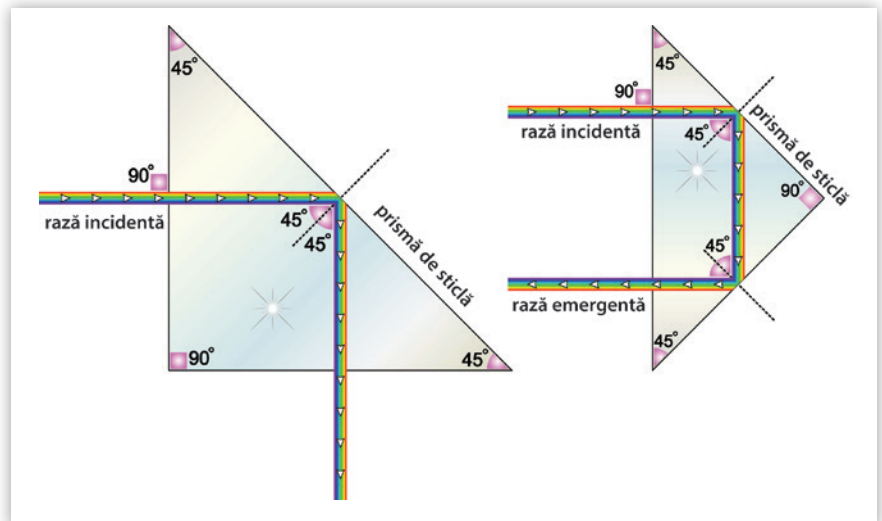
Considerăm o prismă optică având măsura unghiului diedru care constituie unghiul prisme egală cu  $90^\circ$ .

Un fascicul de lumină incident normal pe una dintre suprafețele prisme se va reflecta total, ca în figura alăturată.

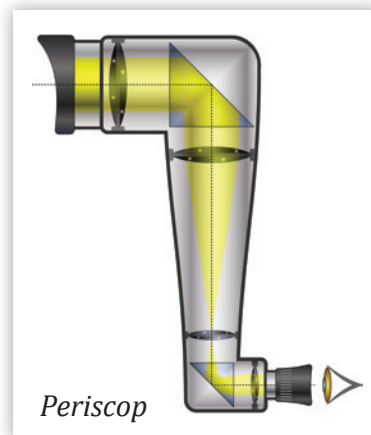
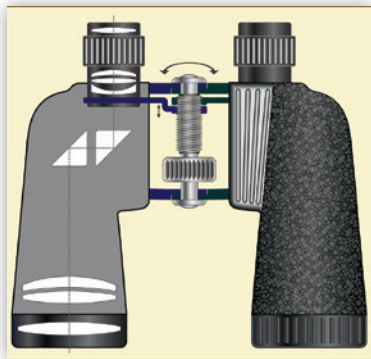
Acest lucru se întâmplă pentru că, după o primă refracție cu unghiurile  $i = r = 0$ , trecând așadar perpendicular pe suprafață din aer în sticlă, lumina ajunge pe a doua suprafață de separare la un unghi de  $45^\circ$ .

Cum  $l < 45^\circ$ , condiția pentru reflexie totală este realizată.

Lumina își va schimba direcția cu  $90^\circ$ , sau se va întoarce pe aceeași direcție.



Pe acest principiu funcționează periscopele, catadioptrii, binoclul cu prisme și alte instrumente optice.



Periscop



**Reflexia totală** este un fenomen foarte important, pe care se bazează o multitudine de aplicații practice. **Fibra optică** și **prisma cu reflexie totală** s-au dovedit a fi extrem de utile în construcția diferitelor dispozitive necesare sporirii calității vieții noastre.

## 3.4. Lentile subțiri

### 3.4.1. Identificarea experimentală a tipurilor de lentile

Lentilele au fost folosite de oameni de mii de ani. Cu siguranță aveți prieteni care poartă ochelari! Aparatele de fotografiat sunt o pasiune pentru unii dintre voi și lentilele obiectivului dau calitate fotografiilor. Până și în buzunar aveți lentile, dacă acolo țineți telefonul mobil.



? Ce poți realiza cu o lentilă?

**DEFINIȚIE:** Un mediu transparent și omogen, mărginit de două suprafețe sferice sau de o suprafață sferică și una plană, constituie o **lentilă**.



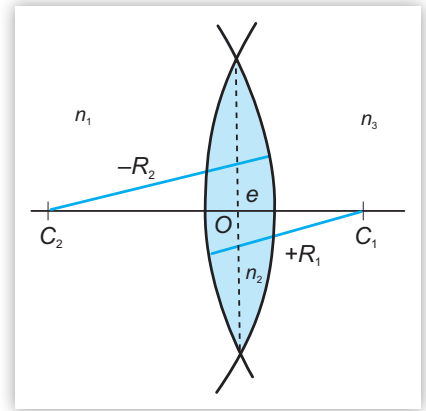
#### OBSERVAȚII:

- De obicei, lentila este confecționată din sticlă, iar mediul exterior este aerul. Există însă cazuri când lentila este, de exemplu, un gol de aer într-o substanță gelatinoasă transparentă.
- **Mediul omogen** este mediul care are aceleași proprietăți în orice punct al său.
- Suprafețele de separare provin din forme sferice (suprafața plană se poate considera ca făcând parte dintr-o sferă cu raza foarte, foarte mare).

Pentru a putea studia lentila, este necesar să luăm în considerare câteva **elemente** ale acesteia:

- **centrele de curbură** ale suprafețelor:  $C_1, C_2$
- **axa optică principală**:  $C_1C_2$
- **razele de curbură**:  $R_1, R_2$
- **indicele de refracție** al lentilei și, respectiv, al mediului exterior lentilei:  $n_1, n_2$
- **grosimea** lentilei:  $e$
- **centrul** lentilei:  $O$

În lecțiile următoare, vom studia lentile având grosimea foarte mică în comparație cu razele de curbură. Acestea se numesc **lentile subțiri** și se reprezintă schematic (se simbolizează) prin segmente cu săgeți orientate.



### EXPERIMENT 1 Observarea imaginilor în lentile subțiri

#### Materiale necesare

- o lentilă din laborator, mai groasă pe mijloc decât la margine, pe care este inscripționat un număr în centimetri, cu un „+” în față (exemplu: + 16 cm)

#### Mod de lucru

- ▶ Plasați lentila între o fereastră luminată de la soare, în apropierea unui perete alb. Modificați poziția lentilei până când obțineți o imagine clară a ferestrei pe perete.
- ▶ Desenați schematic mersul razelor de lumină care vin de la fereastră, trec prin lentilă și ajung în imaginea obținută pe perete.
- ▶ Observați cum apare imaginea a ceea ce este în exteriorul clasei și este vizibil pe fereastră. Razele care vin de foarte departe sunt, practic, paralele, deci se poate considera că vin de la infinit. Ce se întâmplă cu ele la trecerea prin lentilă?

### CONCLUZIE

Imaginea unui obiect se poate observa pe un ecran; aceasta apare micșorată și răsturnată. Dacă se modifică, progresiv, distanța de la lentilă la perete, imaginea devine din ce în ce mai neclară, până când nu se mai distinge. Lentila din experiment este o **lentilă convergentă**, pentru că transformă un fascicul de raze paralele într-un fascicul de raze care se strâng într-un punct (fascicul convergent).



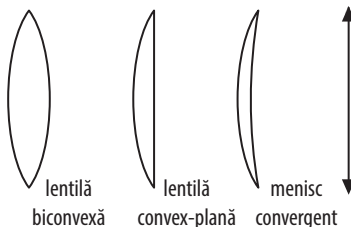
### DE REȚINUT

Lentilele pot fi clasificate în **lentile convergente** și **lentile divergente**.

- Lentilele convergente sunt, în general, lentile cu marginile subțiri.
- Lentilele divergente transformă un fascicul de raze care s-ar strânge într-un punct într-un fascicul de raze paralele; ele sunt, în general, lentile cu marginile mai groase decât zona centrală.

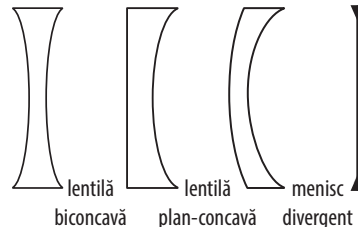
Formele posibile ale acestor tipuri de lentile și simbolurile acestora sunt redată în figura de mai jos:

#### LENTILE CONVERGENTE



simbolul  
lentilei  
convergente

#### LENTILE DIVERGENTE



simbolul  
lentilei  
divergente

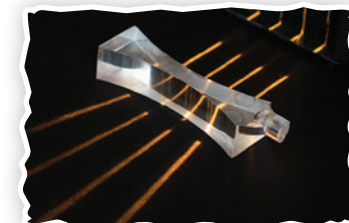
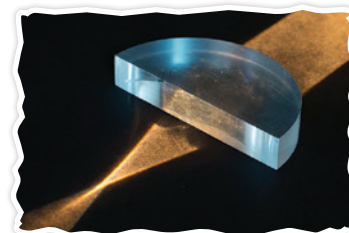


**EXPERIMENT 2 Formarea imaginilor în lentile subțiri****Materiale necesare**

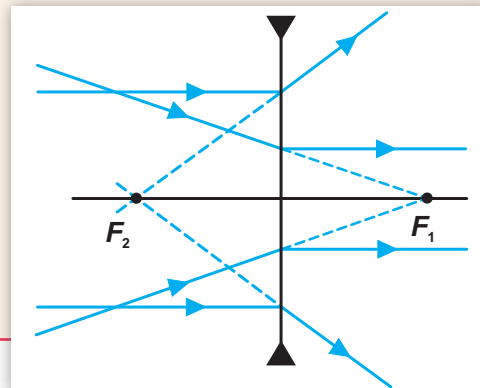
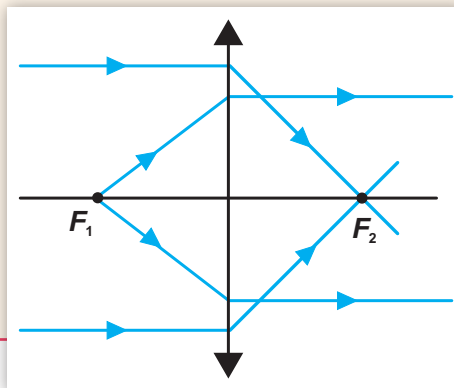
- lentilă convergentă
- sursă de lumină
- lentilă divergentă
- 3 sau 4 lanterne cu laser

**Mod de lucru**

- ▶ Luminăm cu ajutorul sursei de lumină lentila plan-convexă din trusa de laborator, ca în imagine.
- ▶ Ce se întâmplă cu fasciculul paralel de lumină?
- ▶ Luminăm cu mai multe fascicule laser paralele lentila biconcavă, ca în imagine.
- ▶ Ce se observă?

**CONCLUZIE**

Mersul razelor de lumină prin lentilele convergente este diferit față de mersul razelor de lumină prin lentilele divergente, ca în desenul alăturat:

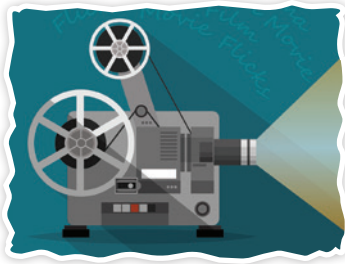


- 💡 – Lentila convergentă transformă un fascicul paralel într-un fascicul convergent. Un fascicul divergent care vine dintr-un anumit punct devine fascicul paralel după trecerea prin lentila convergentă.
- Lentila divergentă transformă un fascicul paralel într-un fascicul divergent. Un fascicul convergent care trece prin lentila divergentă poate deveni fascicul paralel.

### 3.4.2. Identificarea experimentală a caracteristicilor fizice ale lentilelor subțiri – focar, poziție imagine

Lentilele se utilizează în domenii foarte variate în viața de zi cu zi. Prin unele lentile sau sisteme de lentile privim pentru a vedea corpuri microscopice, iar prin altele, observăm obiecte foarte îndepărtate.





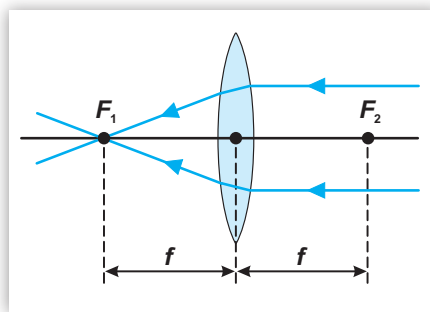
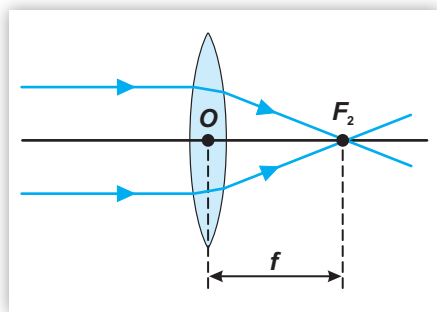
Există cazuri în care proiectăm lumină printr-un sistem de lentile pe un ecran și nu este necesar să privim prin vreo lentilă sau vreun aparat pentru a vedea imaginile respective.



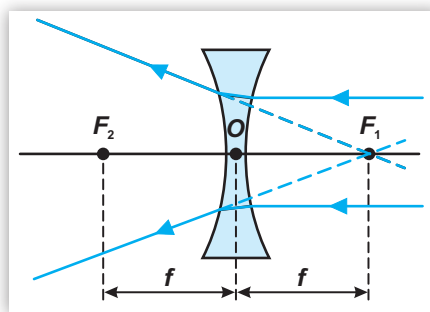
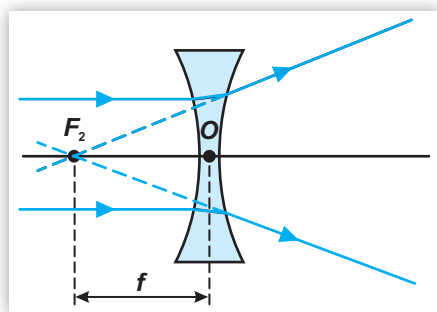
De ce putem utiliza lentilele în scopuri și în moduri atât de diferite?

Ați observat deja experimental că lentilele numite convergente (a) strâng un fascicul de lumină paralel cu axa optică într-un singur punct, iar cele numite divergente (b) împrăștie un astfel de fascicul.

**Cazul a)** Lentila convergentă – Punctul în care converg razele care sunt paralele cu axa optică principală,  $F_2$ , se numește **focar imagine** al lentilei convergente. Dacă fasciculul de raze paralele este incident din partea dreaptă a lentilei, atunci razele emergente converg într-un punct simetric față de lentilă,  $F_1$ , care se numește **focar obiect** al lentilei convergente. Dacă în  $F_1$  se așază o sursă punctiformă de lumină, razele care provin de la ea și traversează lentila vor forma un fascicul paralel cu axa optică principală. Focarele lentilei convergente sunt **reale**.



**Cazul b)** Pentru a obține **focarul imagine** al lentilei divergente, prelungim razele de lumină împrăștiate de lentilă, provenite dintr-un fascicul incident paralel cu axa optică principală. Acest focar,  $F_2$ , este situat în stânga lentilei. Îl numim și **focar virtual**, pentru că este obținut la intersecția prelungirilor razelor. Simetricul său față de lentilă se numește **focar obiect** al lentilei divergente, prin el trecând prelungirile razelor împrăștiate provenite de la un fascicul incident de la dreapta la stânga, paralel cu axa optică principală. Dacă în  $F_1$  se așază o sursă punctiformă de lumină, razele care provin de la ea și traversează lentila vor forma un fascicul paralel cu axa optică principală.



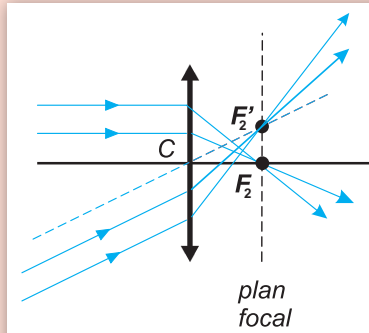
**DEFINIȚIE:** Distanța dintre centrul optic al lentilei și focar se numește **distanță focală** și se notează cu  $f$ .

