

Ministerul Educației al Republicii Moldova

Ion Botgros Viorel Bocancea Vladimir Donici Nicolae Constantinov

FIZICĂ

Manual pentru clasa a IX-a

Ediția a III-a, revăzută și adăugită

CARTIER

Elaborat conform Curriculumului disciplinar în vigoare
și aprobat prin Ordinul Ministrului nr. 321 din 28 aprilie 2016.
Editat din sursele financiare ale Fondului Special pentru Manuale.

Comisia de experți pentru ediția a III-a:

Sergiu Chiriac, *profesor, grad didactic superior, L.T. „Gaudeamus”, mun. Chișinău;*
Valentina Lungu, *profesoară, grad didactic superior, L.T. „I. Creangă”, mun. Chișinău;*
Angela Gordienco, *profesoară, grad didactic superior, L.T. „N. Iorga”, mun. Chișinău;*
Efim Lungu, *profesor, grad didactic superior, L.T. „M. Corlăteanu”, s. Glinjeni, Fălești.*

Comisia de experți pentru edițiile I, II:

Victor Ciuvaga, *profesor, grad didactic superior, L.T. „C. Stere”, or. Soroca;*
Efim Lungu, *profesor, grad didactic superior, L.T. „M. Corlăteanu”, s. Glinjeni, Fălești;*
Igor Evtodiev, *doctor în științe fizico-matematice, conferențiar universitar, USM.*

CARTIER

Editura Cartier, SRL, str. București, nr. 68, Chișinău, MD2012.
Tel./fax: 022 20 34 91, tel.: 022 24 01 95. E-mail: cartier@cartier.md
Editura Codex 2000, SRL, Strada Toamnei, nr. 24, sectorul 2, București.
Tel./fax: 210 80 51. E-mail: romania@cartier.md
Cartier & Roman LLC, Fort Lauderdale, SUA. E-mail: usa@cartier.md
Suport juridic: Efrim, Roșca și Asociații
www.cartier.md

*Cărțile Cartier pot fi procurate online pe shop.cartier.md
și în toate librăriile bune din România și Republica Moldova.
Cartier eBooks pot fi procurate pe iBooks, Barnes & Noble și www.cartier.md*

LIBRĂRIILE CARTIER

Librăria din Centru, bd. Ștefan cel Mare, nr. 126, Chișinău. Tel./fax: 022 21 42 03.
E-mail: librariadincentru@cartier.md
Librăria din Hol, str. București, nr. 68, Chișinău. Tel.: 022 24 10 00.
E-mail: librariadinhol@cartier.md

Comenzi CARTEA PRIN POȘTĂ

CODEX 2000, Str. Toamnei, nr. 24, sectorul 2, 020712 București, România
Tel./fax: (021) 210.80.51
E-mail: romania@cartier.md
www.cartier.md

Taxele poștale sînt suportate de editură. Plata se face prin ramburs, la primirea coletului.

Colecția *Cartier educațional*, seria *Fizica*, este coordonată de Ion Botgros

Editor: Gheorghe Erizanu

Lectori: Em. Galaicu-Păun, Valentin Guțu

Coperta: Vitalie Coroban

Design/tehnoeditare: Ana Cioclo, Mircea Cojocaru

Prepress: Editura Cartier

Tipărită la Combinatul Poligrafic

Ion Botgros, Viorel Bocancea, Vladimir Donici, Nicolae Constantinov

FIZICĂ, MANUAL PENTRU CLASA A IX-A

Ediția a III-a, revăzută și adăugită, iunie 2016

© 2016, 2010, 2003, Editura Cartier pentru această ediție. Toate drepturile rezervate.

Cărțile Cartier sînt disponibile în limita stocului și a bunului de difuzare.

Descrierea CIP a Camerei Naționale a Cărții

Fizică: Manual pentru clasa a 9-a/Ion Botgros, Viorel Bocancea, Vladimir Donici [et. al.];

Min. Educației al Rep. Moldova. – Ed. a 3-a rev. și adăugită. – Chișinău: Cartier, 2016

(Combinatul Poligrafic). – 112 p. – (Colecția „Cartier educațional”, ISBN 978-9975-79-896-9).

33 950 ex.

ISBN 978-9975-86-082-6.

53(075.3)

F 62

Acest manual este proprietatea Ministerului Educației al Republicii Moldova.

Școala/Liceul _____
Manualul nr. _____

Anul	Numele și prenumele elevului care a primit manualul	Anul școlar	Starea manualului	
			la primire	la returnare
1				
2				
3				
4				
5				

- Profesorul trebuie să controleze dacă numele elevului este scris corect.
- Elevii cărora le este destinat manualul nu trebuie să facă nici un fel de notații pe pagini.
- Rugăm ca manualele să fie păstrate cât mai îngrijit.
- Starea manualului se va înscrie folosind termenii: „nouă”, „bună”, „îngrijită”, „nesatisfăcătoare”, „proastă”.

Cuprins

Capitolul I	OPTICA GEOMETRICĂ	7
§ 1.	Legile reflexiei luminii	8
§ 2.	Legile refracției luminii. Reflexia totală a luminii	13
§ 3.	Lentile	17
§ 4.	Formula lentilei subțiri. Mărirea liniară	22
§ 5.	Oglinzi sferice	25
§ 6.	Instrumente optice	28
§ 7.	Ochiul – sistem optic natural	31
§ 8.	Dispersia luminii	34
	<i>Autoevaluare</i>	37
	<i>Evaluare sumativă</i>	38
Capitolul II	INTERACȚIUNI PRIN CÂMPURI	39
§ 1.	Legea atracției universale	40
§ 2.	Sistemul solar	44
§ 3.	Câmpul gravitațional	48
§ 4.	Interacțiunea electrostatică. Legea lui Coulomb	52
§ 5.	Câmpul electrostatic	56
§ 6.	Câmpul magnetic. Interacțiunea dintre conductoare paralele parcurse de curent electric	60
§ 7.	Acțiunea câmpului electric și a celui magnetic asupra sarcinilor electrice aflate în mișcare	64
§ 8.	Câmpul magnetic al Pământului	67
§ 9.	Câmpul electromagnetic	70
	<i>Autoevaluare</i>	73
	<i>Evaluare sumativă</i>	74
Capitolul III	UNDE ELECTROMAGNETICE. INTERACȚIUNI NUCLEARE	75
§ 1.	Undele electromagnetice. Viteza de propagare a undelor electromagnetice. Undele luminoase	76
§ 2.	Determinarea vitezei luminii	80
§ 3.	Clasificarea undelor electromagnetice. Proprietăți ale undelor electromagnetice	83
§ 4.	Undele radio	86
§ 5.	Modelul planetar al atomului	88
§ 6.	Nucleul atomic. Conținutul nucleului atomic. Forțe nucleare	91
§ 7.	Radioactivitatea. Radiații nucleare	95
§ 8.	Fisiunea nucleelor de uraniu. Energetica atomică (nucleară)	99
§ 9.	Reacții termonucleare. Energetica termonucleară	103
§ 10.	Acțiunea radiațiilor nucleare asupra organismelor vii. Regulile de protecție contra radiației	106
	<i>Autoevaluare</i>	109
	<i>Evaluare sumativă</i>	110
	Rolul fizicii în dezvoltarea celorlalte științe ale naturii și în evoluția societății	111
	Răspunsuri la probleme	112

Dragi elevi!

Conținutul acestui manual de fizică este accesibil, concis și ține cont de abilitățile și aptitudinile voastre la această vîrstă școlară. Pe lângă cele formate/dezvoltate pe parcursul anilor precedenți la „Științe” și „Fizică”, cum ar fi: observarea, măsurarea, compararea, clasificarea, ordonarea, experimentarea, manualul vă propune activități de dezvoltare a unor precondiții ale competenței de cunoaștere științifică prin căutarea relațiilor în diferite situații reale, cercetarea științifică a unor fenomene fizice, prin realizarea unor comunicări științifice (în scris și oral), prin formarea unor atitudini și comportamente față de protecția mediului ambiant.

Activitățile propuse în acest manual sînt orientate spre dezvoltarea și stăpînirea integrală a demersurilor de *a ști* cu *a ști să faci*, cu *a ști să fii* și cu *a ști să devii*, care constituie „a învăța să înveți” pe tot parcursul vieții și se obține prin eforturi personale și muncă perseverentă de zi cu zi.