#### DE APLICAT

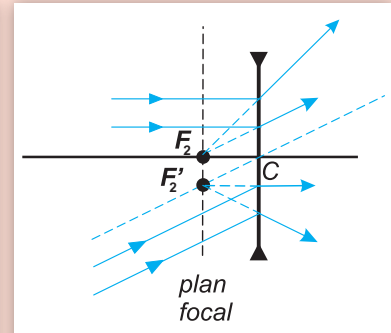
Desenați o lentilă divergentă, notați focarele ei obiect, respectiv, imagine și explicați mersul razelor care trec prin focarul obiect al lentilei.

## PENTRU CURIOSI

Există și alte focare ale lentilei, numite **focare secundare**, în care se strâng razele de lumină provenite din fascicule paralele ce formează unghiuri mici cu axa optică principală. Aceste focare se află într-un plan perpendicular pe axa optică principală a lentilei, numit **plan focal**.



lentilă convergentă – focare reale



lentilă divergentă – focare virtuale



## EXPERIMENT 1 Formarea imaginilor prin lentile subțiri

## Materiale necesare

- lentilă convergentă
- lentilă divergentă
- banc optic
- lumânare
- chibrit
- ecran
- stativ

## Mod de lucru

- ▶ Așază pe aceeași direcție, de preferat folosind un banc optic, lumânarea aprinsă, lentila convergentă și ecranul. În loc de ecran, se poate folosi un perete alb, vertical.
- ▶ Ai grijă ca lumina lumânării și centrul lentilei să fie pe aceeași dreaptă, paralelă cu masa de lucru. În acest mod vei realiza ceea ce se numește sistem optic centrat.
- ▶ Schimbă pozițiile lumânării și ale lentilei de mai multe ori, până când obții imaginea clară a lumânării pe ecran.



- ▶ Înlocuiește lentila convergentă cu una divergentă, modifică pozițiile lentilei și ale lumânării. Privește ecranul, apoi privește în lentilă.
- ▶ Cum este orientată imaginea lumânării față de obiect (adică față de lumânare)?
- ▶ Reușești să prinzi imaginea pe ecran pentru mai multe poziții ale lumânării față de lentilă?
- ▶ Cum este mărimea imaginii (înălțimea imaginii lumânării) față de mărimea obiectului (înălțimea lumânării)?
- ▶ Ce se întâmplă când înlocuiești lentila convergentă cu cea divergentă?

## CONCLUZII

- În cazul lentilei convergente, se obține o imagine pe ecran. Spunem că imaginea este **reală**; fiecare punct al obiectului are un corespondent în imagine. Când desenăm mersul razelor pentru această situație, imaginea se obține la intersecția razelor refractate.
- Imaginea de pe ecran este **răsturnată**: o lumânare cu flacăra în jos.
- Modificând distanțele dintre lumânare și lentilă ( $x_1$ ), lentilă și ecran ( $x_2$ ), se obține, în anumite cazuri, o imagine clară a lumânării. Există o **poziționare** pentru care **imaginea este mai mică decât obiectul**, una pentru care **imaginea este egală cu obiectul** și una pentru care **imaginea este mai mare decât obiectul**.
- Când se înlocuiește lentila convergentă cu una divergentă, este imposibil să prindem imagine pe ecran. Putem doar să privim prin lentilă și vom putea vedea obiectul micșorat.

**DE REȚINUT**

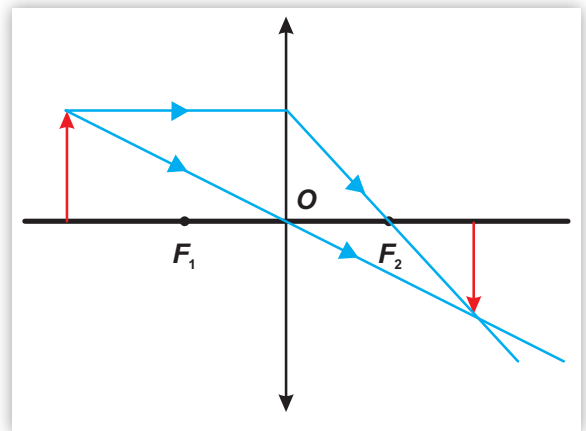
Într-un desen schematic al lentilei subțiri convergente, cu centrul optic  $O$ , ca în desenul de mai jos, reprezentăm obiectul printr-o săgeată perpendiculară pe axa optică principală, orientată în sus, ca în figura de mai jos. Notăm – pe axa optică principală – **poziția obiectului față de lentilă** cu  $x_1$ , iar **poziția imaginii față de lentilă** cu  $x_2$ .

Notăm **dimensiunea liniară transversală a obiectului** (înălțimea) cu  $y_1$ , iar **dimensiunea liniară transversală a imaginii** cu  $y_2$ .

Când descriem o imagine a unui obiect printr-o lentilă, trebuie să precizăm dacă aceasta este:

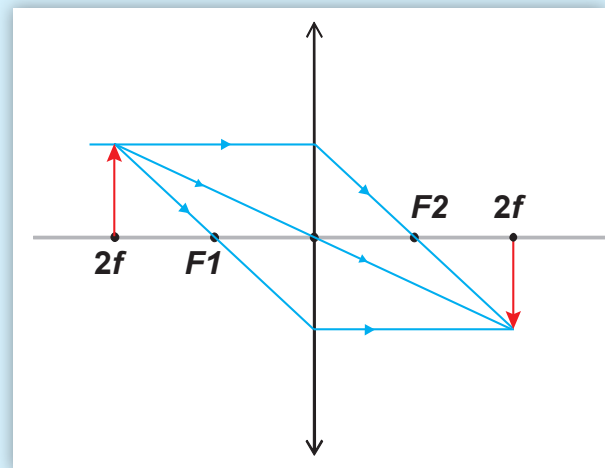
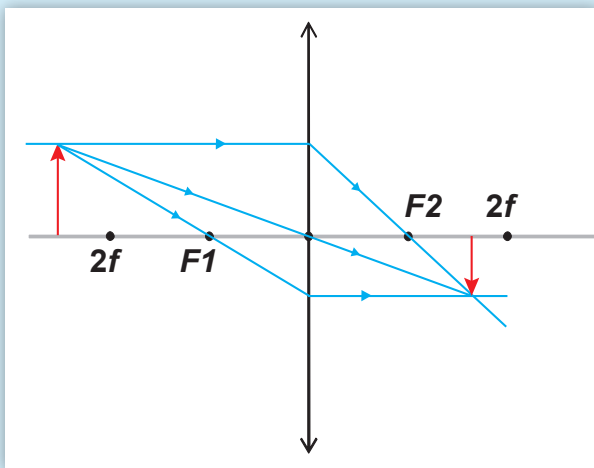
- reală sau virtuală;
- dreaptă sau răsturnată;
- mai mică, egală sau mai mare decât obiectul.

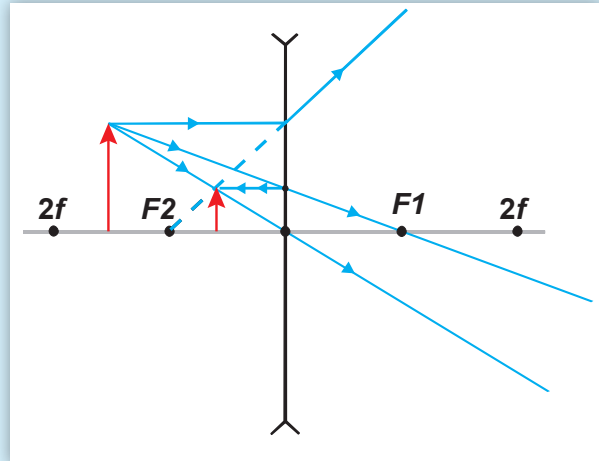
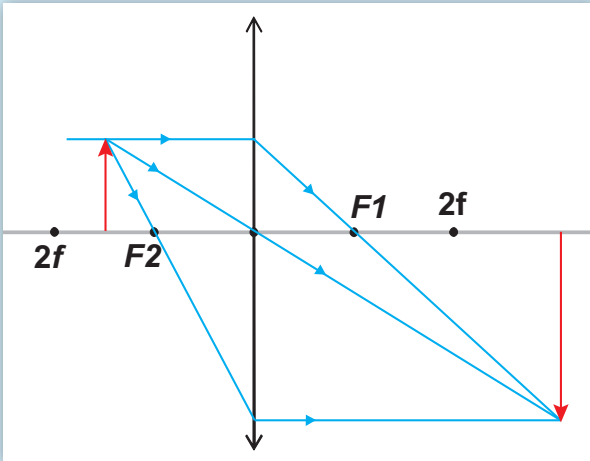
De exemplu, în figura alăturată, imaginea este reală, răsturnată și mai mică decât obiectul.



În funcție de pozițiile relative obiect-lentilă, lentilă-ecran și de tipul lentilei, imaginile obținute pot avea următoarele caracteristici:

lentila	imagine	orientare	mărime față de obiect
convergentă	reală	răsturnată	mai mică, mai mare, egală
	virtuală	dreaptă	mai mare
divergentă	virtuală	dreaptă	mai mică





### 3.4.3. Construcția geometrică a imaginilor prin lentile subțiri

Dacă dorim să vedem mărit ceea ce citim, apropiem de pagina cărții o lentilă convergentă puternică din punct de vedere optic (o lupă). Nu vom observa imaginea pe un ecran, ci o vom observa cu ajutorul ochilor, mult mărită.



**Karl Friedrich Gauss** (1777–1855), mare matematician, fizician, astronom și geodez german, a rămas celebru pentru contribuțiile sale în domeniile integralelor multiple, magnetismului, opticii și pentru sistemul de unități care-i poartă numele. El a scris 404 lucrări științifice, dintre care doar 178 au fost publicate. În domeniul fenomenelor optice, a publicat în 1841 studiul *Dioptrische Untersuchungen* (*Investigații dioptrice*).



? Cum se formează imaginile prin lentilă?

#### DE REȚINUT

Pentru a construi imagini ale obiectelor prin lentile, trebuie respectate câteva principii.

- **Stigmatismul Gauss:** Fiecărui punct al obiectului (numit **punct-obiect**) îi corespunde un punct al imaginii (numit **punct-imagine**). Cele două puncte se numesc **puncte conjugate**. Imaginea obținută este clară și se numește **imagine stigmatică**.

Această presupunere este o idealizare, pentru că în practică fiecărui punct-obiect îi corespunde în imagine o pată. Potrivit lui Gauss, imaginile realizate de fascicule înguste, din imediata apropiere a axei optice și formând unghiuri mici cu axa optică, sunt imagini suficient de stigmatice. Fasciculele acestea se numesc **fascicule paraxiale**.



• În general, obiectul ( $AB$ ) este așezat pe axa optică principală în stânga lentilei și este **real**, razele de lumină ieșind din fiecare punct al obiectului în toate direcțiile și refractându-se prin lentilă.

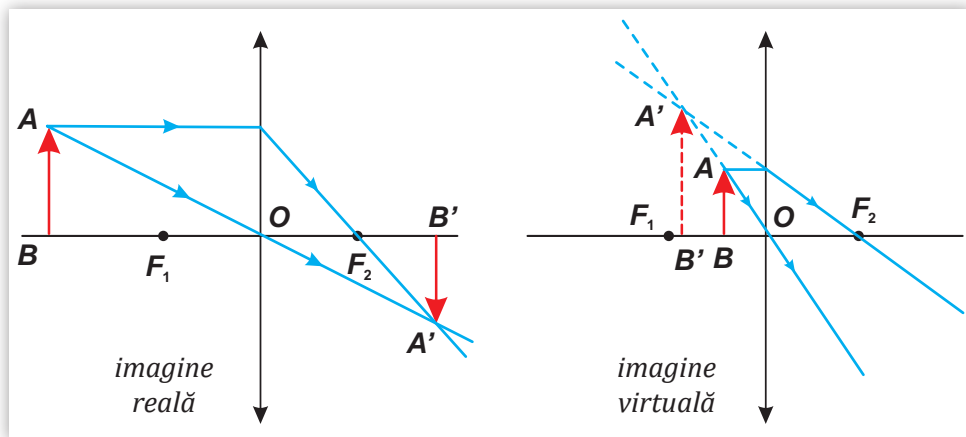
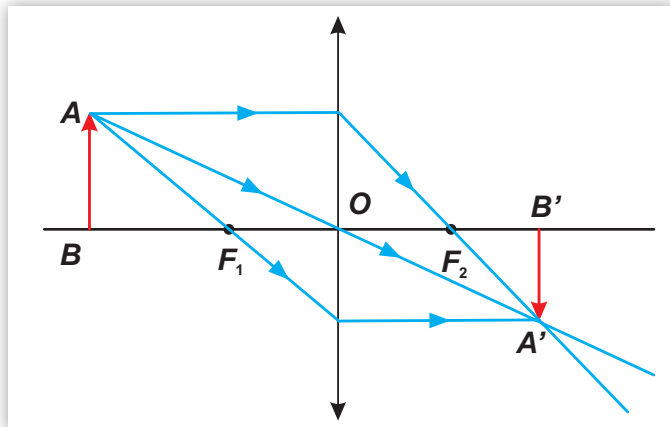
• Alegem razele pentru construirea punctului-imaginii astfel:

- raza care atinge lentila paralel cu axa optică principală se refractă prin focarul imagine,  $F_2$ .
- raza care trece prin centrul lentilei este nedeviată.
- raza care trece prin focarul obiect,  $F_1$ , se refractă paralel cu axa optică principală.

Sunt suficiente două dintre aceste raze pentru a determina imaginea unui punct.

• Odată trasate razele, se determină dacă imaginea este reală sau virtuală:

- dacă razele care pleacă din punctul  $A$  se intersectează efectiv în punctul  $A'$ , atunci  $A'$  este o imagine reală (se poate capta pe un ecran);
- dacă punctul-imaginii se obține intersectând cel puțin o prelungire a unei raze cu cea de-a doua rază, atunci imaginea este virtuală (o putem vedea prin lentilă).



Utilizând câte două raze care sunt incidente prin punctele obiect, putem construi punctele imaginii corespunzătoare.

### Lentilă convergentă

Obiectul	Poziția obiectului (față de lentilă)	Imaginea	Poziția imaginii	Construcția imaginii
real	mai departe de punctul situat la distanța $2f$	reală, răsturnată, mai mică decât obiectul	între $F_2$ și punctul situat la distanța $2f$	

real	în punctul situat la distanța $2f$ în fața lentilei	reală, răsturnată, egală cu obiectul	în punctul situat la distanța $2f$ în spatele lentilei	
real	între punctul situat la distanța $2f$ și $F_1$	reală, răsturnată, mai mare decât obiectul	mai departe de punctul situat la distanța $2f$ în spatele lentilei	
real	în $F_1$	-	la infinit	
real	între $F_1$ și $O$	virtuală, dreaptă, mai mare decât obiectul	în stânga lentilei	



### Lentilă divergentă

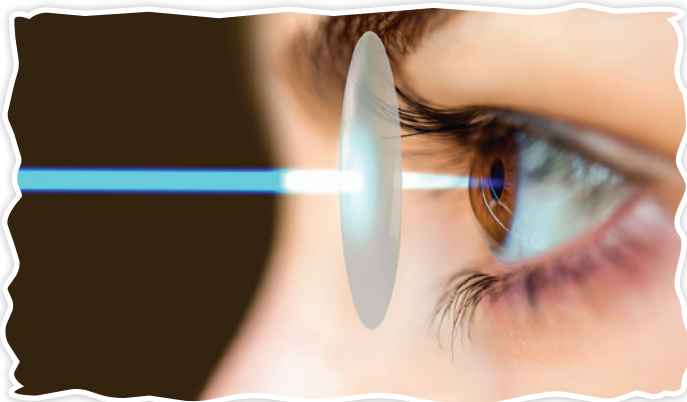
Obiectul	Poziția obiectului (față de lentilă)	Imaginea	Poziția imaginii	Construcția imaginii
real	oriunde, în stânga lui $F_2$	virtuală, dreaptă, mai mică decât obiectul	între $O$ și $F_2$	



real	în $F_2$	virtuală, dreaptă, mai mică decât obiectul	între $O$ și $F_2$	
real	între $F_2$ și $O$	virtuală, dreaptă, mai mică decât obiectul	între $O$ și $F_2$	

### 3.4.4. Extindere: Determinarea formulelor lentilelor subțiri

Pozițiile lentilei față de ochi sau față de ecran și față de obiectul de studiat se află într-o relație matematică exactă cu distanța focală a lentilei. De aceea, oamenii de știință știu ce fel de lentile să utilizeze într-un caz sau în altul.



Cum aflăm unde se găsește și ce caracteristici are imaginea unui obiect într-o lentilă?

Considerăm o lentilă convergentă prin care construim imaginea unui corp liniar,  $AB$ , așezat perpendicular pe axa optică a lentilei, la distanță mai mare decât distanța focală a acesteia. Din punctul  $A$  ducem o rază paralelă cu axa optică, una care trece prin centrul lentilei și una care trece prin focarul obiect. Ele se vor întâlni în punctul  $A'$ . Putem studia acum triunghiurile asemenea formate:  $\Delta ABF_1 \sim \Delta F_1ON$  și  $\Delta MOF_2 \sim \Delta F_2B'A'$ , unde am notat cu  $M$  și  $N$  punctele de intersecție dintre prima și a treia rază cu lentila.

Scriem rapoartele de asemănare:  $\frac{AB}{ON} = \frac{BF_1}{F_1O}$  și  $\frac{MO}{A'B'} = \frac{OF_2}{F_2B'}$

Observăm că  $MO = AB$ ,  $ON = A'B'$  și  $F_1O = OF_2 = f$ , unde  $f$  reprezintă distanța focală (în modul) a lentilei.



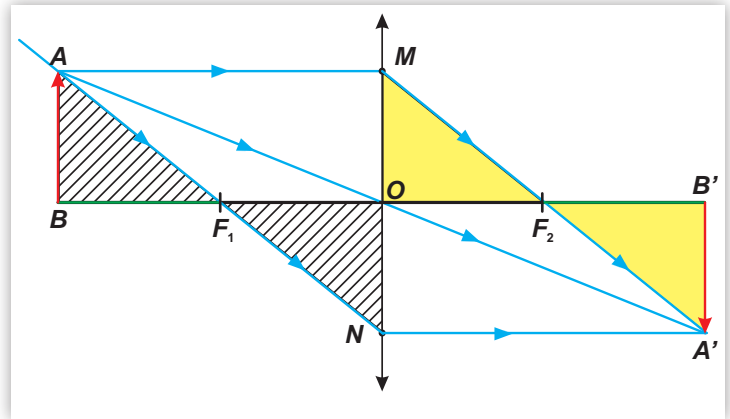
Astfel, relațiile de mai sus devin:

$$\frac{AB}{A'B'} = \frac{BF_1}{f} = \frac{f}{F_2B'}$$

Aplicând proprietatea fundamentală a proporțiilor, obținem relația dintre punctele conjugate, numită și **legea lentilelor subțiri**:

$$BF_1 \cdot F_2B' = f^2$$

Produsul distanțelor de la obiect la focarul obiect și de la imagine la focarul imagine este egal cu pătratul distanței focale a lentilei.



### OBSERVAȚII:

- Legea lentilelor este valabilă și pentru lentile divergente și, în general, pentru orice alte poziționări ale obiectului față de lentilă.
- Legea lentilelor subțiri se poate scrie punând în evidență distanțele dintre obiect și lentilă ( $BO$ ), respectiv, dintre imagine și lentilă ( $OB'$ ), pentru că:  $BF_1 = BO - f$  și  $F_2B' = OB' - f$ .

$$(BO - f) \cdot (OB' - f) = f^2$$

După efectuarea calculelor rezultă, în final:  $\frac{1}{OB'} + \frac{1}{BO} = \frac{1}{f}$  (1)

Pentru ca această relație să poată fi utilizată indiferent de tipul lentilei sau de poziția obiectului față de aceasta, se utilizează o relație care ține cont de poziția obiectului,  $x_1$ , respectiv a imaginii obținute  $x_2$ .

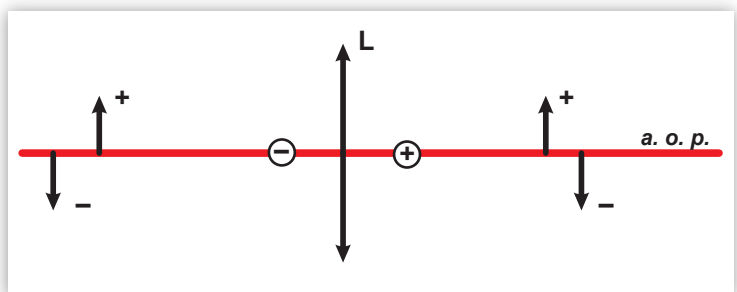
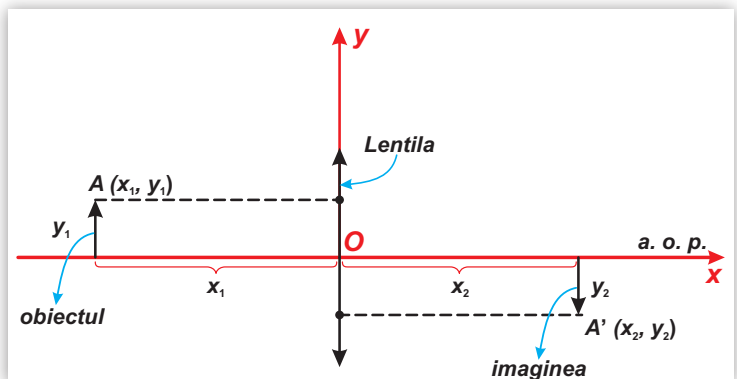
### Convenții de semne

Să ne imaginăm că lentila și axa optică principală au fost desenate suprapuse peste un sistem de axe de coordonate:  $xOy$ . În acest fel, punctele conjugate (punctul-obiect și punctul-imagine) vor avea coordonate pozitive sau negative, în funcție de poziția lor față de lentilă, sau de poziția față de axa optică principală (pe axa  $Oy$ ). Sensul pozitiv al axei  $Ox$  coincide cu sensul de propagare a razelor de lumină.

**Poziția** ( $x_1$  sau  $x_2$ ) va fi considerată **număr negativ** dacă obiectul sau imaginea se găsesc la **stânga lentilei** și, respectiv, **număr pozitiv**, dacă acestea se găsesc la **dreapta lentilei**. Înălțimile (dimensiunile liniare transversale) obiectului ( $y_1$ ) și, respectiv, imaginii ( $y_2$ ) vor fi considerate **numere pozitive** dacă se măsoară deasupra axei optice principale, respectiv **numere negative** dacă se măsoară sub axa optică principală.

Distanța focală se consideră:

- **pozitivă** ( $f > 0$ ) în cazul lentilelor **convergente**;
- **negativă** ( $f < 0$ ) în cazul lentilelor **divergente**.



**DEFINIȚIE:** Convergența unei lentile subțiri,  $C$ , este mărimea fizică numeric egală cu inversul distanței focale.

$$C = \frac{1}{f}$$

Unitatea de măsură a convergenței în SI este dioptria; simbolul acesteia este  $\delta$ :

$$[C]_{SI} = m^{-1} = \delta$$

O lentilă convergentă are  $C > 0$ , iar una divergentă are  $C < 0$ .

### DE REȚINUT

**Relația fundamentală a lentilelor subțiri** se obține rescriind relația (1) ținând cont de convenția semnelor. Cum segmentele de dreaptă  $OB'$  și  $BO$  sunt pozitive  $\Rightarrow BO = -x_1$ ;  $OB' = x_2$ .

$$\frac{1}{x_2} - \frac{1}{x_1} = \frac{1}{f}$$

### DE APLICAT

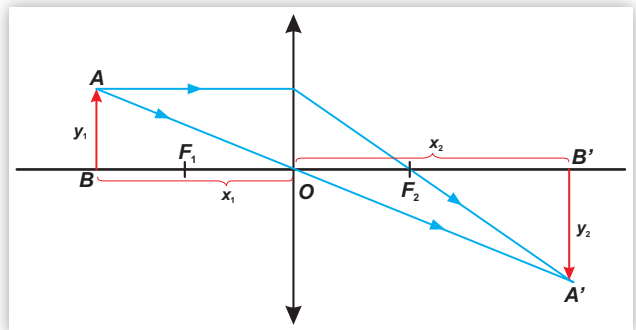
Paul efectuează o lucrare de laborator în care doarește să măsoare convergența unei lentile. El așază pe bancul optic sursa de lumină – prevăzută cu o fantă –, lentila și ecranul și reușește să prindă imaginea clară a fantei pe ecran la 30 cm față de lentilă, fanta fiind situată la 20 cm de lentilă. Ce rezultat obține Paul în urma prelucrării datelor?

Mai întâi, Paul identifică mărimile măsurate, ținând cont de semnele acestora:  $x_2 = 30$  cm, respectiv  $x_1 = -20$  cm.

Din relația fundamentală a lentilelor subțiri,  $\frac{1}{x_2} - \frac{1}{x_1} = \frac{1}{f}$ , rezultă:  $\frac{x_1 - x_2}{x_1 x_2} = \frac{1}{f}$

Cum  $C = \frac{1}{f}$ , Paul poate calcula convergența  $C = \frac{-20 \text{ cm} - 30 \text{ cm}}{-20 \text{ cm} \cdot 30 \text{ cm}} = \frac{-50}{-600} \text{ cm}^{-1} = \frac{1}{12 \text{ cm}} = \frac{100}{12 \text{ m}} \cong 8,33 \delta$ .

Paul observă acum că distanța focală este  $f = 12$  cm, pozitivă, așa cum se aștepta, căci captase imaginea obiectului pe ecran.



**DEFINIȚIE:** Mărirea liniară transversală, notată  $\beta$ , este mărimea fizică egală numeric cu raportul dintre înălțimea imaginii și înălțimea obiectului.

Ținând cont de convenția de semne:  $\beta = \frac{y_2}{y_1}$

### DE REȚINUT

- Dacă  $\beta > 0$ , atunci imaginea este dreaptă. În cazul  $\beta < 0$ , imaginea este răsturnată.
- $|\beta| > 1$  înseamnă că înălțimea imaginii, în modul, este mai mare decât cea a obiectului, așadar imaginea este mărită.
- $|\beta| < 1$  înseamnă că imaginea este micșorată.
- Mărirea liniară transversală este o mărime fizică adimensională.



Dacă se cunosc distanța focală a lentilei,  $f$ , poziția obiectului față de lentilă,  $x_1$ , și dimensiunea liniară a obiectului,  $y_1$ , se pot determina poziția și caracteristicile imaginii cu ajutorul formulelor lentilelor subțiri:

$$\frac{1}{x_2} - \frac{1}{x_1} = \frac{1}{f} \text{ și } \beta = \frac{y_2}{y_1}$$

## 3.5. Instrumente optice

### 3.5.1. Ochiul uman



? Prin intermediul cărui organ de simț primim cele mai multe informații din mediul înconjurător?

Ochii sunt unele dintre cele mai complexe structuri din organismul nostru, reprezentând fereastra prin intermediul căreia vedem lumea înconjurătoare.

În componența ochiului uman intră pleoapele și genele care au rolul de protecție a ochilor. O membrană subțire și transparentă, denumită **conjunctivă**, căptușește interiorul pleoapelor și o parte din sclerotică. Lumina pătrunde în ochi printr-o membrană transparentă numită **corneea**. Aceasta este înconjurată de o zonă numită **sclerotică**. În spatele corneei se găsește **irisul**, un disc colorat cu caracter unic pentru fiecare individ. Între corneea și iris există un lichid numit **umoare apoasă**. Irisul este perforat în centru de un orificiu de culoare neagră, denumit **pupilă**.

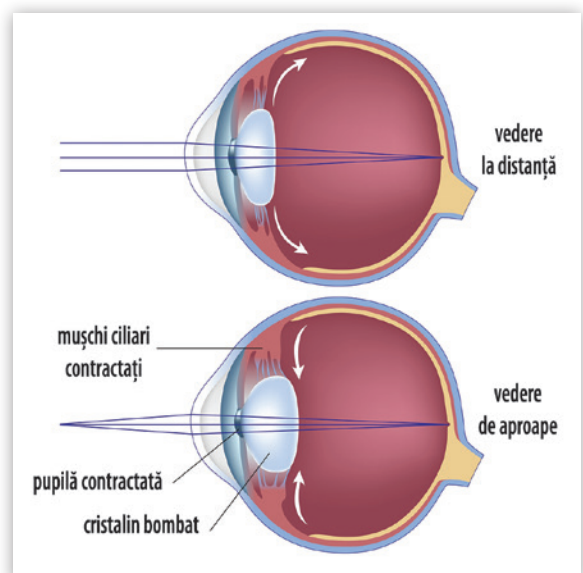
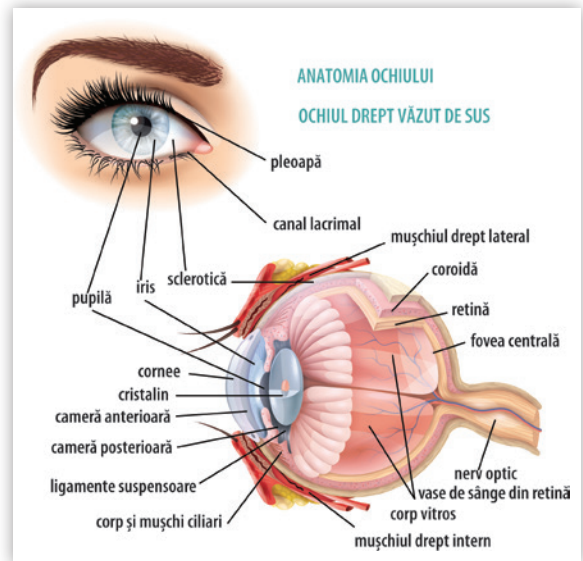
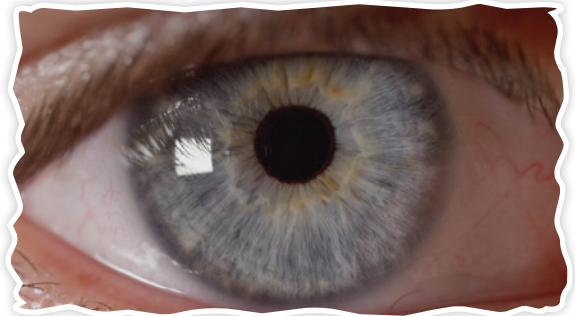
Pentru ca ochiul să nu fie agreat, atunci când lumina este foarte puternică, pupila se contractă, micșorându-se, iar când este întuneric, ea se mărește. În continuare, lumina traversează **cristalinul**, acesta având funcția de lentilă biconvexă, apoi umoarea sticloasă, pentru ca în final imaginea să fie proiectată pe **retină**.

#### DE REȚINUT

Din punct de vedere al opticii geometrice, ochiul constituie un **sistem optic centrat** format din medii transparente: corneea, umoarea apoasă, cristalinul și umoarea vitroasă.

Pentru formarea imaginii clare a unui obiect este necesar ca fasciculul luminos care pătrunde în pupilă să fie focalizat de cristalin pe retină indiferent de distanța la care este situat obiectul. Această focalizare pe retină se realizează prin varierea distanței focale a cristalinului datorită modificării formei sale sub acțiunea mușchilor ciliari.