În manual de asemenea sînt precizate la fiecare capitol rezultatele finale determinate prin activitățile de autoevaluare și evaluare sumativă a propriului succes pe care trebuie să-l demonstreze fiecare elev.

În continuare punctăm competențele specifice pe care ne propunem să le formăm elevilor, studiind fizica în clasa a 9-a.

1. Competența de achiziții intelectuale:

- să stăpînești integral cunoștințele dobîndite la fiecare capitol;
- să descrii/explici unele fenomene, procese din natură și proprietăți fizice ale substanțelor (specifice tematicii fiecărui capitol) pe baza cunoștințelor achiziționate și a capacităților dezvoltate (de observare, de analiză și sinteză, de generalizare etc.);
- să stabilești relații pe baza principiului cauză-efect.

2. Competența de investigație științifică:

- să realizezi unele observări și măsurări științifice specifice tematicii studiate pe capitole;
- să efectuezi investigații științifice (experimentale sau teoretice), elaborînd un plan de cercetare;
- să prezinți rezultatele investigațiilor în limbaj variat (tabele, grafice, verbal etc.).

3. Competența de comunicare științifică:

- să te exprimi într-un limbaj corect (în scris sau oral), utilizînd terminologia științifică studiată la descrierea/explicarea unor fenomene din natură;
- să elaborezi comunicări/proiecte științifice, structurate conform unui plan;
- să argumentezi propriul punct de vedere în diverse discuții, dezbateri, situații de comunicare etc.

4. Competența de achiziții pragmatice:

- să utilizezi liber computerul la selectarea informațiilor științifice și prezentarea comunicărilor/ referatelor elaborate;
- să soluționezi unele probleme pe baza cunoștințelor achiziționate, asigurând securitatea personală și a celorlalți;
- să manifesti abilități de colaborare în realizarea unor activități practice în echipă.

5. Competența de protecție a mediului ambiant:

- să valorifici unele probleme de mediu și sursele de poluare din localitate drept consecințe ale utilizării tehnicii moderne;
- să demonstrezi comportament și atitudine responsabile față de protecția și soluționarea unor probleme de mediu.

Formarea și dezvoltarea acestor competențe pot avea loc dacă vei manifesta anumite atitudini:

- fii interesat, receptiv și întotdeauna gata pentru a cunoaște;
- inventariază tot ce știi pentru a începe studierea problemei date:
 - ce știi cu certitudine și ce ai de verificat;
 - ce gândești că știi, dar nu ești pe deplin convins;
- pune mereu întrebări și caută permanent răspuns la ele;
- precizează întrebările la care cauți răspuns;
- colaborează cu colegii de grup, de clasă, ascultă opinia lor și exprimă-ți punctul de vedere.

§ 1. Legile reflexiei luminii

§ 2. Legile refracției luminii.
Reflexia totală a luminii

§ 3. Lentile

§ 4. Formula lentilei subțiri. Mărirea liniară

§ 5. Oglinzi sferice

§ 6. Instrumente optice

§ 7. Ochiul – sistem optic natural

§ 8. Dispersia luminii

Autoevaluare

Evaluare sumativă

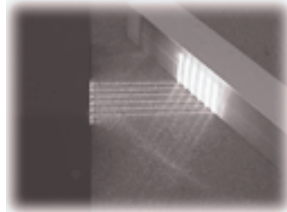


Studiind acest capitol, vei cunoaște:

- *legile reflexiei și legile refracției;*
- *lentilele, oglinda plană și oglinzile sferice;*
- *construcția și principiul de funcționare a unor instrumente optice.*

§ 1. Legile reflexiei luminii

Din clasa a VI-a cunoști că fiecare punct al sursei de lumină emite lumină care se *propagă rectiliniu* în toate direcțiile spațiului într-un mediu dat. O parte din aceste raze nimeresc în ochii noștri și, ca urmare, noi vedem (percepem) sursa de la care pornesc aceste raze.



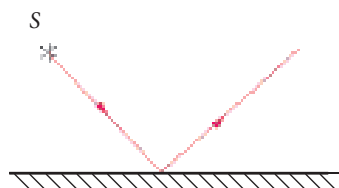
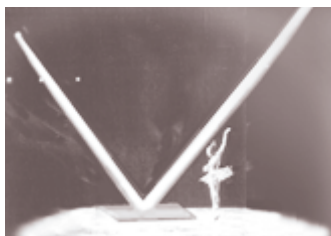
SCURT ISTORIC

Cercetări în domeniul opticii au fost întreprinse încă în Antichitate. Acestea au fost prezentate în lucrările „Optica” și „Catoptica”, ce aparțin lui Euclide, unul dintre cei mai mari filosofi ai Greciei antice, care a trait în secolul III î. Hr. Euclide a definit, în primul rând, noțiunea *rază de lumină* și a formulat pentru prima dată legea propagării rectiliniei a luminii: „Razele de lumină se propagă în linie dreaptă și pleacă la infinit”.



ANALIZEAZĂ SITUAȚIA

- Privește și descrie imaginile de mai jos utilizând noțiunile: *rază de lumină* și *fascicul de lumină*.



DEFINIȚII

- Schimbarea direcției de propagare rectilinie a luminii la suprafața de separație a două medii prin întoarcerea ei în mediul din care vine se numește *reflexie a luminii*.
- Suprafața plană, netedă și lucioasă care reflectă bine lumina se numește *oglină plană*.

Pentru cercetarea fenomenului reflexiei luminii vom folosi un aparat, numit *disc optic*.

Discul optic din fig. 1 este constituit din:

- un disc metalic gradat;
- o sursă punctiformă de lumină (un bec aflat într-o cameră opacă cu orificiu mic), care se deplasează ușor pe perimetrul discului;

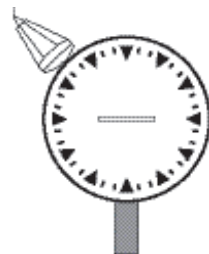


Fig. 1

- o oglindă plană (sau un alt corp ce se studiază) care se poate fixa în centru;
- un stativ pe care se fixează discul împreună cu sursa de lumină.

🔌 ACTIVITATE PRACTICĂ

Experiment

Aparate necesare: un disc optic, o oglindă plană mică.

Mod de lucru:

1. Fixați în centrul discului optic oglinda plană mică.
 - Conectați sursa de lumină la sursa de curent electric.
 - Orientați un fascicul îngust de lumină pe suprafața oglinzii plane.
 - Observați ce se întâmplă cu direcția razei incidente.
2. Deplasați de 2-3 ori sursa de lumină pe perimetrul discului. În acest mod se schimbă direcția razei incidente pe suprafața oglinzii plane.
 - Observați ce se întâmplă cu direcția razei reflectate.
 - Măsurați unghiurile formate de raza incidentă, raza reflectată cu perpendiculara coborâtă în punctul de incidență.

Experimentul efectuat este reprezentat grafic în fig. 2.

🔍 DEFINIȚII

- Unghiul AOC , format de raza incidentă AO și perpendiculara OC , se numește **unghi de incidență**. În fig. 2 acesta este notat cu litera α („alfa”).
- Unghiul COB , format de raza reflectată OB și perpendiculara OC , se numește **unghi de reflexie**. În fig. 2 acesta este notat cu litera β („beta”).

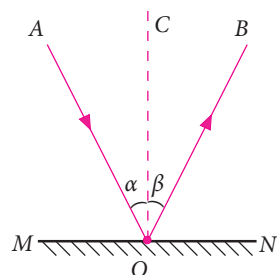


Fig. 2

🔍 REȚINE!

Legile reflexiei luminii:

- Raza incidentă și raza reflectată se află în același plan cu perpendiculara coborâtă în punctul de incidență al razei de lumină pe suprafața reflectoare.
- Unghiul de reflexie β este egal cu unghiul de incidență α . $\angle \beta = \angle \alpha$

🔌 ACTIVITATE PRACTICĂ

Lucrare de laborator: Studiul reflexiei luminii în oglinda plană

Materiale necesare: o bucată de sticlă plană (6 x10 cm), două lumânări identice, o riglă gradată.



Fig. 3



Fig. 4

Mod de lucru:

1. Fixați pe masa de lucru, în poziție verticală, sticla plană.
2. Puneți pe masă, la o distanță de 4+5 cm de la sticlă, o lumânare aprinsă (fig. 3).
3. Analizați ce observați în oglinda plană, formată de suprafața sticlei.
4. Puneți în partea opusă a sticlei a doua lumânare (neaprinsă) și deplasați-o pînă va părea că e aprinsă.
5. Observați:
 - la ce distanță de oglindă se află lumânarea aprinsă și cea neaprinsă;
 - care sînt dimensiunile (înălțimile) lumînărilor?
6. Priviți desenul din fig. 4.
 - Ce poți spune despre imaginea mîinii drepte în oglinda plană?
7. Formulați concluzii.