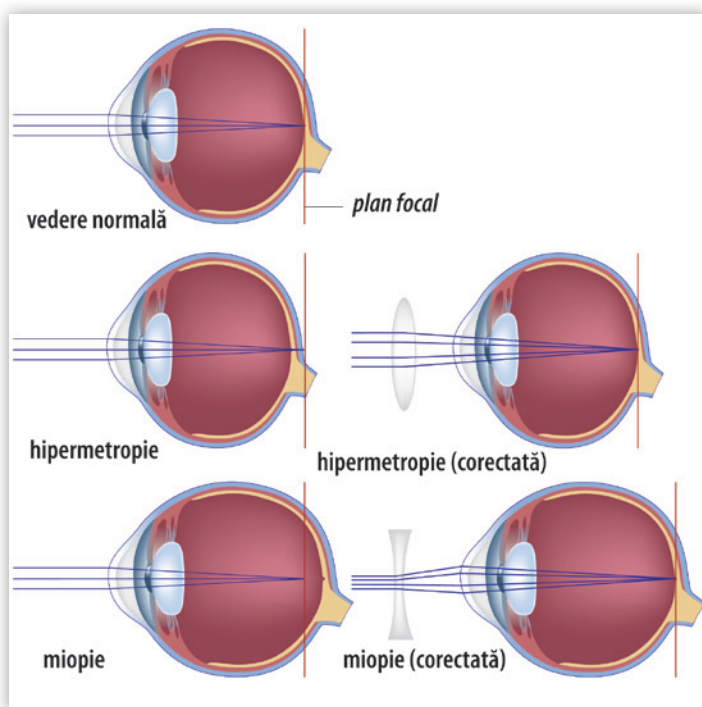
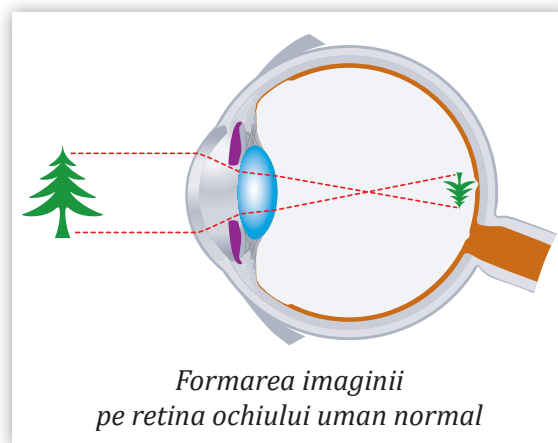
Pentru aceasta, cristalinul suferă un proces de **acomodare**. Atunci când privim un obiect îndepărtat, razele sale de curbura sunt mai mari, iar când privim un obiect apropiat, cristalinul se bombează, razele de curbura micșorându-se.



Distanța minimă dintre un obiect și ochiul uman normal pentru care vederea este clară și ochiul se simte confortabil crește odată cu vârsta, deoarece capacitatea de acomodare a cristalinului scade în timp.

Acomodarea cristalinului are două limite:

- **punctum remotum**, cel mai îndepărtat punct al vederii clare, corespunzător celei mai mari distanțe la care obiectele se văd clar fără acomodare și care, pentru ochiul normal, este la infinit, practic la peste 15 m;
- **punctum proximum** aflat la o distanță minimă care, pentru ochiul normal, este de 10–15 cm la tineri și de aproximativ 25 cm la adulți. Cu vârsta, în special după 40 de ani, capacitatea de acomodare a ochiului scade și apare prezbiopia.



Orice deviere de la vederea normală (emetro-pă) reprezintă un defect de vedere. Cele mai des întâlnite defecte de vedere ale ochiului uman sunt miopia și hipermetropia.

- **Miopia** este cel mai des întâlnit defect de vedere și apare de la naștere; deoarece globul ocular al ochiului miop este mai alungit decât cel al ochiului normal sau cristalinul este prea convergent, imaginea se formează în fața retinei. Pentru corectarea acestei deficiențe se folosesc lentile divergente.

- **Hipermetropia** apare deoarece globul ocular este turtit sau este mai mic decât cel al ochiului normal, iar imaginea se formează în acest caz în spatele retinei. Hipermetropia este corectată cu ajutorul lentilelor convergente.

- **Prezbiopia** apare datorită pierderii elasticității cristalinului. De aceea, se văd bine numai obiectele îndepărtate. Se corectează tot cu lentile convergente.



## APLICAȚII ÎN TEHNICĂ

### Ochelari de vedere și lentile de contact

Lentilele necesare pentru corecțiile defectelor de vedere pot fi montate în ochelari sau pot fi purtate ca lentile de contact. Ochelarii de vedere sunt, pentru mulți dintre noi, accesorii indispensabile. Numărul persoanelor care au nevoie de ochelari pentru corecția defectelor de vedere a crescut foarte mult în ultimii ani și continuă să crească.



Utilizarea lentilelor de contact prezintă o serie de avantaje: nu se aburesc dacă afară plouă sau ninge și nu limitează câmpul vizual. Dezavantajul lor constă în faptul că sunt mai costisitoare decât ochelarii și necesită manevrarea cu atenție și într-un mediu curat.

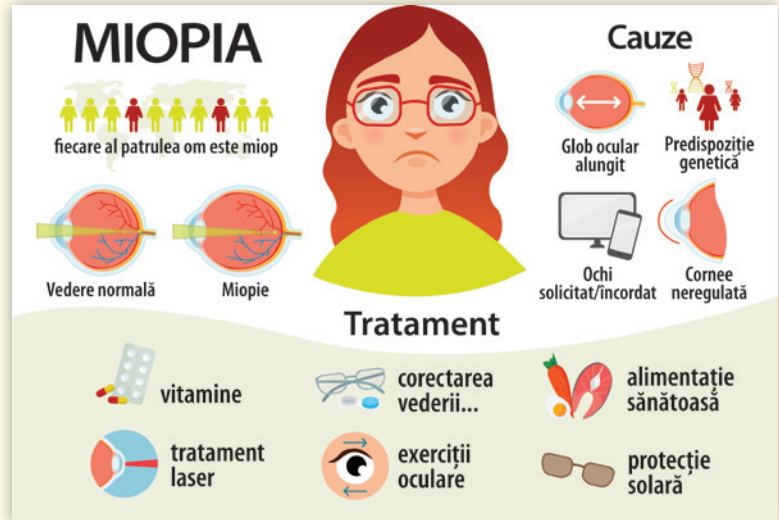




## TEMĂ DE PORTOFOLIU

### Miopia și tratamentul acesteia

Analizează imaginea alăturată. Pornind de la ideile prezentate, documentează-te utilizând surse internet și prezintă modalitățile prin care se poate trata miopia. Alcătuieste apoi o prezentare (eventual în format PowerPoint), a posibilităților de a reduce impactul acestui defect de vedere care afectează 25% din populație.



## PENTRU CURIOSI

1. Primii ochelari de vedere au fost realizați acum 700 de ani pentru a ajuta persoanele vârstnice să citească. Aceștia erau realizați din cuarț, care era fixat în os, metal sau piele. Deoarece ramele nu erau susținute de nimic cădeau mereu, fiind foarte incomozi. Spaniolii au avut ideea să le adauge panglici pentru a putea fi legați în jurul capului, dar această idee nu a fost prea bine primită.
2. Azi majoritatea lentilelor pentru ochelari sunt realizate din plastic și nu din sticlă pentru a fi mai ușoare și a reduce riscul de spargere atunci când cad.
3. Deși primele lentile purtate pe ochi datează încă din secolul al XIII-lea, lentilele de contact pe care le cunoaștem azi au fost realizate în 1949 și au fost utilizate pe scară largă abia în anii '70.

## Iluzii optice

Simțul uman al văzului se bazează pe funcționarea ochiului ca analizator vizual, dar și pe căile nervoase aferente văzului. Astfel, de multe ori, creierul „interpretează” mesajul provenit de la analizatorul vizual.

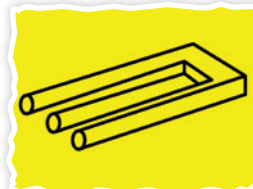
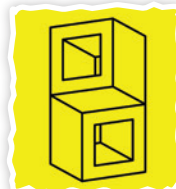
Există situații în care creierul este „păcălit” și vedem imagini altfel decât sunt ele în realitate. Astfel de imagini se numesc „iluzii optice”.

Iluziile optice sunt interesante. Ele sunt folosite des de magicieni, de aceea acestora li se mai spune și iluzioniști.

În general, iluziile optice pot fi explicate. Iată câteva exemple:

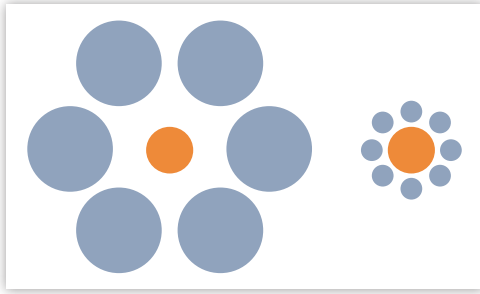
### A. Iluzia tridimensionalului

Desenele care reprezintă iluzii optice sunt, în fapt, bidimensionale (sunt desenate pe o suprafață). Totuși, ele sunt imagini ale unor obiecte tridimensionale și creierul este „obișnuit” să completeze el a treia dimensiune. Iluziile de mai jos păcălesc creierul pentru că, privite dintr-un unghi dezvoltă o perspectivă tridimensională, dar privite din alt unghi, dezvoltă o altă perspectivă, incompatibilă cu prima.

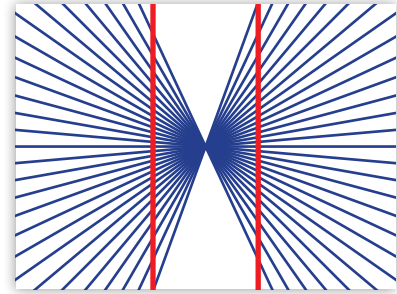


### B. Iluzia bazată pe relativitate

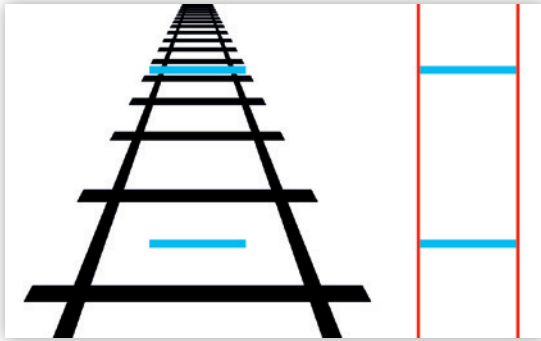
Dacă mâncăm un măr după ce am mâncat o lămâie, ni se pare dulce, dar dacă îl mâncăm după ce am mâncat ciocolată, ni se pare acru. La fel se întâmplă și cu unele imagini pe care le apreciem greșit din cauza altor imagini din jurul lor.



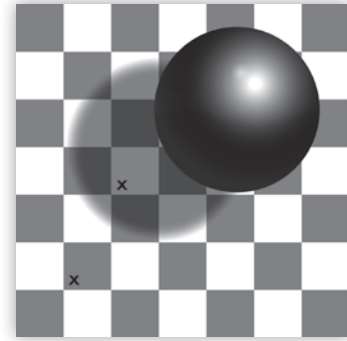
Bulina portocalie din dreapta pare mai mare decât cea din stânga dar... nu este. Măsoară diametrele ca să te convingi.



Liniile roșii par să aibă o curbură la mijloc. De fapt, ele sunt drepte și paralele. Verifică folosind o riglă!



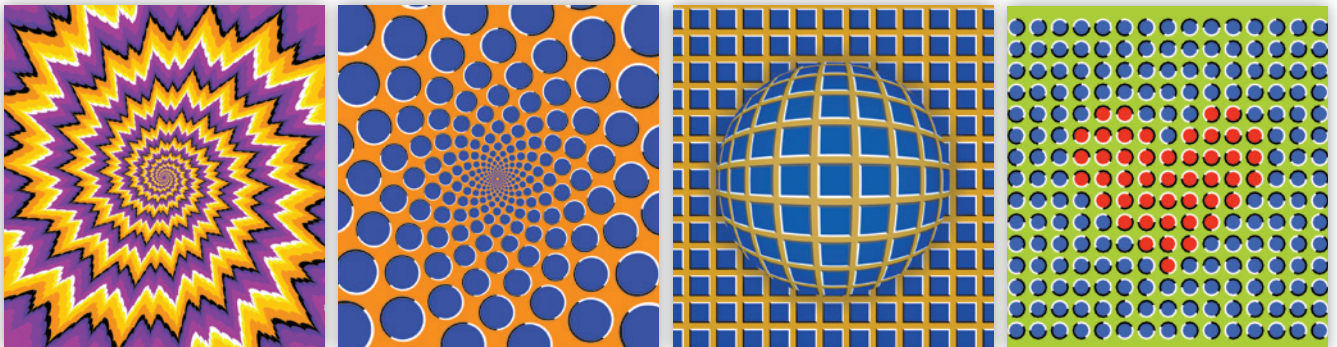
Liniile albastre par să aibă lungimi diferite. Totuși, poți verifica faptul că sunt egale. Încearcă să îți explici singur iluzia.






Nu o să îți vină să crezi, dar cele două pătrate marcate cu X au aceeași culoare. Pentru a verifica, acoperă imaginea cu o coală în care ai practicat două orificii în dreptul celor două pătrate.

### C. Iluzii bazate pe vederea binoculară și pe nevoia de focusare

Pentru că vedem cu doi ochi, imaginea este clară atunci când imaginea ochiului stâng se suprapune peste cea de la ochiul drept. Atunci când privim o zonă dintr-o imagine, o alta rămâne neclară. Astfel, dacă ne plimbăm privirea peste imaginile de mai jos, avem senzația că se mișcă. Dacă, însă, ținem privirea fixă într-un punct, senzația de mișcare dispare.



### D. Iluzii optice bazate pe reflexie și refracție

<p>Desenează două săgeți pe o coală de hârtie, apoi privește-le printr-un pahar gol.</p> 	<p>Toarnă apă în pahar până în dreptul săgeții de jos.</p>  <p>Aceasta își va inversa sensul.</p>	<p>Umple paharul cu apă!</p>  <p>Cea de-a doua săgeată își va inversa și ea sensul.</p>
--	--	--

Paharul cu apă acționează ca o lupă și formează imagini inversate obiectelor apropiate.



Ochii reprezintă organele de simț responsabile pentru cea mai mare parte a informațiilor pe care creierul nostru le primește.

### 3.5.2. Lupă

O lupă este o lentilă convergentă având distanța focală cuprinsă între 1 cm și 10 cm și este utilizată pentru observarea detaliilor sau a unor obiecte mici. Ea generează o imagine **virtuală**, **mărită** și **dreaptă** a obiectului observat.



#### DIN ISTORIA FIZICII

Lupa a fost mereu considerată unul dintre cele mai simple instrumente optice. Grecii și romanii au utilizat, în urmă cu de 2000 de ani, un vas de sticlă umplut cu apă pentru a mări imaginea diferitelor obiecte.

Istoria consemnează faptul că primele lentile de sticlă au început să fie folosite pe la începutul anilor 1000 d.Hr. de către călugări în timp ce scriau manuscrise. Ochelarii care corectau hipermetropia au apărut după anii 1200. După alte 200 de ani, a fost descoperită tehnica fabricării ochelarilor cu lentile concave și astfel a putut fi corectată și miopia.