Pentru construirea imaginii unei surse de lumină în oglinda plană ne folosim de legile reflexiei luminii.

În fig. 5 sînt reprezentate două raze incidente pe o oglindă plană, care pornesc de la aceeași sursă de lumină punctiformă S . Fiecare dintre aceste raze se reflectă conform legilor reflexiei. În continuare ele nu se intersectează. Se intersectează doar prelungirile acestor raze în punctul S_1 (fig. 6), numit imaginea punctului S , care se află după oglinda plană. În realitate, prelungirile razelor reflectate nu există.

► **DEFINIȚIE**

Imaginea obținută la intersecția prelungirilor razelor reflectate se numește *imagine virtuală*.

► **REȚINE!**

Imaginea unui obiect în oglinda plană are următoarele *particularități*:

- este *virtuală*;
- este *dreaptă* (adică nu este răsturnată);
- are *dimensiuni egale cu cele ale obiectului*;
- este *simetrică* cu obiectul față de oglinda plană (adică distanțele obiect – oglindă și oglindă – imagine sînt egale).

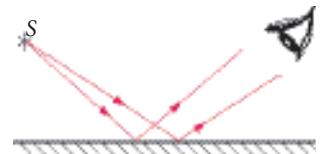
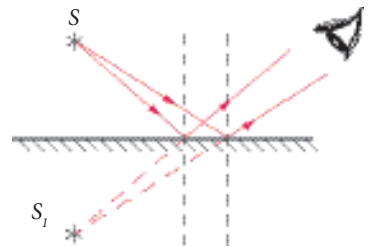


Fig. 5



PROBLEMĂ REZOLVATĂ

Construiți imaginea obiectului AB în oglinda plană (fig. 7).

Rezolvare:

Trasăm la început razele incidente AM și AN , care pornesc din punctul extrem A al obiectului AB și cad în punctele M și N de pe oglinda plană. Conform legilor reflexiei luminii, construim razele reflectate MA_1 și NA_2 (fig. 8). În mod similar, construim razele incidente BM și BN , care pornesc din al doilea punct extrem B al obiectului și cad de asemenea în punctele M și N . Respectiv, construim și razele reflectate MB_1 și NB_2 .

La intersecția prelungirilor razelor reflectate MA_1 și NA_2 obținem punctul extrem A' al imaginii, iar la intersecția prelungirilor razelor reflectate MB_1 și NB_2 obținem punctul extrem B' al imaginii. Evident că toate punctele obiectului AB vor da imagini pe direcția $A'B'$. Unind punctele extreme A' și B' , obținem imaginea $A'B'$ a obiectului AB .

Caracteristica imaginii obținute cu oglinda plană este: egală ca mărime, dreaptă și virtuală:

APLICAȚII

Periscopul este un instrument optic care servește la observarea câmpului de operații. Aceasta se reușește datorită devierii razelor cu ajutorul oglinzilor (fig. 9). Periscopul este utilizat pe larg la dotarea tehnicii militare. Cu ajutorul periscopului se pot face observări asupra inamicului dintr-o tranșee (fig. 10) sau dintr-un submarin, atunci când acesta se află sub apă.

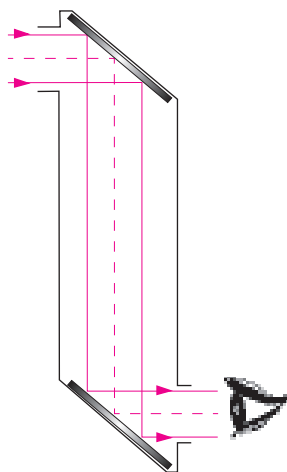


Fig. 9

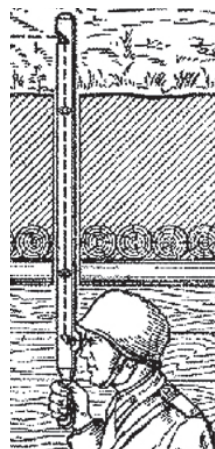


Fig. 10

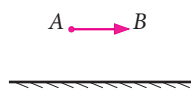


Fig. 7

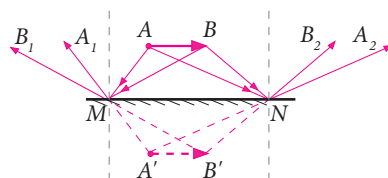


Fig. 8

EXERSEAZĂ!

1. Construieți imaginea obiectului AB în oglinda plană (fig. 11).
2. În care desene (fig. 12) sînt reprezentate raza incidentă sau raza reflectată?
Construiște pentru fiecare caz raza care lipsește.

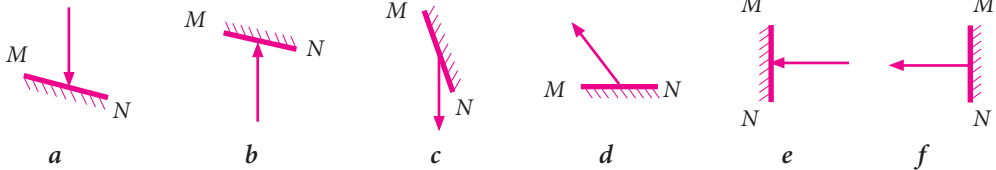
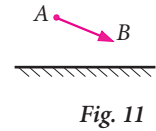


Fig. 12

3. Unghiul dintre oglinda plană și raza incidentă este egal cu 30° . Cu ce este egal unghiul de reflexie?
4. O rază de lumină cade perpendicular pe suprafața oglinzii plane, aflată în poziție orizontală. Cu ce este egal unghiul dintre raza incidentă și raza reflectată în cazul în care un capăt al oglinzii se ridică pînă cînd aceasta formează cu planul inițial unghi de 60° ?
5. Unghiul dintre oglinda plană și raza incidentă este egal cu 25° . Să se afle unghiul format de raza incidentă și raza reflectată.

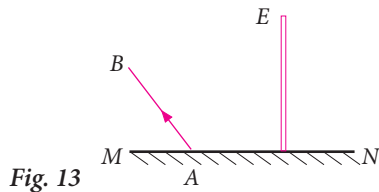


Fig. 13

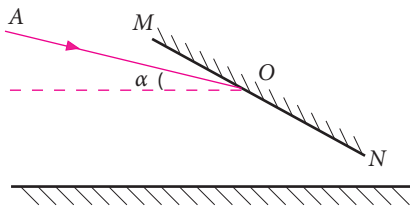


Fig. 14

6. În fig. 13 este reprezentată raza de lumină AB reflectată de oglinda plană MN . În ce punct al ecranului E se află orificiul prin care cade raza incidentă? Folosește o riglă și un raportor.
7. Un elev stătea în fața unei oglinzi. Apoi acesta s-a îndepărtat de ea la distanța de 1 m.
 - a) Cu cît s-a mărit distanța dintre imagine și oglindă?
 - b) Cu cît s-a mărit distanța dintre elev și imaginea lui?
8. O rază de lumină cade pe o oglindă plană. Cu cît se va mări unghiul dintre raza incidentă și cea reflectată, dacă oglinda este rotită cu un unghi $\gamma = 20^\circ$?

9. Unghiul α dintre raza incidentă AO și orizont este egal cu 15° . Sub ce unghi față de orizont trebuie așezată oglinda plană MN pentru ca raza reflectată să fie orientată vertical în jos (fig. 14)?
10. În fig. 15 sînt reprezentate 4 cutii. Cum trebuie fixate în interiorul fiecărei cutii două oglinzi plane pentru ca fasciculul incident și cel reflectat să aibă direcția indicată în figură?

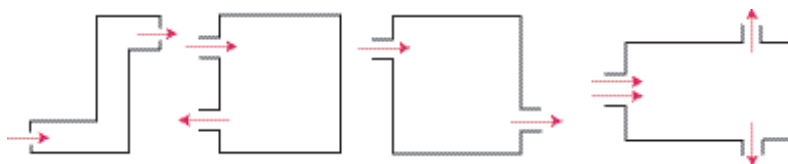


Fig. 15

§ 2. Legile refracției luminii. Reflexia totală

După cum cunoașteți, corpurile prin care se propagă razele de lumină și, în consecință, permit observarea clară a obiectelor așezate în partea opusă se numesc corpuri *transparente*.