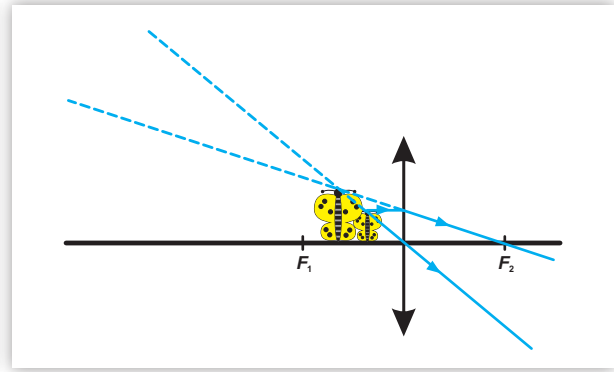
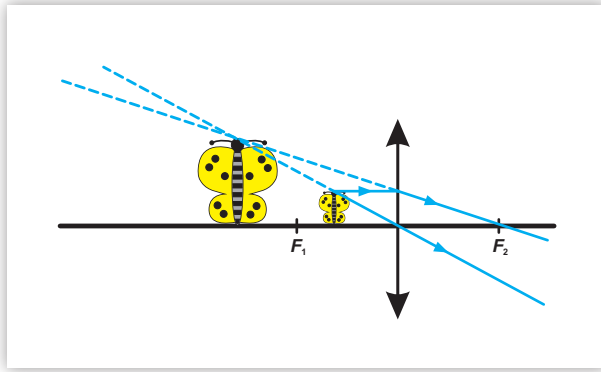
#### EXPERIMENT 1 Observarea unui gândăcel (jucărie) cu ajutorul lupei

##### Materiale necesare

- o lupă
- un gândăcel

##### Mod de lucru

- ▶ Achiziționează o lupă sau utilizează una aflată în laboratoarele școlii. Citește distanța focală a lupei. Așază gândăcelul pe masă, apoi apropie lupa de el la o distanță egală cu distanța focală. Observă imaginea formată, apoi apropie lupa din ce în ce mai mult.

**CONCLUZII**

- În funcție de distanța dintre obiectul de observat și lupă, imaginea virtuală a obiectului este mai mică sau mai mare.
- Atunci când obiectul se află mai aproape de focarul obiect, imaginea obținută este mai mare.

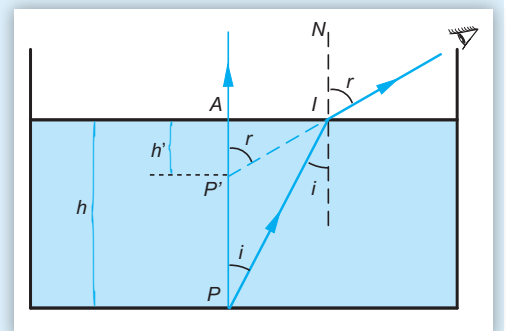
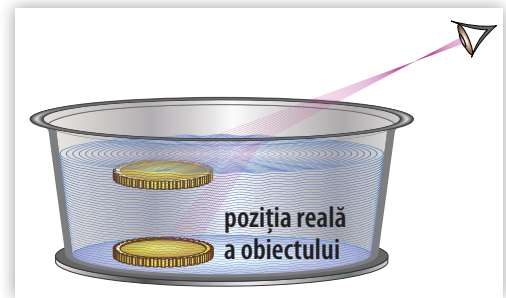
**Probleme rezolvate**

**1** Ștefan privește un obiect aflat pe fundul unui vas cu apă.

- Formați imaginea obiectului privit utilizând intersecția razei desenată în imagine cu o rază de lumină care se propagă perpendicular pe suprafața apei și se refractă fără deviație.
- Dacă apa are indicele de refracție absolut  $n = 4/3$  și adâncimea apei este  $h = 12$  cm, determinați relația cu ajutorul căreia se calculează adâncimea la care se vede obiectul față de suprafața liberă a apei și apoi calculați-o.

**Rezolvare:**

- Fie punctul  $P$ , cel în care se află obiectul. Desenăm o rază de lumină care pleacă din  $P$ , se refractă pe suprafața de separare apă-aer și ajunge la ochiul lui Ștefan. Dacă băiatul privește vertical, unghiul de incidență,  $i$ , și unghiul de refracție,  $r$ , vor fi foarte mici, practic 0.
- Normalele la suprafața lichidului sunt paralele:  $AP \parallel IN$ ; geometric,  $P'I$  și  $PI$  sunt secante pe  $AP \parallel IN$ ; reușim să regăsim unghiurile  $i$  și  $r$  pe desen, în  $\Delta PIA$  și  $\Delta P'IA$ .  $P'$  este punctul în care se intersectează prelungirea razei refractate cu normala  $PA$ , deci este punctul în care va vedea Ștefan obiectul.



Exprimăm tangentele unghiurilor  $i$  și  $r$  în triunghiurile  $PIA$  și  $P'IA$ :  $\operatorname{tg} i = \frac{AI}{AP} = \frac{AI}{h}$ ;  $\operatorname{tg} r = \frac{AI}{AP'} = \frac{AI}{h'}$ .

La unghiuri mici, apropiate de  $0^\circ$  ( $\cos 0^\circ = 1$ ), funcțiile tangentă și sinus sunt aproximativ egale.

Așadar:  $h \cdot \operatorname{tg} i = h' \cdot \operatorname{tg} r$  devine  $h \cdot \sin i = h' \cdot \sin r$

Din legea a II-a a refracției:

$n \cdot \sin i = 1 \cdot \sin r$  și din aceste ultime două relații se observă că:  $h' = h/n$ . Aici,  $h' = 12 \text{ cm} \cdot \frac{3}{4} = 9 \text{ cm}$ .



**2** Pentru lentila din figură, se cunosc distanțele obiect-lentilă și lentilă-imagini.

- Determinați mărirea liniară transversală.
- Determinați distanța focală a lentilei.
- Descrieți imaginea.

Aplicație numerică:  $x_1 = -21$  cm,  $x_2 = 28$  cm.

**Rezolvare:**

a) Din triunghiurile asemenea  $ABO$  și  $A'B'O$ ,

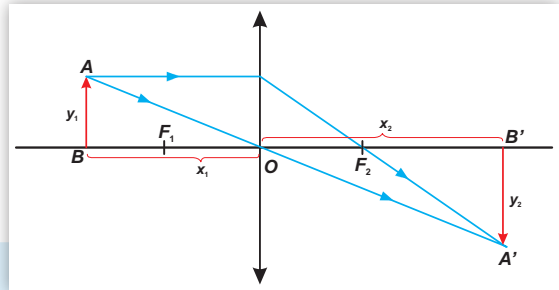
se observă că  $\frac{y_2}{y_1} = \frac{x_2}{x_1}$ , unde s-a ținut cont de convenția de semne pentru aceste mărimi.

Cum mărirea liniară transversală este  $\beta = \frac{y_2}{y_1}$ , rezultă că:  $\beta = \frac{x_2}{x_1} = \frac{28}{-21} = -\frac{4}{3}$

b) Din formula fundamentală a lentilelor subțiri,  $\frac{1}{x_2} - \frac{1}{x_1} = \frac{1}{f}$ , rezultă  $f = \frac{x_1 \cdot x_2}{x_1 - x_2}$ .

$$f = \frac{-21 \text{ cm} \cdot 28 \text{ cm}}{-21 \text{ cm} - 28 \text{ cm}} = 12 \text{ cm}.$$

c) Imaginea este reală, răsturnată și mai mare decât obiectul.



**3** Demonstrați legea lentilelor și pentru lentilele divergente.

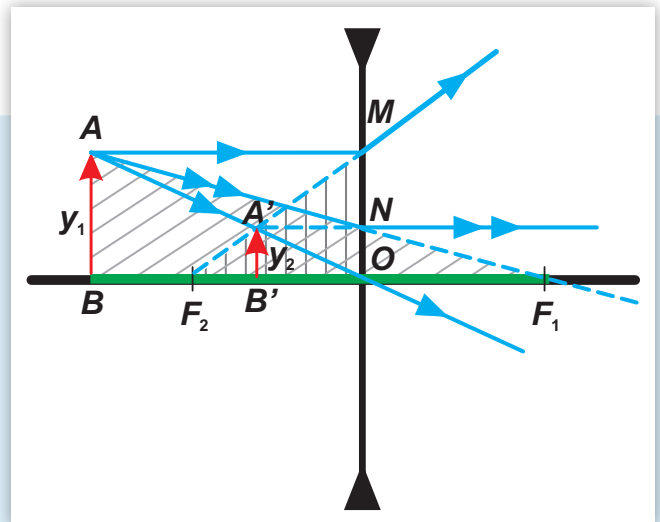
**Rezolvare:**

Legea lentilelor: *Produsul distanțelor de la obiect la focarul obiect și de la imagine la focarul imagine este egal cu pătratul distanței focale a lentilei.*

Fie o lentilă divergentă în care formăm imaginea  $A'B'$  a unui obiect liniar,  $AB$ . Distanțele amintite în legea de mai sus sunt cele colorate cu verde:  $BF_1$  și  $F_2B'$ . Le vom încadra în triunghiurile hașurate, în care exprimăm teorema fundamentală a asemănării, observând că  $MO = y_1$  și  $NO = y_2$ .

$$\triangle ABF_1: NO \parallel AB \Rightarrow \frac{y_2}{y_1} = \frac{OF_1}{BF_1} = \frac{f}{BF_1}$$

$$\triangle F_2MO: MO \parallel A'B' \Rightarrow \frac{y_2}{y_1} = \frac{F_2B'}{F_2O} = \frac{F_2B'}{f}. \text{ Astfel, rezultă că: } BF_1 \cdot F_2B' = f^2.$$



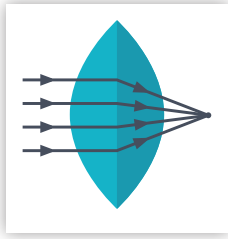
## ACTIVITĂȚI DE EVALUARE

**1** Formulați răspunsuri pentru următoarele întrebări:

- În studioul de balet, Veronica are oglinzi pe pereții paraleli. Fata stă la mijlocul sălii și se privește în aceste oglinzi. Câte imagini cu ea însăși va vedea?
- De ce strălucește mai tare un bibelou din metal bine lustruit decât unul cu asperități?
- Explicați fenomenul din imagine. Care este distanța la care este ținută lupa pentru a aprinde paietele?



4. În ce se măsoară mărirea liniară transversală? Explicați.
5. Explicați funcționarea dispozitivului din imaginea din dreapta și denumiți-l. Pentru ce se folosește? Din ce este alcătuit?



6. Descrieți lentila din imagine. Ce proprietăți trebuie să aibă pentru a putea fi considerată o lentilă subțire? Se vor strânge în alt punct razele de lumină desenate dacă lentila își mărește convergența? Acel punct va fi mai aproape sau mai departe de lentilă?

7. Soarele, la apus, pare mai sus pe cer decât este în realitate. De ce? Desenați drumul curbat al razelor de lumină.

### II Alegeți litera corespunzătoare răspunsului corect:

1. Axa optică principală a lentilei reprezintă: **a)** o linie imaginară care trece prin centrul lentilei, perpendicular pe aceasta; **b)** o tijă metalică pe care se fixează lentila, ecranul și sursa de lumină; **c)** o dreaptă imaginară care trece prin centrul lentilei.
2. Când lumina trece dintr-un mediu cu indice de refracție mai mare într-unul cu indice de refracție mai mic: **a)** raza refractată se apropie de normală; **b)** raza refractată se depărtează de normală; **c)** nu se poate produce reflexie totală; **d)** se produce automat reflexie totală.
3. Dacă unghiul de refracție este de  $90^\circ$ , atunci: **a)** unghiul de incidență este egal cu unghiul limită și are valoare constantă; **b)** unghiul de incidență este egal cu unghiul limită și depinde de cele două medii; **c)** unghiul de incidență este și el de  $90^\circ$ ; **d)** unghiul de incidență este de  $42^\circ$ .
4. O lentilă din sticlă plan-concavă aflată în aer este o lentilă: **a)** convergentă; **b)** divergentă; **c)** cu convergență variabilă; **d)** care nu refractă lumina.
5. Prisma optică: **a)** are întotdeauna reflexie totală; **b)** deviază lumina paralel cu raza incidentă; **c)** deviază toate culorile pe aceeași direcție; **d)** deviază diferit culori diferite.

### III Stabiliți valoarea de adevăr a următoarelor afirmații:

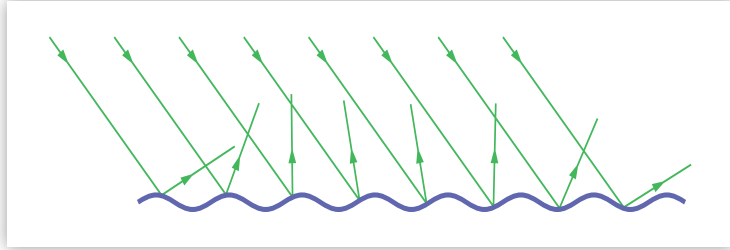
1. Convergența unei lentile divergente este pozitivă. A/F
2. Dioptria este convergența unei lentile cu distanța focală de 1 m. A/F
3. Dacă raza incidentă este perpendiculară pe o oglindă plană, atunci unghiul de reflexie este de  $90^\circ$ . A/F
4. O rază de lumină incidentă pe o lamă cu fețe plan-paralele va ieși din nou în aer paralelă cu raza incidentă. A/F
5. 10 dioptrii sunt egale cu  $1/10$  cm. A/F
6. Fasciculele colorate de lumină în care se descompune lumina albă la trecerea prin prismă pot fi așezate și în altă ordine. A/F



### IV Completați enunțurile cu cuvintele care lipsesc:

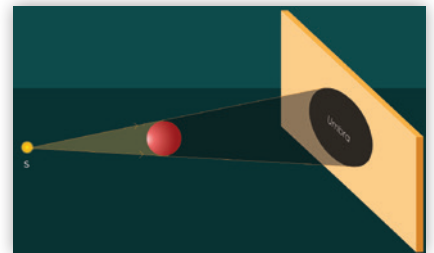
1. Pentru același ... de incidență a luminii ... radiațiile monocromatice ies din prisma ... sub unghiuri ... . Acest lucru se întâmplă pentru că indicele de ... al materialului prisme este diferit pentru fiecare dintre radiațiile: roșu, ..., galben, ..., albastru, indigo, ... .
2. Ochiul miop are punctum ... la o distanță mai mică decât cea normală, imaginea punctelor de la infinit formându-se în ... retinei. Miopia se corectează cu ajutorul ... cu lentile ... .

3. Optica este știința care studiază ... și interacțiunea acesteia cu ... . Optica geometrică folosește noțiunea de ... de lumină și se bazează pe principii ca: principiul propagării ... a luminii, principiul independenței ... de lumină sau principiul ... razelor de ... .
4. Atunci când suprafața de ... dintre două ... este neregulată, razele de lumină incidente paralele sunt reflectate în diverse ... . Reflexia se numește ... iar suprafața respectivă se numește ... .

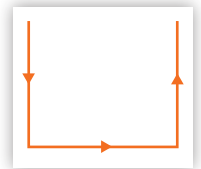


**V** Redactați rezolvări pentru următoarele probleme:

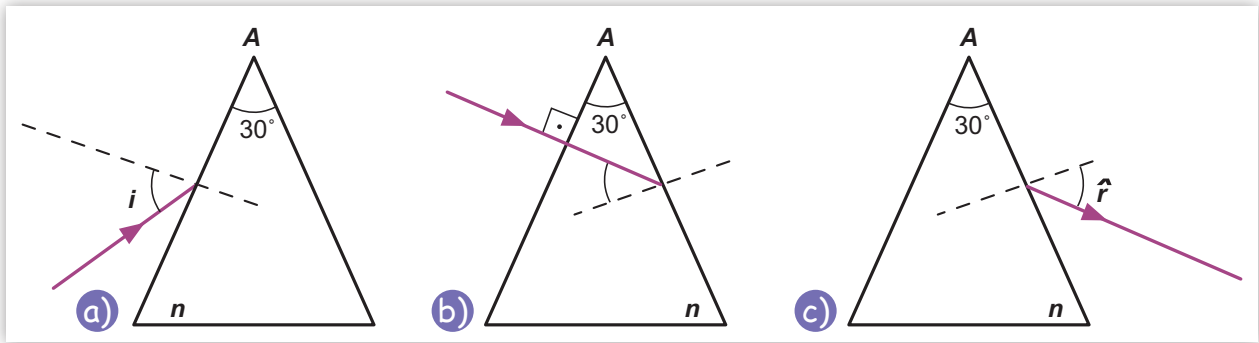
1. Ileana studiază producerea umbrei, așezând un obiect opac sferic în fața unei surse punctiforme de lumină și măsurând o umbră circulară cu diametrul de 40 cm pe un ecran aflat la 1 m distanță de sursă. La ce distanță de sursă se află discul-secțiune al sferei la care sunt tangente razele de lumină, dacă diametrul acestuia este de 10 cm?