În continuare vom studia fenomenul propagării luminii la trecerea ei prin suprafața de separație a două medii omogene și transparente, de exemplu: aer – apă (fig. 1); aer – sticlă (fig. 2).

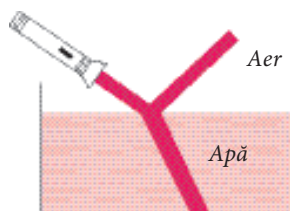


Fig. 1

🔌 ACTIVITATE PRACTICĂ

- Așezați pe o foaie de hîrtie o placă de sticlă (fig. 2).
- Orientați un fascicul îngust de lumină pe suprafața plană a sticlei.
- Observați ce se întîmplă cu fasciculul de lumină la trecerea prin suprafața de separație dintre aer și sticlă.

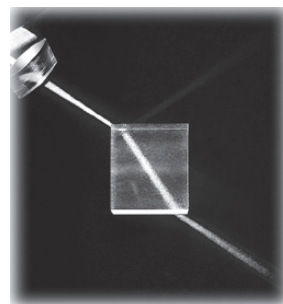


Fig. 2

🔍 DEFINIȚIE

Schimbarea direcției de propagare a luminii la trecerea ei prin suprafața de separație a două medii transparente se numește *refracția luminii*.

În figura 3 este reprezentată suprafața de separare MN dintre două medii, aer și sticlă:

AO – raza incidentă;

OC – raza refractată;

OH – perpendiculara coborîtă în punctul de incidență O pe suprafața de separare MN ;

α – unghiul de incidență;

γ – unghiul de refracție.

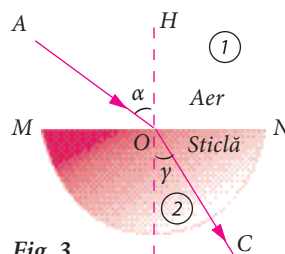


Fig. 3

Ca și reflexia luminii, refracția are loc în conformitate cu două legi, numite *legi ale refracției luminii*.

Legile refracției luminii:

Legea I: Raza incidentă, raza refractată și perpendiculara coborîtă în punctul de incidență al razei de lumină pe suprafața de separare a celor două medii se află în același plan.

Legea II: Raportul dintre sinusul unghiului de incidență și sinusul unghiului de refracție este o mărime constantă pentru două medii date:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n_{21} \quad (1), \text{ unde } n_{21} = \frac{n_2}{n_1}.$$

REȚINE!

Constanta $n_{2,1}$ se numește **indice relativ de refracție** al mediului al doilea în raport cu primul mediu; n_1 – **indice absolut de refracție** al primului mediu (în raport cu vidul); $n_1 = \frac{c}{v_1}$, unde c – viteza luminii în vid, iar v_1 – viteza luminii în primul mediu; n_2 – **indice absolut de refracție** al mediului al doilea; $n_2 = \frac{c}{v_2}$, unde v_2 este viteza luminii în mediul al doilea.

Pentru unele substanțe, în tabelul de mai jos sînt prezentate valorile numerice ale indicelui de refracție în raport cu aerul (pentru lumină galbenă). Menționăm că, pentru aer, indicele absolut este egal aproximativ cu 1.

Din două medii, mai puțin dens din punct de vedere optic este acela al cărui indice absolut de refracție este mai mic.

Substanța	Indicele de refracție în raport cu aerul
Apa	1,33
Gheața	1,31
Sticla	1,60
Zahărul	1,56
Cuarțul	1,54
Diamantul	2,42

LUCRARE DE LABORATOR

Determinarea indicelui de refracție al sticlei.

Materiale necesare: o sursă de lumină, o placă de sticlă cu fețe plan-paralele, un raportor, un creion, ace de siguranță, o bucată de carton.

Mod de lucru:

1. Trasați pe bucată de carton o linie dreaptă.
2. Situați pe carton placa de sticlă astfel ca una din fețele paralele să coincidă cu dreapta.
3. Orientați fluxul de la sursă de-a lungul cartonului și incident pe fața paralelă.
4. Fixați cu acele de siguranță liniile de-a lungul cărora se propagă lumina.
5. Determinați valorile unghiurilor de incidență și de refracție.
6. Calculați valoarea indicelui de refracție al sticlei.
7. Formulați concluzii.

Fie că instalăm sursa de lumină într-un mediu transparent (de exemplu în apă), pentru a observa trecerea razei de lumină într-un mediu mai puțin dens din punct de vedere optic (de exemplu în aer) (fig. 4). Măbind treptat unghiul de incidență, vom observa la suprafața de separare ambele fenomene: refracția și reflexia luminii. Însă la o anumită valoare α_0 a unghiului de incidență, unghiul de refracție va avea valoarea $\gamma = 90^\circ$. În acest caz, raza refractată va fi orientată de-a lungul suprafeței de separare. La mărirea în continuare a unghiului de incidență lumina nu se mai refractă. Vom observa doar reflexia luminii.

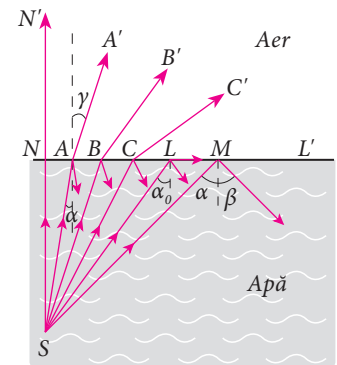


Fig. 4

DEFINIȚII

Fenomenul la care lumina se reflectă totalmente de la suprafața de separare a două medii transparente se numește **reflexie totală a luminii**.

Unghiul α_0 la care valoarea unghiului de refracție $\gamma = 90^\circ$ se numește **unghi-limită**.

Scriind expresia matematică a legii a doua a refracției pentru unghiul-limită, obținem:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{\sin \alpha_0}{\sin 90^\circ} = \frac{n_2}{n_1}.$$

Deoarece $\sin 90^\circ = 1$, iar $n_2 = 1$, putem scrie:

$$\sin \alpha_0 = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1}{n_1}.$$

APLICAȚII

Fibrele optice reprezintă fibre din materiale transparente (sticlă, plastic), care servesc la propagarea luminii prin interiorul acestora.

De regulă, fibrele optice constau dintr-un miez înconjurat de un strat, numit *teacă* (fig. 5). Teaca se confecționează dintr-un material cu indicele absolut de refracție mai mic decât indicele de refracție al miezului, pentru ca lumina să nu părăsească miezul grație reflexiei totale.

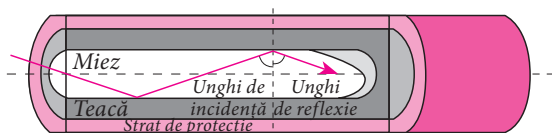


Fig. 5

Fibrele optice se folosesc pe scară largă în telecomunicații, unde sînt utilizate în locul caburilor de metal, deoarece permit transmiterea semnalului la distanțe mai mari și cu pierderi mai mici.



PROBLEMĂ REZOLVATĂ

Sub ce unghi trebuie să cadă o rază de lumină pe suprafața sticlei pentru ca unghiul de refracție să fie egal cu 30° ?

Se dă:

$$\gamma = 30^\circ$$

$$n_1 = 1$$

$$n_2 = 1,6$$

$$\alpha = ?$$

Rezolvare:

Conform legii refracției luminii: $\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{n_2}{n_1}$.

Deoarece $n_1 = 1$, atunci $\sin \alpha = \sin \gamma \cdot n_2$.

Pentru sticlă, $n_2 = 1,6$.

Prin urmare: $\sin \alpha = 0,8$,
iar $\alpha = \arcsin 0,8 = 53^\circ$.

Răspuns: $\alpha = 53^\circ$.

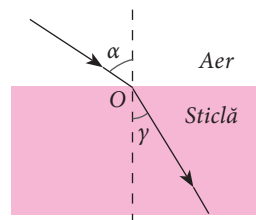


Fig. 6

EXERSEAZĂ!

- În fig. 7 sînt indicate cîteva corpuri din sticlă. Construieste, pentru fiecare caz, raza refractată. Argumentează răspunsul.