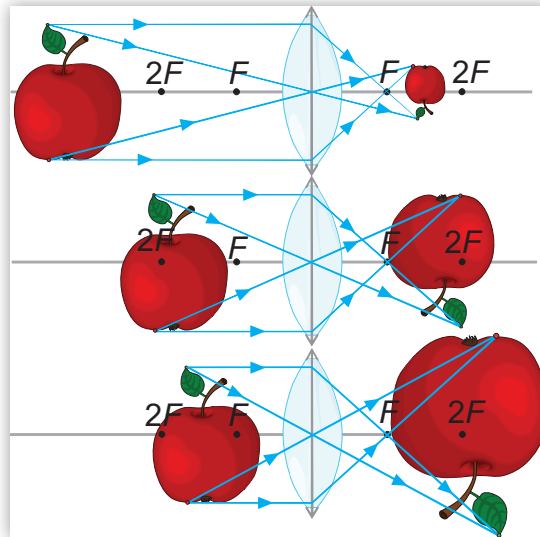
2. Tudor ar dori să se vadă în întregime în oglindă înainte de a pleca la școală. Înălțimea elevului este de 1,70 m, el având distanța de la ochi la vârful capului de 10 cm.
- Desenați schematic și puneți în evidență mersul razelor de lumină care ajung prin reflexie la ochii lui Tudor.
  - Determinați înălțimea minimă a oglinzii.
  - La ce distanță față de sol trebuie așezată pe perete oglinda?



3. Dana dorește ca razele de lumină din experimentul său să se reflecte ca în imagine.
- Unde și cum va așeza ea oglinzile plane din trusa de laborator? Desenați schematic așezarea acestora.
  - La ce unghi vor fi oglinzile una față de cealaltă?
4. Indicele de refracție al unui mediu transparent este  $n = 1,6$ . Care este valoarea vitezei de propagare a luminii în acest mediu? Se consideră viteza luminii în aer:  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s.
5. O rază de lumină trece din glicerină în sticlă, raza incidentă făcând un unghi de  $30^\circ$  cu normala la suprafață.
- Desenați mersul razelor de lumină și calculați sinusul unghiului de refracție. (Se cunosc:  $n_{\text{sticlă}} = 1,5$  și  $n_{\text{glicerină}} = 1,47$ .)
  - Precizați din ce mediu – sticlă sau glicerină – poate veni incident lumina în cel de-al doilea mediu pentru a se putea produce reflexie totală și calculați unghiul limită ( $\sin l$ ) în acest caz.
6. Trasați razele de lumină care lipsesc pentru cazurile a, b, și c. Pentru desenul b, ținând cont că  $n_{\text{sticlă}} = 1,5$  și prisma este din sticlă, determinați sinusul unghiului de emergență (= unghiul față de normală după care iese raza din prisma optică). Valoarea măsurii unghiului  $A$  este  $30^\circ$ .



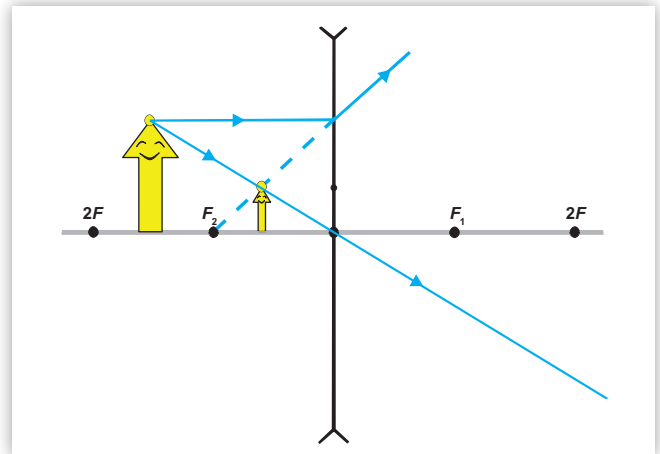
7. a) Desenați convențional cele trei cazuri din figură și explicați mărirea imaginii în funcție de poziționarea mărilor.
- b) Dacă lentila are distanța focală  $f = 12$  cm, identificați care desen corespunde situației:  $x_1 = -24$  cm și determinați  $x_2$  și mărirea liniară transversală în acest caz.
- c) Este posibil fizic ceea ce sugerează desenul? Cum s-ar putea realiza un experiment asemănător?



8. Dacă distanța dintre obiect și ecran se menține fixă și este mai mare decât de patru ori distanța focală, se pot prinde pe ecran două imagini, doar mișcând lentila convergentă între obiect și ecran.
- a) Desenați mersul razelor de lumină pentru obținerea celor două imagini pe același desen, folosind creioane colorate.
- b) Caracterizați cele două imagini, explicând unde se găsește obiectul față de lentilă în fiecare caz.
- c) Notați  $x_1, x_2$ , respectiv  $x_1', x_2'$  pozițiile corespunzătoare și scrieți formula fundamentală a lentilei subțiri în fiecare caz.
9. Demonstrați legea lentilelor pentru lentila convergentă, în situația în care obiectul este așezat între focar și lentilă.

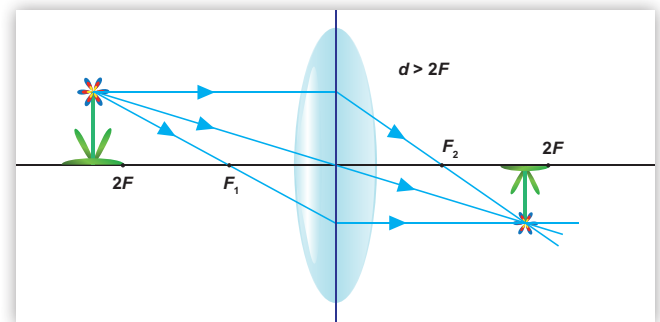
10. Radu studiază o lentilă divergentă cu distanța focală  $f = -10$  cm. El așază lentila la 15 cm de o lumânare ca în figură și obține imaginea virtuală din figura alăturată.

- La ce distanță față de lentilă se formează imaginea lumânării?
- De câte ori va fi micșorată imaginea față de obiect?
- Ce distanță este de fapt între obiect și imaginea sa?



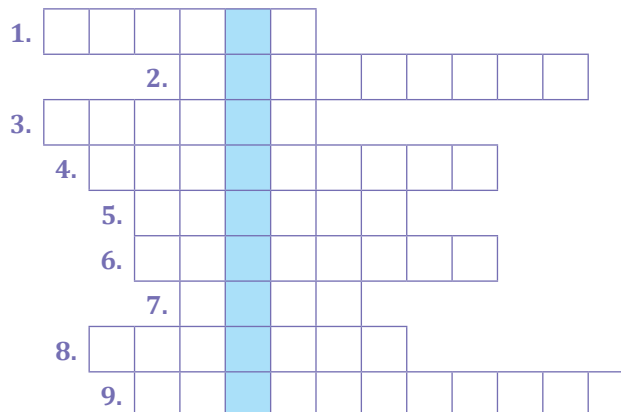
11. Un pomișor de jucărie cu leduri, aflat la 8 cm în stânga focarului obiect al unei lentile convergente, are imaginea situată la 2 cm în dreapta focarului imagine al lentilei.

- Calculați distanța focală a lentilei.
- Calculați mărirea liniară transversală.



VI Completați cuvintele încrucișate și descoperiți cuvântul din coloana albastră.

- Formă a geometriei în spațiu, dar și corp transparent care descompune lumina albă.
- Fascicul emergent dintr-o lentilă cu distanță focală imagine negativă.
- Este de refracție și nu are unitate de măsură.
- Fenomen optic de trecere a unei raze de lumină dintr-un mediu transparent în altul.
- Viciu de refracție al ochiului care se corectează cu lentile divergente.
- „Mănunchi de raze” trimis de un obiect luminos.
- Instrument optic pe care îl ai mereu cu tine.
- Punctul cel mai îndepărtat în care ochiul vede distinct un obiect, fără a se acomoda.
- Ochiul care are *punctum proximum* la o distanță mai mare decât cea normală.



## TEST PENTRU AUTOEVALUARE

Din oficiu se acordă: 2 p.

1 (1 p)	Completați spațiile libere din text, utilizând cuvintele-cheie din caseta de mai jos, articulate corespunzător: „Ochiul hipermetrop are punctum ... la o distanță mai ... decât cea normală și nu vede distinct obiectele apropiate. Imaginea se formează în ... retinei și se corectează cu lentile ... .”
<div style="border: 1px solid black; background-color: #f9c796; padding: 5px; display: inline-block;">convergente, spatele, proximum, mare</div>	
2 (2 p)	Imaginea unui obiect așezat la 30 cm de o lentilă se formează de aceeași parte cu obiectul, la distanța de 12 cm de lentilă. a) Ce fel de lentilă este cea folosită? b) Desenați mersul razelor de lumină. c) Determinați convergența lentilei. d) Dacă obiectul are înălțimea de 2 cm, ce dimensiune liniară va avea imaginea sa?
3 (1 p)	Realizați corespondența între noțiuni și desenele reprezentative
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <span><b>A. miopia</b></span> <span><b>B. hipermetropia</b></span> </div>	
4 (1 p)	Se consideră două oglinzi plane care fac între ele un unghi A, cu măsura de $70^\circ$ . O rază de lumină paralelă cu una dintre oglinzi se reflectă întâi pe cealaltă, iar apoi pe cea cu care fusese paralelă. Determinați unghiul de deviație, D, a razei de lumină față de direcția inițială.
5 (2 p)	Imaginea unui obiect real este răsturnată și egală cu obiectul. Distanța focală a lentilei are valoarea $ f  = 50$ cm. a) Precizați despre ce fel de lentilă este vorba și desenați schema corespunzătoare pentru obținerea imaginii. b) Determinați distanța dintre obiect și imagine.
6 (1 p)	Matei dorește să atingă o plantă de pe fundul unui lac foarte limpede. El privește pe verticală planta și își măsoară un fir de trestie de lungime $h = 1$ m, considerându-l perfect potrivit. Dacă a apreciat bine ceea ce a văzut, cu cât trebuie să mai lungească el firul de trestie la o a doua încercare? Se presupune că indicele de refracție al apei lacului este $n = 4/3$ .

## JURNAL DE ÎNVĂȚARE

- Reflectează asupra a ceea ce ai învățat în capitolul **FENOMENE OPTICE**
- Surse de lumină ■ Propagarea luminii în diverse medii ■ Principiile propagării luminii. Raza de lumină. Fasciculul de lumină ■ Reflexia luminii ■ Legile reflexiei - aplicație experimentală - oglinzi plane
  - Aplicații ale legilor reflexiei în tehnologie ■ Indicele de refracție ■ Refracția luminii - evidențierea experimentală a fenomenului ■ Reflexia totală ■ Legile refracției. Indicele de refracție ■ Aplicații practice: fibra optică, prisma cu reflexie totală ■ Identificarea experimentală a tipurilor de lentile ■ Identificarea experimentală a caracteristicilor fizice ale lentilelor subțiri - focar, poziție imagine ■ Construcția geometrică a imaginilor prin lentile subțiri ■ Determinarea formulelor lentilelor subțiri ■ Instrumente optice ■ Ochiul uman ■ Lupa
- Notează pe caiet, în rubricile unui tabel similar celui alăturat, ceea ce crezi că știi, ceea ce ai învățat și ceea ce ai vrea să mai înveți despre fenomene optice.

Știu!	Am învățat!	Vreau să știu!

# UNITATEA 4 *EXTINDERE: ENERGIA ȘI VIAȚA*

**Vom explora și vom descoperi noi fenomene, legile și aplicațiile lor**

- ✓ **Sursele de energie**
- ✓ **Conversia energiei în diferite sisteme**
- ✓ **Sistemul de întreținere a vieții pe o stație spațială**
- ✓ **Sistemul de întreținere a vieții pe un submarin**



**Competențe specifice:**

**1.1, 2.1, 2.2, 2.3, 3.1, 3.2, 3.3, 4.1, 4.2**

## 4.1. Forme de energie. Surse de energie



Azi nu ne mai putem imagina viața fără curent electric, aparate electrocasnice, calculator, televizor, telefon, internet, automobile și alte mijloace de transport etc. Astfel, cererea globală de energie electrică este din ce în ce mai mare.

Cu excepția energiei nucleare, practic, sursa întregii energii utilizate pe Pământ este Soarele, steaua aflată în centrul Sistemului Solar.

Energia solară este cea mai curată sursă de energie regenerabilă – practic inepuizabilă pentru pământeni – și reprezintă baza majorității proceselor naturale de pe planeta noastră. Combustibili precum **cărbunii**, **petrolul**, **gazele naturale** și **lemnul** provin din conversia indirectă a energiei solare prin **fotosinteză**.

### Forme de energie

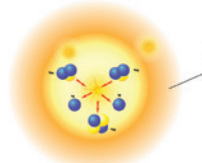
Printre formele de energie studiate până acum, ai întâlnit: energie **mecanică** (**cinetică** și **potențială**), energie **termică** (căldură), energie **electrică**, energie **magnetică**, energie **chimică** și energia **luminii**. Există însă și energie **nucleară**. Această energie este eliberată în reacții de fuziune nucleară, care au loc în stele.

#### PENTRU CURIOSI

**Fuziunea nucleară** este procesul prin care două nuclee atomice reacționează pentru a forma un nou nucleu, cu masă mai mare decât nucleele inițiale. Din aceste reacții se produc și particule subatomice și se eliberează energii imense. Lumina solară este, la origine, energie nucleară.

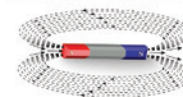


energie nucleară  
(fuziune nucleară în stele)



lumină

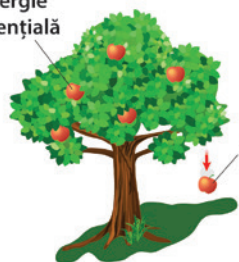
energie magnetică



energie electrică



energie potențială



energie cinetică

energie chimică

energie termică



Cea mai mare parte a energiei necesare pentru consumul zilnic este obținută prin arderea combustibililor fosili și a lemnului, resurse naturale care se epuizează, în condițiile în care cererea globală de energie electrică este din ce în ce mai mare.

**Termocentralele** se numără printre cele mai utilizate centrale electrice.

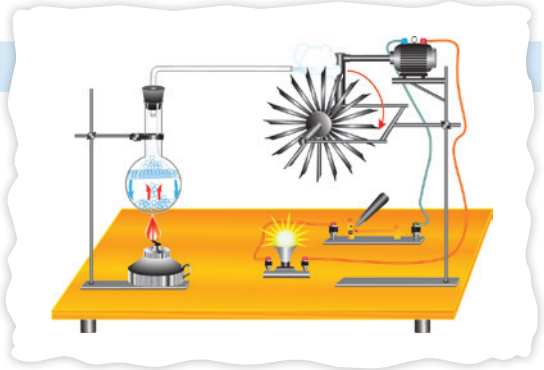




## APLICAȚII ÎN TEHNICĂ

### Principiul termocentralei electrice

Termocentrala electrică necesită o sursă de căldură care să asigure încălzirea apei dintr-un cazan pentru a obține vapori sub presiune. În cazul clasic, **energia termică** rezultă din arderea combustibililor fosili (petrol, gaz, cărbune) sau din reacția de fisiune nucleară. În cazul utilizării resurselor regenerabile, energia termică poate rezulta din: arderea biomasei (lemn, biogaz, deșeuri organice), utilizarea energiei geotermale sau a captatoarelor pentru energie solară. Energia termică se transformă în **energia cinetică** a acestor vapori care rotesc paletetele turbinei; turbina, la rândul său, antrenează generatorul, iar acesta convertește energia cinetică în **energie electrică**. Ajunsă la consumator, becul, îi alimentează filamentul. Prin efect termic, această energie electrică se va converti în căldură (**energie termică**), becul va ajunge la incandescență și va emite **energie luminoasă**.