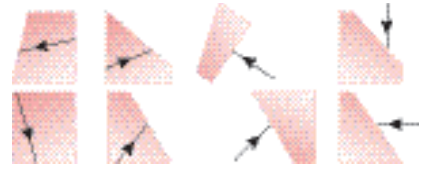


Fig. 7

- În fig. 8 sînt schițate trei situații. Ce fenomene sînt interpretate în aceste situații? Compară indicii de refracție ai mediilor în care se propagă lumina pentru cazurile b și c.

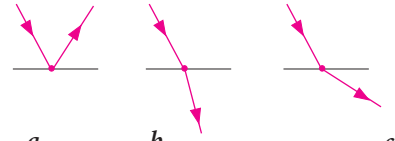


Fig. 8

- În fig. 9 sînt reprezentate 3 corpuri și razele incidente pe ele. Completează fiecare desen cu razele corespunzătoare.



Fig. 9

- Un scafandru a determinat că unghiul de refracție al luminii în apă este egal cu 42° . Sub ce unghi cad razele solare pe suprafața apei?
- O rază de lumină trece din apă în cuarț. Unghiul de incidență este egal cu 30° . Determină unghiul de refracție.
- Unghiul de incidență este de 30° , iar unghiul de refracție este de 23° . Determină unghiul de refracție pentru același mediu, în cazul cînd unghiul de incidență s-ar mări cu 15° .
- Cunoscînd indicele de refracție al substanței, determină condiția în care unghiul de refracție al unui fascicul de lumină ar fi de 2 ori mai mare decît unghiul de incidență.
- Determină unghiul de incidență-limită la trecerea razei de lumină din apă în aer.
- Unghiul de incidență-limită la trecerea razei luminoase dintr-un mediu transparent în aer este $40^\circ 30'$. Identifică acest mediu.
- Demonstrează că la trecerea razei luminoase dintr-un mediu mai puțin dens din punct de vedere optic în altul mai dens reflexia totală a luminii nu poate avea loc.

§ 3. Lentile

Direcția de propagare a luminii poate fi dirijată, adică pot fi schimbate direcția razelor de lumină, forma fasciculelor de lumină etc.

Un rol important în acest proces îi revine **lentilei**.

🔌 DESCOPERĂ SINGURI!

- Privește atent imaginile din fig. 1.
- Imaginează-ți forma spațială a corpurilor (hașurate pe desen) obținute la intersecția a două suprafețe sferice. Suprafețele sferice din desen sînt reprezentate prin cercuri întrerupte.

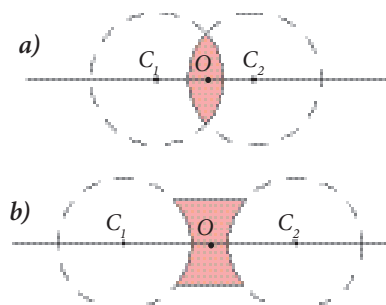


Fig. 1

🔍 DEFINIȚII

- Corpul transparent mărginit de două suprafețe dintre care cel puțin una e sferică se numește **lentilă sferică**.
- Dreapta care trece prin centrele C_1 și C_2 ale suprafețelor sferice care mărginesc lentila se numește **axa optică principală** a lentilei.
- Punctul O situat pe axa optică principală, la trecerea prin care raza de lumină nu-și schimbă direcția de propagare, se numește **centrul optic** al lentilei.

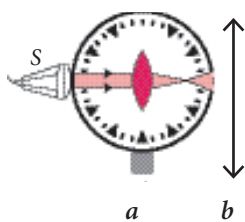


Fig. 2

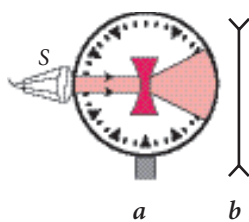


Fig. 3

În funcție de efectul pe care-l produc asupra propagării rectilinii a luminii, lentilele se clasifică în două categorii: **convergente** (fig. 2, a), avînd **simbolul** (fig. 2, b) și **divergente** (fig. 3, a), avînd **simbolul** (fig. 3, b).

Lentilele convergente sînt mai groase la mijloc decît la periferii, iar lentilele divergente – dimpotrivă.

Lentilele convergente și cele divergente pot avea diferite forme. Ele sînt reprezentate în figurile 4 și 5.

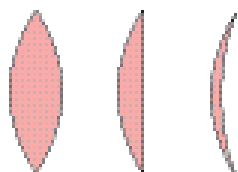


Fig. 4

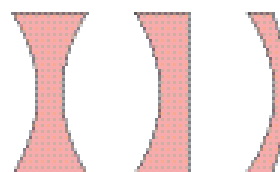


Fig. 5

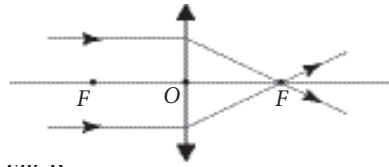


Fig. 6

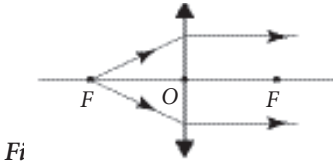


Fig. 7

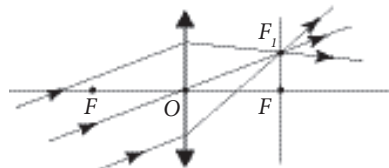


Fig. 8

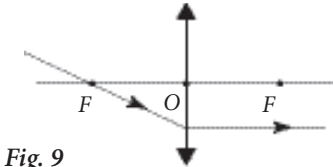


Fig. 9

REȚINE!

- Dacă raza de lumină incidentă pe lentila convergentă este paralelă cu axa optică principală, atunci raza refractată trece prin focarul principal al lentilei (fig. 6).
- Dacă raza de lumină incidentă trece prin focarul principal al lentilei convergente, atunci raza refractată se propagă paralel cu axa optică principală (fig. 9).

În continuare vom cerceta proprietățile principale ale razelor incidente pe *lentilele subțiri*, adică a căror grosime este mult mai mică comparativ cu raza sferelor ce mărginesc lentila.

A. Lentila convergentă

1. Dacă razele de lumină incidente pe lentilă sînt paralele la axa optică principală a lentilei convergente, atunci, refractîndu-se, ele se intersectează într-un punct situat pe axa optică principală, numit *focarul* principal al lentilei (fig. 6). Acesta este *focarul-imagin*.
Focarul-obiect este numit punctul de pe axa optică principală în care trebuie situată sursa punctiformă de lumină, pentru ca fasciculul refractat să se propage paralel cu axa optică principală (fig. 7). Dacă de ambele părți ale lentilei mediile sunt identice, atunci focarele sunt simetrice în raport cu centrul optic.
2. Focarul lentilei se notează prin litera *F*, iar *OF* se numește *distanța focală* a lentilei. Dacă fasciculul de raze paralele incidente pe lentilă nu este paralel cu axa optică principală, atunci punctul de intersecție al razelor refractate se deplasează într-un plan numit *plan focal* (fig. 8).
3. Planul focal este planul perpendicular pe axa optică principală și trece prin focarul principal al lentilei.

Dacă raza de lumină trece prin centrul optic al lentilei, atunci, după trecerea prin lentilă, ea nu-și schimbă direcția de propagare (fig. 10).

Această legalitate se referă și la lentilele divergente.

B. Lentila divergentă

Pentru aceste lentile este caracteristic faptul că, după refracție, razele de lumină se împrăștie și se intersectează numai prelungirile razelor refractate (fig. 11).

Focarul principal al lentilelor divergente este *virtual*.

OF este distanța focală a lentilei divergente (fig. 11).

Proprietățile razelor incidente se aplică la construirea imaginii oricărui obiect, obținute cu ajutorul lentilei convergente sau divergente.

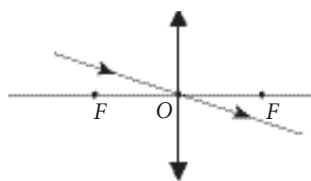


Fig. 10

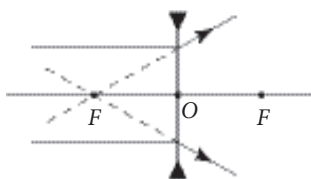


Fig. 11

Construcția imaginii unui obiect liniar în lentilele subțiri se reduce la construirea imaginilor punctelor lui extreme. Pentru aceasta ne folosim de proprietățile principale ale razelor de lumină incidente pe lentilă, studiate în paragraful precedent. Imaginea obiectului se caracterizează în funcție de trei aspecte:

- reală sau virtuală;
- dreaptă sau răsturnată;
- mărită, micșorată sau egală cu obiectul.

A. Să analizăm trei cazuri de construcție a imaginii unui obiect în lentila convergentă subțire.

1. Obiectul se află la o distanță de $d > 2F$ de la lentilă.

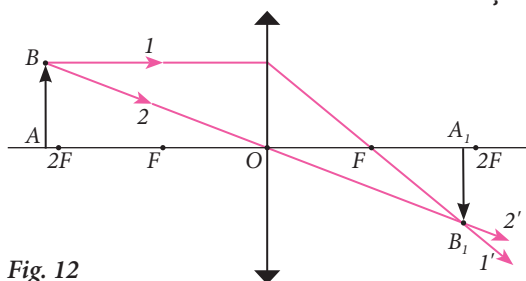


Fig. 12

Construcția imaginii obiectului liniar AB (fig. 12), aflat la această distanță de la lentila convergentă, se reduce la construcția imaginilor punctelor lui extreme A și B .

Deoarece punctul A al obiectului se află pe axa optică principală, respectiv, și punctul A_1 al imaginii lui se află pe această axă (fig. 12). Pentru a construi

imaginea punctului extrem B , ne folosim doar de două raze incidente ce provin din acest punct: raza care este paralelă cu axa optică principală (raza 1) și raza care trece prin centrul optic O al lentilei (raza 2). Punctul B_1 al imaginii obiectului AB se află la intersecția razelor $1'$ și $2'$ (fig. 12). Unind punctele A_1 și B_1 , obținem imaginea obiectului AB .

CONCLUZIE

Cînd obiectul se află la o distanță mai mare decît distanța focală dublă ($d > 2F$) de la lentila convergentă, imaginea lui este **reală, răsturnată și micșorată**.

2. Obiectul se află la o distanță de $F < d < 2F$ de la lentilă.

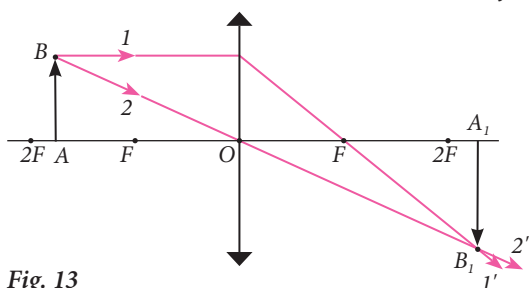


Fig. 13

Pentru construcția imaginii obiectului liniar AB (fig. 13), aflat la această distanță de la lentila convergentă, procedăm asemănător cazului precedent, adică construim imaginile punctelor extreme A și B ale obiectului, folosindu-ne de proprietățile celor două raze incidente 1 și 2.

CONCLUZIE

Cînd obiectul se află la o distanță mai mare decît distanța focală, dar mai mică decît distanța focală dublă ($F < d < 2F$) de la lentila convergentă, imaginea lui este **reală, răsturnată și mărită**.

3. Obiectul se află la o distanță de $d < F$ de la lentilă.

Și în acest caz procedăm asemănător celor două cazuri precedente. Deoarece razele refractate $1'$ și $2'$ nu se intersectează, ci se intersectează numai prelungirile lor (fig. 14), imaginea obiectului AB , în cazul dat, este virtuală.

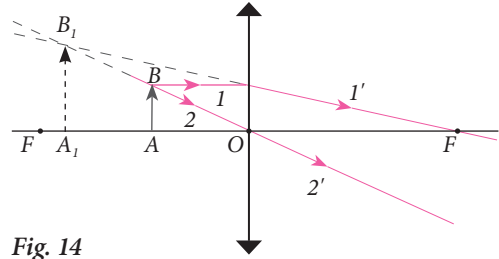


Fig. 14

CONCLUZIE

Când obiectul se află la o distanță mai mică decât distanța focală de lentila convergentă ($d < F$), imaginea lui este **virtuală, dreaptă și mărită**.

B. Să analizăm un caz de construcție a imaginii unui obiect în lentila divergentă subțire.

1. Fie că obiectul se află la o distanță de $F < d < 2F$ de la lentilă.

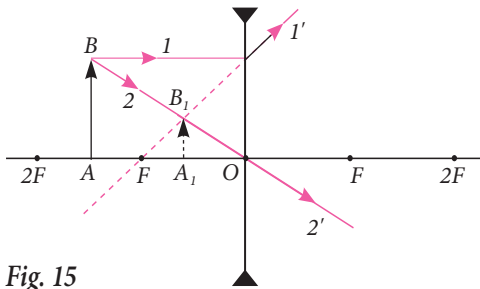


Fig. 15

Pentru construcția imaginii obiectului liniar AB , aflat la această distanță de la lentila divergentă (fig. 15), ne folosim, de asemenea, de proprietățile razelor 1 și 2. Procedăm ca și în cazul construcției imaginii în lentila convergentă, adică construim imaginile punctelor extreme A și B ale obiectului. Se știe că lentila divergentă întotdeauna împrăștie razele refractate provenite dintr-un fascicul paralel cu axa optică principală (fig. 15).

CONCLUZIE

În lentila divergentă, imaginea unui obiect este **virtuală, dreaptă și micșorată**.

LUCRARE DE LABORATOR

Determinarea distanței focale a lentilei convergente.

Materiale necesare: o lentilă convergentă, un ecran, o sursă de lumină, diafragmă cu fantă de dimensiuni cunoscute, riglă (sau ruletă).

Mod de lucru:

1. Construieți în caiet imaginea unui obiect liniar aflat la distanța $d = 2F$ de la o lentilă convergentă.
2. Elaborați planul experimentului pentru determinarea distanței focale a lentilei convergente, folosind construcția geometrică realizată.
3. Efectuați experimentul conform planului elaborat.
4. Formulați concluzii.

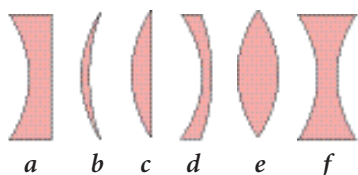


Fig. 16

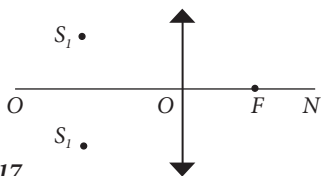


Fig. 17

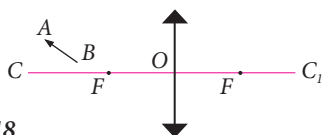


Fig. 18

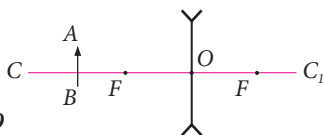


Fig. 19



Fig. 20

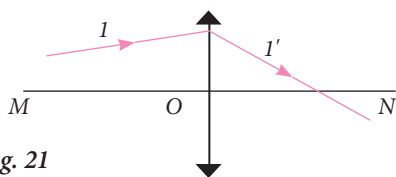


Fig. 21

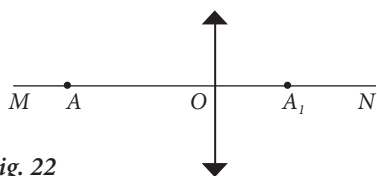


Fig. 22

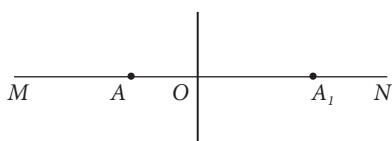


Fig. 23

EXERSEAZĂ!

1. În fig. 16 sînt reprezentate cîteva lentile în secțiune. Identifică lentilele convergente și cele divergente.
2. În figura 17 sînt reprezentate două poziții (S_1 și S_2) ale unui punct luminos S față de o lentilă convergentă cu distanța focală F . Determină poziția imaginii punctului luminos pentru fiecare caz.
3. Construiește imaginile obiectelor AB reprezentate în fig. 18 și fig. 19.
4. În figura 20 sînt reprezentate axa optică principală MN a lentilei, obiectul AB și imaginea lui virtuală A_1B_1 . Determină prin construcție geometrică poziția, tipul și focarul principal ale lentilei.
5. În figura 21 sînt reprezentate axa optică principală MN a lentilei convergente, una dintre razele de lumină (raza 1) incidente pe ea și raza refractată $1'$. Află prin construcție focarul principal al lentilei.
6. Determină prin construcție poziția focarului lentilei convergente (fig. 22), dacă A este un punct luminos, iar A_1 – imaginea lui, care se află pe axa optică principală MN a lentilei.
7. Punctul luminos A și imaginea lui A_1 sînt dispuse pe axa optică principală MN a lentilei cu centrul optic O (fig. 23). Prin construcție geometrică determină focarul lentilei și tipul ei.
8. În figura 24 sînt indicate pozițiile axelor optice CC_1 a două lentile, punctul luminos A și imaginea lui A_1 . Determină prin construcție poziția lentilei, focarul ei și tipul lentilei pentru ambele cazuri.