Pentru verificarea experimentală a proceselor descrise accesați: [https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes\\_ro.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_ro.html) și urmați instrucțiunile găsite acolo.



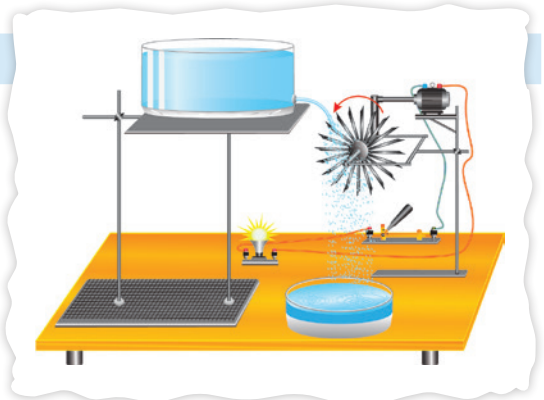
**Hidrocentralele** transformă energia potențială a căderilor de apă în energie electrică.



## APLICAȚII ÎN TEHNICĂ

### Principiul hidrocentralei electrice

Printr-un baraj de acumulare a apei pe cursul unui râu, unde poate exista eventual și o cascadă, se realizează acumularea unei **energii potențiale**. Aceasta se transformă prin cădere în **energie cinetică** ce va roti turbinele hidrocentralei. Mișcarea de rotație va fi transmisă mai departe, printr-un angrenaj de roți dințate, generatorului de curent electric, care va transforma energia cinetică în **energie electrică**. Ajunsă la consumator, becul, îi alimentează filamentul. Prin efect termic, această energie electrică se va converti în căldură – **energie termică** – iar becul va ajunge la incandescență și va emite **energie luminoasă**.



Pentru verificarea experimentală a proceselor descrise accesați: [https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes\\_ro.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_ro.html) și urmați instrucțiunile găsite acolo.

### Efectul fotovoltaic

Creșterea producției de energie electrică prin arderea combustibililor fosili tradiționali are un impact ecologic dezastruos; de aceea, este nevoie de soluții mai prietenoase cu mediul înconjurător, iar **conversia directă** a energiei solare în energie electrică reprezintă una dintre acestea.



Conversia radiației solare în energie electrică prin **efectul fotovoltaic** se realizează în **celule solare (fotovoltaice)**, dispozitive realizate cu materiale semiconductoare.

### OBSERVAȚII:

- Energia solară este cea mai abundentă sursă de energie de pe glob. O parte din aceasta este absorbită de atmosferă și se regăsește sub forma vânturilor care pot genera energie eoliană.
- Utilizarea **directă** a energiei solare se face de mult timp folosind **captatoarele solare** pentru încălzirea apei, pentru încălzirea aerului, pentru uscarea diferitelor produse agricole.

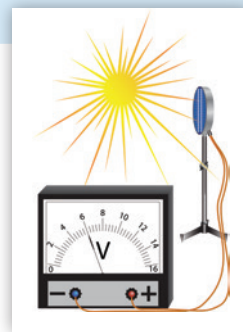


## APLICAȚII ÎN TEHNICĂ

### Efectul fotovoltaic

Efectul de apariție a unei tensiuni electromotoare, sub acțiunea energiei solare, denumit **efect fotovoltaic**, a fost descoperit de fizicianul francez Alexandre-Edmond Becquerel, în anul 1839.

Acest efect constă în eliberarea de sarcini electrice negative (electroni) și pozitive (goluri sau lipsă de electroni) într-un material solid atunci când suprafața acestuia interacționează cu lumina, ceea ce duce la apariția unei tensiuni electromotoare care poate genera curent electric într-un circuit închis.



Pentru verificarea experimentală a proceselor descrise accesați: [https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes\\_ro.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_ro.html) și urmați instrucțiunile găsite acolo.

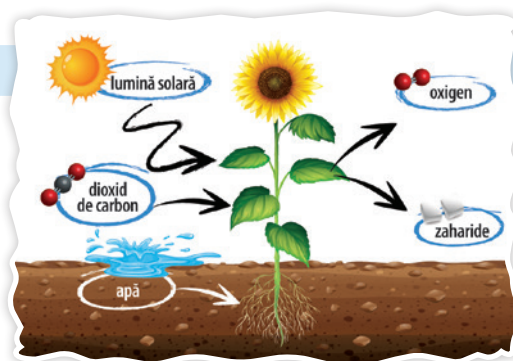


## APLICAȚII ÎN NATURĂ

### Fotosinteza

Fotosinteza este procesul prin care plantele convertesc energia solară pentru a fabrica nutrienți în formă de zaharide. Ea asigură creșterea plantelor, ceea ce duce la existența unei surse esențiale de alimentație pentru multe animale. În același timp, prin fotosinteză se consumă dioxidul de carbon din aer și se eliberează oxigen necesar pentru supraviețuirea multor specii de viețuitoare, inclusiv a noastră.

Plantele folosesc glucoza produsă prin fotosinteză pentru a crea **carbohidrați**. Acești carbohidrați sunt folosiți de plante pentru propria dezvoltare, dar ei reprezintă principalul nutrient pentru animalele care se hrănesc cu aceste plante.



### PENTRU CURIOSI

Plantele au un pigment numit **clorofilă**. Clorofila absoarbe lumina din zonele roșu-portocaliu și albastru-violet ale spectrului vizibil și reflectă lumina verde, ceea ce explică de ce noi vedem plantele ca fiind verzi.



### DE REȚINUT

Pentru realizarea fotosintezei sunt necesare: **energia solară**, dioxidul de carbon, clorofila și apa. Produsele fotosintezei sunt: oxigenul și glucoza.



În acest context s-a ridicat întrebarea: Am putea utiliza fotosinteza pentru a dezvolta sisteme artificiale care să transforme energia solară în combustibili neutri sub aspectul emisiilor de carbon?

Cercetătorii au creat o frunză artificială care imită procesul natural de fotosinteză, aceasta fiind de fapt o **celulă solară avansată**. Frunza plutește într-un vas cu apă unde, cu ajutorul luminii soarelui, separă cele două elemente din apă – oxigenul și hidrogenul – care sunt apoi stocate într-o celulă de combustibil folosită pentru a produce energie electrică. Această celulă este realizată din materiale ieftine și este de 10 ori mai eficientă în realizarea fotosintezei decât o frunză naturală. Poate funcționa timp de 45 de ore fără întreruperi, producând astfel suficientă energie pentru a alimenta cu electricitate o gospodărie întreagă, folosind mai puțin de patru litri de apă pe zi.

## Producerea energiei cu amprentă mică de carbon

Omenirea deține încă, la ora actuală, cantități mari de combustibili fosili, dar folosirea lor exagerată va avea consecințe severe pentru planetă. Necesitatea utilizării de centrale electrice și stații de producere a energiei cu emisii de gaze de seră reduse – chiar nule – este stringentă.

**Schimbările climatice** afectează deja planeta noastră: temperaturile cresc, tipul precipitațiilor se schimbă, gheața și zăpada calotelor polare se topesc, iar nivelul mării crește, reducând astfel suprafața uscatului pe care noi trăim. Fenomenele meteorologice și climatice extreme care au drept rezultat pericole de genul inundațiilor și al secetei vor deveni mai frecvente și mai intense în numeroase regiuni.

Printre eforturile globale de reducere a emisiilor de gaze de seră se numără și utilizarea surselor de energie cu amprentă redusă de carbon. **Amprenta de carbon** este un termen utilizat frecvent pentru a exprima contribuția tuturor activităților umane și a celor industriale în termeni de emisii de dioxid de carbon (CO<sub>2</sub>) și alte gaze cu efect de seră (GES).



? Care sunt sursele de energie cu emisii reduse de gaze de seră?

Privește imaginea alăturată. Aici sunt prezentate diferite tipuri de centrale electrice.

**Hidrocentralele** utilizează energia căderilor de apă.

Centralele **oliene** transformă energia vântului în energie electrică.

Centralele **geotermale** utilizează apa fierbinte și aburii captați în zonele cu activitate vulcanică și tectonică.

Centralele **mareomotrice** sunt centralele ce produc energie cu ajutorul valurilor și a curenților oceanici.

**Panourile solare** produc conversia luminii solare în energie electrică.

**Biomasa** este transformată în combustibili – lichizi, gazoși sau solizi – pentru producerea energiei electrice.

În **centralele nucleare** se utilizează energia rezultată din reacția de fisiune a uraniului.

**Centralele cu hidrogen** generează energie electrică prin arderea hidrogenului provenit din electroliza apei.



## PENTRU CURIOSI



**Fisiunea nucleară** este procesul prin care un nucleu atomic mare se sparge în două sau mai multe fragmente de masă aproximativ egală, emițând neutroni rapizi, radiații și energie termică.



Următoarele surse de energie au emisii reduse de gaze de seră: solară, eoliană, geotermală, hidroelectrică, nucleară, precum și cele care utilizează biomasă, maree și valuri marine sau hidrogen.



## TEMĂ DE PORTOFOLIU

**Cum putem contribui la reducerea amprentei de carbon?  
Să economisim energia!**



Documentează-te utilizând surse internet și analizează modalitățile prin care am putea micșora consumul de energie la nivelul locuinței, al școlii, al comunității în care trăim. Alcătuiește apoi o prezentare (eventual în format PowerPoint) a propunerilor tale. Ai putea avea în vedere: reducerea consumului de apă, utilizarea becurilor eficiente energetic, deplasarea cu transportul în comun, cu bicicleta sau pe jos în locul automobilului, izolarea termică a clădirilor, colectarea selectivă a deșeurilor pentru reciclare etc.

## 4.2. Energia și viața

Organismul uman este o mașinărie fantastică alcătuită din alte mașinării minuscule, numite **celule vii!** Și, ca orice mașinărie vie care are nevoie de o sursă de energie, apelează la consumul carbohidraților. **Carbohidrații** reprezintă sursa principală de energie pentru corpul uman, putând genera 4 kilocalorii (17 kilojouli) pe gram. Prin descompunerea carbohidraților se produc zaharide, iar o mare parte dintre produsele acestor reacții o reprezintă glucoza. La nivel celular, prin reacții chimice specifice, glucoza este oxidată pentru a forma dioxid de carbon și apă, rezultând astfel și energie necesară susținerii vieții.



? Fata aflată pe bicicleta din imagine pedalează și pune astfel în mișcare rotorul alternatorului care va alimenta becul și îl va aprinde. De unde vine această energie?



Energia se conservă, deci dacă becul primește energie electrică pentru a emite lumină, altceva din Univers pierde energie. Aici, energia consumată este cea din mușchii fetei și provine din alimentele pe care aceasta le-a mâncat. Procesul este, de fapt, „arderea caloriilor”, având în vedere faptul că în general energia conținută de mâncare este exprimată în **calorii**, nu în jouli. Termenul de ardere se referă la procesul de **respirație celulară** în care celulele eliberează energie din legăturile moleculare ale substanțelor conținute în alimente – carbohidrați – care se transformă, prin reacții chimice, în glucoză, spre exemplu. Moleculele de glucoză, cea mai cunoscută zaharidă, stochează cantități mari de energie care poate fi convertită, la nivelul celulelor, în energia chimică ce susține organismele vii. Dar corpul fetei consumă mai multă energie provenită din mâncare decât cea ce se transformă

În **energia cinetică** pentru mișcarea pedalelor, deoarece respectivul proces de transformare nu este foarte eficient. Restul energiei se transformă în **căldură**, motiv pentru care fata are nevoie de un duș după ce pedalează și de ceva mâncare pentru a-și reface rezervele de energie. Prin intermediul curelei de transmisie, rotorul dinamului este pus în mișcare și se generează astfel **energia electrică** ce va alimenta filamentul becului. Prin efect Joule, această energie electrică se va converti în căldură (**energie termică**), becul va ajunge la incandescență și va emite **lumină**.



Pentru verificarea experimentală a proceselor descrise accesați: [https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes\\_ro.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_ro.html) și urmați instrucțiunile găsite acolo.



### PENTRU CURIOSI

De câte kilocalorii avem nevoie zilnic?

Caloriile ingerate reprezintă combustibilul de care avem nevoie pentru a trăi, pentru a menține temperatura corporală constantă și pentru realizarea funcțiilor vitale de la respirație, la activitățile intestinale și metabolice.

În funcție de sex, vârstă, masă, înălțime și activitatea fizică desfășurată, copiii au nevoie zilnică de aproximativ 1800 de kilocalorii, femeile de circa 2000, în timp ce necesarul caloric al unui bărbat ajunge până la 2800.

Corpul nu poate elimina excesul de energie, iar în cazul în care consumăm mai multă energie decât ne este necesar, excesul se transformă în grăsime.

Pentru a ne menține în formă, activitățile fizice pe care le desfășurăm ar trebui să consume o cantitate mai mare de energie. Ne îngrășăm cu un kilogram pentru fiecare 7000 de kilocalorii consumate și neutilizate. Spre exemplu, o gogoasă are în jur de 200 de kilocalorii, o tabletă de 100 de grame de ciocolată conține peste 500, 3 ouă au 200 de kilocalorii, 10 căni de spanac au 100 de kilocalorii.



Conversiile dintr-o formă de energie în alta sunt, în acest caz:

**energie din mâncare** ⇒ **energie cinetică** + **căldură** ⇒ **energie electrică** ⇒ **căldură** + **lumină**

## 4.3. Sistemul de întreținere a vieții pe o stație spațială



? Un vis pentru viitor: vom avea vreodată colonii pământene pe Lună sau pe Marte?



Până când acest vis va ajunge realitate, am trimis pe orbită Stația Spațială Internațională, un avanpost al civilizației terestre aflat la frontiera posibilităților pe care le are astăzi cercetarea.

Stația Spațială Internațională (ISS, abreviat din lb. engleză) orbitează la aproximativ 300 km deasupra Pământului, pe care îl ocolește de 16 ori în 24 de ore. Alitudinea orbitelor ISS este în continuă schimbare dar, în medie, este de 380 km. Energia necesară este asigurată de către o structură care cuprinde patru segmente de **panouri solare** plasate pe carcasă. Stația este formată din 14 module, lansate în ani diferiți.

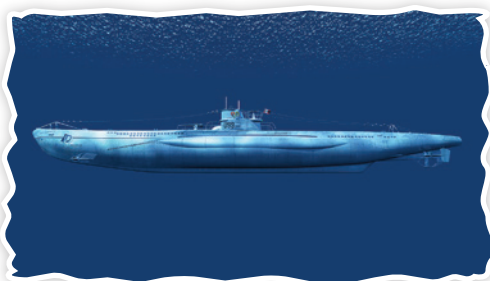
Fiecare dintre acestea adăpostește: laboratoare, săli de depozitare, dormitoare, săli de sport. Acolo lucrează un grup de astronauți în condiții speciale de **microgravitație**. Menținerea condiției lor fizice presupune câteva ore de antrenament zilnic la sală pentru a preveni atrofierea musculară.

Viața pe acest satelit artificial pune și alte probleme diferite de viața obișnuită, cum ar fi traiul într-un spațiu limitat, asigurarea hranei și a apei – care este o resursă prețioasă. Apa ocupă un volum mare și nu poate fi comprimată, fiind greu de adus de acasă cu navele de aprovizionare. Și nici nu poate fi înlocuită cu altceva pentru băut, gătit, spălat, diferite experimente. Pentru igiena personală, astronauții utilizează șervețele umede speciale și se clătesc cu un volum mic de apă. Pasta de dinți este comestibilă pentru a putea fi înghițită și a economisi astfel apa. Tot pentru a economisi apa, aici urina este reciclată într-un sistem performant de filtrare și sterilizare, care recuperează apa din ea și o transformă în apă potabilă.

### PENTRU CURIOSI

**Microgravitația** are un rol important în cercetările efectuate la bordul stației, unde forța gravitațională este egală cu o milionime din forța gravitațională de pe Pământ. Pe Pământ, un creion lăsat să cadă de la o înălțime de doi metri atinge solul în 0,5 secunde. Pe stația spațială îi sunt necesare 10 minute!

## 4.4. Sistemul de întreținere a vieții pe un submarin



După cum ați învățat deja, **submarinul** este o navă care are posibilitatea de a naviga atât la suprafața apei cât și în adâncuri. Poate avea rol de navă militară, de cercetare submarină, de transport sau de intervenție și lucrări la mare adâncime.

Pentru personalul aflat pe un submarin, viața în adâncuri este aproape la fel ca viața în spațiul cosmic. Oamenii aceștia trăiesc și lucrează în spații limitate și utilizează cu economie resurse limitate. Submarinele sunt echipate cu apă și alimente pentru mai multe luni, dar rațiile sunt foarte atent gestionate.

### PENTRU CURIOSI

Cea mai mare parte a spațiilor interioare din submarin este menținută special în întuneric, pentru a-i ajuta pe marinari să-și acomodeze vederea cu lipsa luminii din adâncuri.

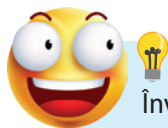
Energia necesară submarinelor clasice este furnizată de motoare Diesel și motoare electrice. În cazul submarinelor nucleare, propulsia este asigurată de energia furnizată de reactoarele nucleare aflate la bord.

### PENTRU CURIOSI

Primul submarin nuclear USS Nautilus a fost lansat în anul 1955. Cu o încărcătură de uraniu de mărimea unei mingi de golf, Nautilus a parcurs peste 110 000 km în doi ani, fără să necesite realimentare.

Submarinele pot rămâne sub apă perioade îndelungate, de aceea necesită sisteme de climatizare care mențin aerul la o temperatură confortabilă și elimină dioxidul de carbon expirat de oameni, înlocuindu-l cu oxigen. Ele produc oxigen la bord prin electroliza apei mării, prin care obțin hidrogen și oxigen. Apele reziduale se depozitează în rezervoare, fiind pompate din când în când în apă.

Apă de băut pentru echipaj se obține prin distilarea apei mării; aceasta se fierbe într-un boiler, iar aburii produși se răcesc pentru a fi transformați în apă pură și se colectează apoi în alt recipient. Sarea și alte impurități rămân în boiler.



Viitorul vă aparține! Visul omenirii de a avea case pe alte corpuri cerești poate deveni realitate. Învățați, cercetați și încercați!

Și mai ales, nu uitați:

*„Rasa umană nu va trebui să pună toate ouăle în același coș sau pe aceeași planetă.”*

Stephen Hawking

## ACTIVITĂȚI DE EVALUARE

**I** Formulați răspunsuri pentru următoarele întrebări:

1. Ce este caloria?
2. Cum se enunță legea de conservare a energiei?
3. Ce este fotosinteza?
4. Care sunt sursele de energie cu amprentă redusă de carbon?
5. Cum se asigură resursele de energie necesare pe Stația Spațială Internațională?

**II** Alegeți litera corespunzătoare răspunsului corect:

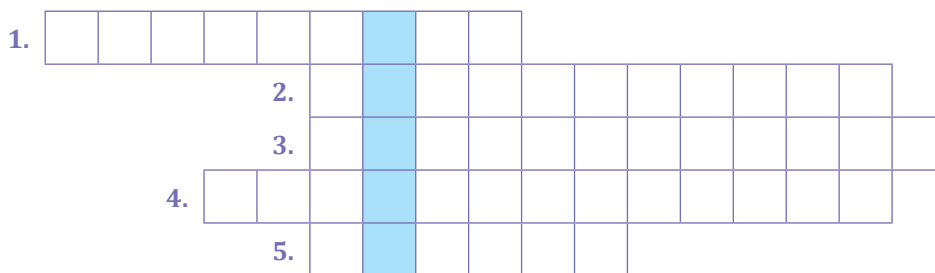
1. Dintre următoarele surse de energie, cea mai redusă cantitate de gaze cu efect de seră este emisă de:  
a) cărbunele brun; b) gazele naturale; c) energia solară; d) petrolul.
2. Pentru a vă reduce amprenta de carbon atunci când faceți cumpărături, ar trebui să utilizați ca sacoșă/pungă: a) propria pungă din plastic; b) propria pungă din hârtie; c) propria sacoșă din pânză de in sau bumbac; d) un produs de unică folosință din magazin (pachet din polietilenă).

**III** Stabiliți valoarea de adevăr a următoarelor afirmații:

1. Carbohidrații reprezintă sursa principală de energie pentru corpul uman. A/F
2. Conversia radiației solare în energie electrică prin efectul fotovoltaic se realizează în celule solare. A/F
3. Termocentrala utilizează energia potențială a unei căderi de apă. A/F
4. În submarine, apa mării se distilează pentru a asigura echipajului apă potabilă pentru băut. A/F

**IV** Completați cuvintele încrucișate și descoperiți cuvântul din coloana albastră:

1. Transformare dintr-o formă de energie în alta.
2. Procesul prin care plantele convertesc energia solară pentru a fabrica nutrienți în formă de zaharide.
3. Nutrienți folosiți de plante pentru propria dezvoltare.
4. Centrală electrică ce utilizează energia potențială a unei căderi de apă.
5. Combustibil fosil.



## TEST PENTRU AUTOEVALUARE

Din oficiu se acordă: 2 p.

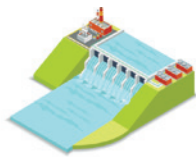
- 1**  
(2 p) Alegeți literele corespunzătoare răspunsului corect:
- 1.** Amprenta de carbon reprezintă: **a)** emisiile de dioxid de carbon în atmosfera planetei de la toate întreprinderile industriale; **b)** rezervele totale de carbon din pădurile de pe Terra; **c)** emisiile totale (directe sau indirecte) ale tuturor gazelor cu efect de seră produse de către o persoană, organizație, eveniment, produs, oraș sau țară; **d)** rezervele de carbon care sunt transformate în dioxid de carbon, atunci când țițeiul și gazul natural sunt arse pentru a obține energie electrică.
- 2.** Modalitățile prin care o persoană sau o companie poate compensa amprenta sa de carbon sunt: **a)** utilizarea unor noi dispozitive eficiente din punct de vedere energetic; **b)** deconectarea dispozitivelor și a luminilor atunci când acestea nu sunt utilizate; **c)** reducerea numărului de dispozitive pentru iluminat; **d)** plantarea de copaci.
- 2**  
(2 p) Completați spațiile libere din text:
- Omenirea încă deține, la ora actuală, ... mari de combustibili ..., dar folosirea lor ... va avea consecințe severe pentru ... . Necesitatea utilizării de centrale ... și stații de producere a ... cu emisii ... și ... de gaze de ... este ... .
- Fotosinteza este ... prin care plantele convertesc energia ... pentru a fabrica nutrienți în formă de ... . Ea asigură ... plantelor, ceea ce duce la existența unei surse esențiale de ... pentru multe animale. În același timp, prin ... se consumă ... din aer și se eliberează ... necesar pentru supraviețuire.
- 3**  
(2 p) Descrieți pe scurt, în 10–12 rânduri, de ce puteți considera că sunteți alimentați cu energie solară.
- 4**  
(2 p) Alegeți literele corespunzătoare centralelor electrice care au emisii foarte scăzute de gaze cu efect de seră.



A



B



C



D



E



F

## JURNAL DE ÎNVĂȚARE

- Reflectează asupra a ceea ce ai învățat în capitolul **ENERGIA ȘI VIAȚA**
- Forme de energie. Surse de energie
  - Energia și viața
  - Sistemul de întreținere a vieții pe o stație spațială
  - Sistemul de întreținere a vieții pe un submarin
- Notează în caiet, în rubricile tabelului alăturat, ceea ce crezi că știi, ceea ce ai învățat și ceea ce ai vrea să mai înveți despre conversia și conservarea energiei în diferite sisteme.

Știu!	Am învățat!	Vreau să știu!



## RĂSPUNSURI

### UNITATEA 1. FENOMENE TERMICE

II. 1. F 2. A 3. F 4. A 5. F 6. A 7. F 8. A 9. F 10. A.

III. 1.  $318,19 < c < 333,35 \text{ J/kg K}$ . 2. 122,5 MJ.

3. 6,6 kJ. 4. 22,83 °C; ar scădea.

IV. 1. C A L O R I C

2. I Z O L A T

3. I N C A L Z I R E

4. C O N D U C T I E

5. J O U L E

6. R A D I A T I E

7. G R A D

Test. 1. termic; căldurii; picături; condensează; temperatura; constant. 3. 2594,4 kJ. 5. 233 g.

### UNITATEA 2. FENOMENE ELECTRICE ȘI MAGNETICE

#### Electrostatică

II. 1. c. 2. d. 3. a. 4. b. 5. d;

III. 1. F 2. F 3. A 4. A 5. A.

IV. 1. sarcina; negativă;  $\cdot 10^{-19}\text{C}$ . 2. electric; paratrăsnit. 3. electroni; liberi. 4. atomice; pozitivă; mișcă. 5. influență; pozitiv; electrizat. 6. respingere; electric; proporțională; distanței.

V. 1.  $\approx 6,67 \mu\text{C}$ . 2. a)  $-8 \mu\text{C}$ ;  $-2 \mu\text{C}$ ;  $10 \mu\text{C}$ ; b)  $5 \cdot 10^{13}$ ;  $125 \cdot 10^{11}$ ;  $\approx 625 \cdot 10^{11}$ . 3.  $45 \mu\text{C}$ ;  $59,0625 \mu\text{C}$ . 4. a)  $160 \mu\text{C}$ ; b)  $80 \mu\text{C}$ ;  $40 \mu\text{C}$ ;  $40 \mu\text{C}$ .

VI. 1. N U C L E U

2. E L E C T R I Z A T

3. I N F L U E N T A

4. S A R C I N A

5. E L E C T R O S C O P

6. F U L G E R

7. I Z O L A T

8. P E N D U L

Test. 1. electric; conductor; forței; respingere. 2. 0; 0;  $-q$ ;  $-q$ ;  $q/2$ ;  $q/2$ ;  $2q$ ;  $2q$ ;  $-2,5q$ ;  $-2,5q$ ;  $6q$ ;  $6q$ . 3. a) pozitiv; b)  $1,6 \cdot 10^{-16} \text{ C}$ . 5. 6F. 6. a)  $10^{11}$ ; b)  $9,1 \cdot 10^{-20} \text{ kg}$ .

#### Electrocinetică

I. 1. Eroare de citire. Să privească perpendicular pe scală. 2. 3 A; 1 A; 12 A. 3. Căldura degajată prin efect Joule este mai mare în cazul rezistenței mai mari. 4. Crește de 3 ori. 5. Micșorată de 2 ori. 6. Scurtcircuit; funcționare în gol.

II. 1. b; 2. d; 3. b.

III. 1. F 2. F 3. A 4. F 5. F 6. A 7. F.

IV. 1. electromotoare; sarcină; circuit. 2. voltmetru; tensiune; deschis; închis. 3. sarcină; conductor; potențial; electrică. 4. rețea; noduri; ramuri; ochiuri. 5. rețea; tensiunilor; suma algebrică; intensitatea; rezistența. 6. rezistoare; tensiunea; intensitatea.

V. 1.a) 2 A; 18 V; b) 20 A; c) 0 A. 2.

$K_1$	închis	închis	închis	închis	deschis	deschis	deschis	deschis
$K_2$	închis	închis	deschis	deschis	închis	închis	deschis	deschis
$K_3$	închis	deschis	închis	deschis	închis	deschis	închis	deschis
$B_1$	X	-	X	-	-	-	-	-
$B_2$	X	-	-	-	X	-	-	-
$B_3$	X	-	X	-	X	-	-	-

3. 5  $\Omega$ . 4. a) 4  $\Omega$ ; b) 5,6 V; c) 4704 J.

VI. 1. R E Z I S T O R

2. I N C H I S

3. T E N S I U N E

4. I N T R E R U P A T O R

5. I Z O L A T O R

6. E L E C T R O L I T

7. I O N I

8. T E R M I C

9. E L E C T R O C U T A R E

10. S U R S A

11. S E R I E

12. W A T T

Test. 1. electrice; funcționării; generator; energie; lucru mecanic. 2 a) lucru mecanic; b) 300 kJ. 3. 19,5 V; 22,5 V. 5. a) 60,3 V; b) 12 W; 6 W. 6. 1,4 V.

#### Efectul magnetic al curentului electric

II. 1 F 2 A 3 A 4 A 5 F.

III. 2. a) 8  $\Omega$ ; b) 47 m; c) 17,5 cm.

IV.

1. M I E Z

2. A C

3. E L E C T R O M A G N E T

4. B O B I N A

5. S P I R E

6. O E R S T E D

Test. 2. bobine; fier; intensifica; curentului; controla; energie; electromagnet; sursă; energie. 3. 3,46 A. 4. a) scade de 2 ori; b) crește de 2 ori.

### UNITATEA 3. FENOMENE OPTICE

II. 1. a) 2. b) 3. b) 4. b) 5. d)

III. 1. F. 2. A. 3. F. 4. A. 5. F. 6. F.

IV. 1. unghi; albe; optică; diferite; refracție; oranj; verde; violet. 2. remotum; fața; ochelarilor; divergente. 3. lumina; substanța; rază; rectilinii; razelor; reversibilității; lumină. 4. separare; medii; direcții; difuză; mată.

V. 1. 25 cm; 2. b) 85 cm; c) 80 cm. 3. b)  $90^\circ$ . 4.  $1,875 \cdot 10^8$  m/s. 5. a)  $\sin r = 0,49$ ; b) sticlă-glicerină;  $\sin l = 0,98$ . 6.  $n \sin A = \sin r$ ; 0,75. 8. b)  $x_2 = 24$  cm;  $\beta = -1$ . 10. a)  $x_2 = -6$  cm; b) 3,75 ori; c) 9 cm. 11. a) 4 cm; c)  $-1/2$ .

VI. 1. P R I S M A  
2. D I V E R G E N T  
3. I N D I C E  
4. R E F R A C T I E  
5. M I O P I E  
6. F A S C I C U L  
7. O C H I  
8. R E M O T U M  
9. H I P E R M E T R O P

Test 1. 1. proximum; mare; spatele; convergente. 2. a) divergentă; c)  $-5$  dioptrii; d) 0,8 cm. 4.  $140^\circ$ . 5. a) convergentă; b) 200 cm. 6.  $\Delta h \approx 33$  cm.

### UNITATEA 4. ENERGIA ȘI VIAȚA

II. 1. c; 2. c.

III. 1. A. 2. A. 3. F. 4. A.

IV. 1. C O N V E R S I E  
2. F O T O S I N T E Z A  
3. C A R B O H I D R A T I  
4. H I D R O C E N T R A L A  
5. P E T R O L

Test 1. 1. c) 2. a), b), c), d). 3. cantități; fosili; exagerată; planetă; electrice; energiei; reduse; nule; seră; stringentă; procesul; solară; zaharide; creșterea; hrană; fotosinteză; dioxidul de carbon; oxigenul. 4. A, B, C, D, F.

Programa școlară poate fi accesată la adresa:  
<http://programe.ise.ro>.

Manualul este prezentat în variantă tipărită și în variantă digitală.

Varianta digitală are un conținut similar celei tipărite.

În plus, cuprinde o serie de activități multimedia interactive de învățare (exerciții interactive, jocuri educaționale, animații, filme, simulări).

*Nu privi niciodată învățătura ca pe o datorie, ci ca pe un prilej de invidiat de a cunoaște frumusețea eliberatoare a intelectului, pentru propria ta încântare și spre folosul comunității căreia îi va aparține munca ta de mai târziu.*

Albert Einstein

LITERA

Tradiție din 1989

 [www.litera.ro](http://www.litera.ro)

ISBN 978-606-33-5474-8



9 786063 354748