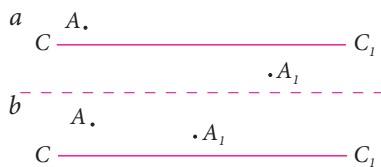


Fig. 24

§ 4. Formula lentilei subțiri. Mărirea liniară

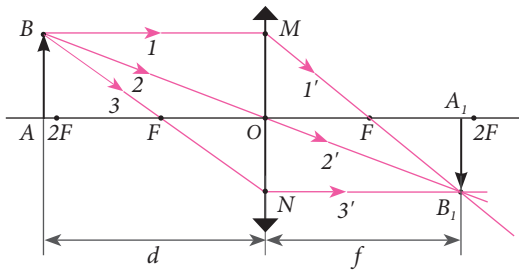


Fig. 1

În acest paragraf vom analiza aspectul geometric al construcției imaginii A_1B_1 a obiectului liniar AB în lentila convergentă subțire, reprezentat în figura 1, precum și relațiile dintre mărimile caracteristice.

Pentru construcția acestei imagini s-au folosit proprietățile razelor incidente de lumină 1, 2 și 3.

Notăm prin d distanța de la obiectul AB pînă la lentilă (pînă la centrul ei optic O), iar prin f – distanța de la imaginea A_1B_1 , de asemenea, pînă la lentilă (vezi fig. 1). Distanța focală a lentilei $OF = F$.

Din asemănarea triunghiurilor $\triangle ABF$ și $\triangle FON$ rezultă:

$$\frac{AB}{ON} = \frac{AF}{FO}. \quad (1)$$

Deoarece și triunghiurile $\triangle OMF$ și $\triangle FA_1B_1$ sînt asemănătoare, avem:

$$\frac{OM}{A_1B_1} = \frac{FO}{FA_1}. \quad (2)$$

Luînd în considerație că $OM = AB$, iar $ON = A_1B_1$ și comparînd egalitățile (1) și (2), obținem:

$$\frac{AF}{FO} = \frac{FO}{FA_1}. \quad (3)$$

Analizînd figura 1, observăm că: $AF = d - F$; $FO = F$ și $FA_1 = f - F$.

Deci egalitatea (3) poate fi scrisă astfel:

$$\frac{d - F}{F} = \frac{F}{f - F}.$$

De unde rezultă: $d \cdot f = d \cdot F + F \cdot f$.

Înmulțind ambele părți ale acestei egalități cu expresia $\frac{1}{F \cdot f \cdot d}$,

obținem: $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$. (4)

▶ REȚINE!

Expresia (4) se numește **formula lentilei subțiri**.

În cazul cînd focarul lentilei, imaginea sau obiectul sînt virtuale, în fața termenilor respectivi din formula (4) se pune semnul „-”.

▶ DEFINIȚIE

Mărirea inversă distanței focale a lentilei se numește **puterea optică** a ei.

Puterea optică se mai numește **convergența lentilei**.

Dacă notăm prin D *puterea optică* a lentilei, atunci, conform definiției, avem:

$$D = \frac{1}{F}. \quad (5)$$

În SI, unitatea de măsură a puterii optice este *dioptria*.

DEFINIȚIE

O dioptrie este puterea optică a unei lentile a cărei distanță focală este egală cu 1 m.

$$1 \text{ dioptrie} = 1 \text{ m}^{-1}$$

REȚINE!

Lentilele convergente au *putere optică pozitivă*, iar lentilele divergente au *putere optică negativă*.

DEFINIȚIE

Mărire liniară a lentilei se numește numărul care ne arată de câte ori dimensiunile liniare ale imaginii sînt mai mari decît dimensiunile liniare ale obiectului.

Dacă notăm prin β *mărirea liniară* a lentilei, atunci, conform definiției, avem:

$$\beta = \frac{A_1B_1}{AB}, \quad (6)$$

sau: $\beta = \frac{H}{h}$, dacă notăm dimensiunile liniare, respectiv: a imaginii $A_1B_1 = H$, iar a obiectului $AB = h$.

Analizînd triunghiurile $\triangle ABO$ și $\triangle A_1B_1O$ (fig. 1), observăm că ele sînt asemenea. Din asemănarea lor obținem că mărirea liniară:

$$\beta = \frac{f}{d}. \quad (7)$$

PROBLEMĂ REZOLVATĂ

Să se determine distanța focală F și mărirea liniară β ale unei lentile convergente subțiri, dacă imaginea reală a unui obiect, aflat la distanța de 15 cm de lentilă, se obține la distanța de 30 cm.

Se dă:

$$d = 15 \text{ cm}$$

$$f = 30 \text{ cm}$$

$$F = ? \quad \beta = ?$$

Rezolvare:

Pentru determinarea distanței focale a lentilei convergente subțiri folosim formula (4):

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}.$$

Din această formulă obținem că, pentru distanța focală F , avem expresia:

$$F = \frac{d \cdot f}{d + f} = \frac{15 \cdot 30}{15 + 30} = 10 \text{ (cm)}.$$

$$\text{Pentru mărirea liniară: } \beta = \frac{f}{d} = \frac{30}{15} = 2.$$

Răspuns:

$$F = 10 \text{ cm; } \beta = 2.$$

EXERSEAZĂ!

- Puterea optică a unei lentile este de 5 dioptrii. Obiectul este situat la distanța de 60 cm de la lentilă. Determină la ce distanță de lentilă se află imaginea obiectului. Construiește desenul și caracterizează imaginea.
- În fața unei lentile convergente cu distanța focală de 1 m se află un obiect cu înălțimea de 0,2 m, la distanța de 0,5 m de la lentilă. Determină: a) la ce distanță de la lentilă se află imaginea; b) mărirea liniară a lentilei; c) înălțimea imaginii obiectului; d) puterea optică a lentilei.
- Un obiect cu înălțimea de 4 m se află la distanța de 6 m de la o lentilă divergentă cu distanța focală egală cu 2 m. Determină: a) la ce distanță de lentilă se află imaginea obiectului; b) înălțimea imaginii obiectului; c) mărirea liniară a lentilei; d) puterea optică a lentilei.
- Distanța dintre o luminare aprinsă și ecran este de 200 cm. Dacă la distanța de 40 cm de luminare se amplasează o lentilă convergentă, atunci pe ecran se obține o imagine clară a lumînării. Determină distanța focală a lentilei.
- Distanța de la o lentilă cu puterea optică de 1,5 dioptrii pînă la imaginea obiectului este de 2 ori mai mică decît distanța de la obiect pînă la lentilă. Determină aceste distanțe și mărirea liniară a lentilei.
- Distanța dintre o luminare aprinsă și ecran este egală cu 3,2 m, iar distanța focală a lentilei este de 0,6 m. Determină: a) la ce distanță de la luminare trebuie amplasată lentila pentru a obține imaginea clară a lumînării mărită de 3 ori; b) puterea optică a lentilei.

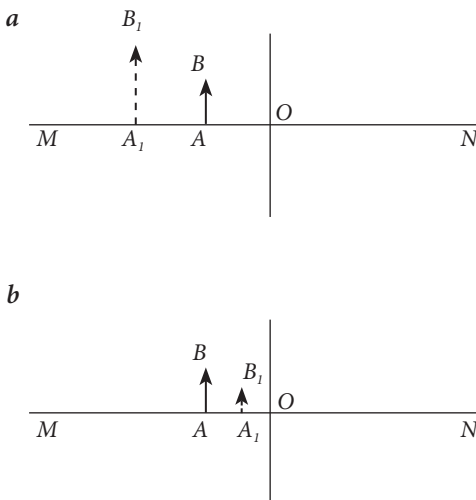


Fig. 2

- În figura 2 a sînt indicate axa optică principală MN a unei lentile, obiectul AB și imaginea lui virtuală A_1B_1 , dată de lentilă. Dacă schimbăm tipul lentilei (fig. 2 b), păstrînd același obiect și aceeași distanță a lui față de lentilă, se obține, de asemenea, o imagine virtuală care se află între obiect și lentilă. Determină tipul lentilelor. Prin construcția geometrică află locul focarului fiecărei lentile.
- Imaginea unui obiect, aflat în fața unei lentile convergente la distanța de 40 cm, este obținută pe ecran în mărime naturală. Determină:
 - distanța imaginii de la lentilă;
 - distanța focală a lentilei;
 - puterea optică a lentilei.

§ 5. Oglinzi sferice

Ați studiat oglinzile plane. În practică se întâlnesc oglinzi ale căror suprafețe alcătuiesc porțiuni de sferă. Aceste oglinzi se numesc **sferice**.



DEFINIȚII

Oglinzile sferice la care suprafața reflectorizantă se află în interior se numesc **concave** (fig. 1).

Oglinzile sferice la care suprafața reflectorizantă se află în exterior se numesc **convexe** (fig. 2).

Elementele principale ale unei oglinzi sferice sînt:

- centrul acesteia O , care coincide cu centrul sferei;
- raza de curbură R ;
- diametrul KM , ce unește extremitățile oglinzii;
- vârful V , cel mai îndepărtat punct de la diametru situat pe suprafața oglinzii;
- axa optică principală a oglinzii – dreapta ce trece prin V și O .

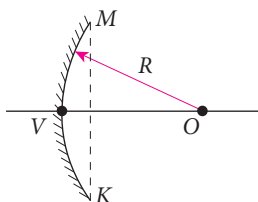


Fig. 1

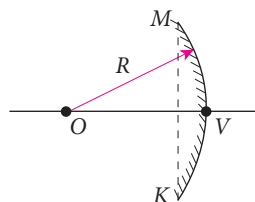


Fig. 2

Dacă pe oglinda concavă cade un fascicul de raze de lumină paralel cu axa optică principală, după reflexie acestea se intersectează într-un punct F , numit **focarul principal** al oglinzii (fig. 3).

Observăm că oglinzile concave sînt convergente, iar focarul principal este real.

La oglinzile convexe focarul principal este virtual (fig. 4). Astfel de oglinzi sînt divergente.

Distanța dintre focarul principal F și vârful oglinzii V se numește **distanță focală principală**.

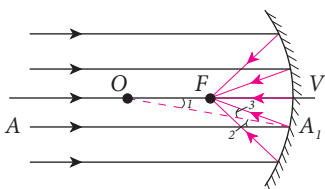


Fig. 3

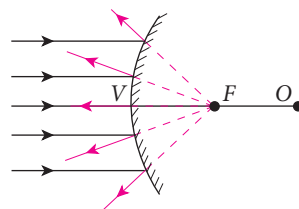


Fig. 4

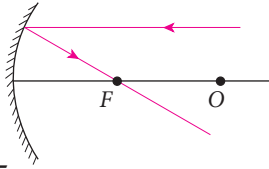


Fig. 5

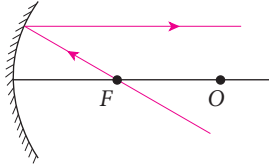


Fig. 6

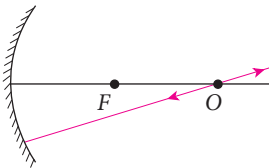


Fig. 7

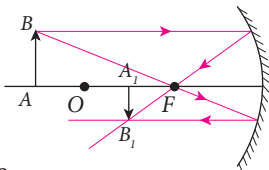


Fig. 8

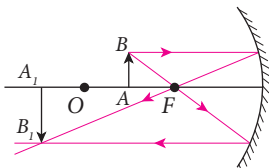


Fig. 9

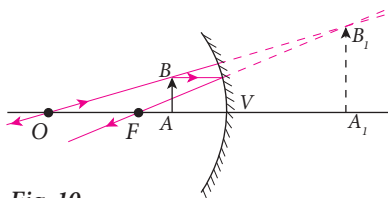


Fig. 10

PROBLEMĂ REZOLVATĂ

Construiți imaginea sursei de lumină S în oglinda sferică (fig. 12), dacă aceasta se află în centrul oglinzii.

Pentru a construi imaginea unui punct în oglinda sferică, vom lua în considerație următoarele proprietăți ale razelor incidente:

1. Dacă raza incidentă pe oglindă este paralelă cu axa optică principală, atunci după reflexie aceasta trece prin focarul principal (fig. 5).
2. Dacă raza de lumină trece prin focarul principal, atunci după reflexie aceasta este paralelă cu axa optică principală (fig. 6).
3. Dacă raza de lumină incidentă trece prin centrul oglinzii, atunci după reflexie aceasta se propagă pe aceeași dreaptă în sens opus (fig. 7).

Vom construi imaginea unui obiect în oglinda concavă pentru următoarele cazuri:

1. Obiectul se află la o distanță mai mare ca R . În acest caz trasăm prin extremitatea B a obiectului o rază paralelă cu axa optică principală și alta ce trece prin focar (fig. 8). La intersecția razelor reflectate obținem imaginea B_1 . În acest caz imaginea A_1B_1 a obiectului AB este reală, inversată și micșorată.
2. Obiectul AB se află între centrul O al oglinzii și focarul principal al acesteia F (fig. 9). În acest caz imaginea A_1B_1 este reală, inversată și mărită.
3. Obiectul se află între focar și vârful oglinzii. În acest caz imaginea punctului B se obține la intersecția prelungirii razelor reflectate (fig. 10). Deci imaginea obiectului AB va fi virtuală. De asemenea aceasta va fi mărită și dreaptă.

Construind imaginea obiectului AB în oglinda convexă (fig. 11), ne putem convinge că aceasta este întotdeauna virtuală, micșorată și dreaptă.

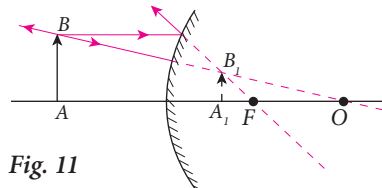


Fig. 11

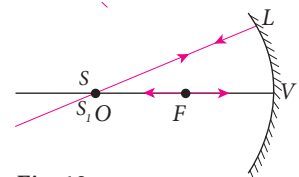


Fig. 12

Rezolvare:

Ducem o rază arbitrară SL . În conformitate cu proprietatea 3, raza incidentă are aceeași direcție cu raza reflectată. A doua rază este SV , care la fel coincide cu raza reflectată. Prin urmare, imaginea S_1 se obține la intersecția razelor reflectate, adică tot în punctul O .

EXERSEAZĂ!

1. Trasați razele sursei S incidente în punctele A și B , precum și razele reflectate (fig. 13).
2. Trasați razele surselor S și S_1 , incidente în punctul A , precum și razele reflectate (fig. 14).
3. Construiți imaginea obiectului AB în oglinda din fig. 15.
4. Construiți imaginea obiectului AB în oglinda din fig. 16.
5. Construiți imaginea obiectului AB în oglinda din fig. 17.
6. În fig. 18 sînt reprezentate o oglindă convexă, obiectul AB și imaginea acestuia A_1B_1 . Determinați prin construcție focarul oglinzii și centrul acesteia.
7. Conform legendei, la apărarea orașului Siracusa, Arhimede aprindea pînzele corăbiilor romane cu ajutorul unor oglinzi sferice. Mai tîrziu în acest oraș a fost înălțat un monument în cinstea lui Arhimede, unde ilustrul savant era reprezentat cu o oglindă sferică orientată spre mare. Putea oare Arhimede să aprindă corăbiile inamicului cu o astfel de oglindă, dacă raza acesteia era mai mică de 1 m?
8. Becul din farul unor autoturisme este înzestrat cu două filamente: unul pentru luminarea în apropiere, iar altul pentru a lumina la distanță. Prin ce se deosebesc fasciculele de lumină ce provin de la aceste filamente? Unde sînt situate aceste filamente?

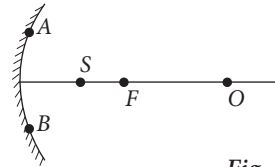


Fig. 13

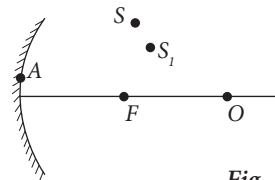


Fig. 14

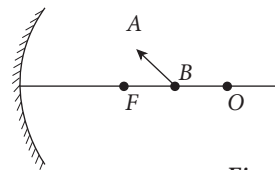


Fig. 15

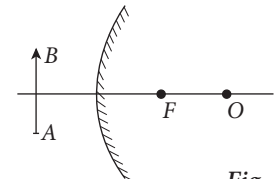


Fig. 16

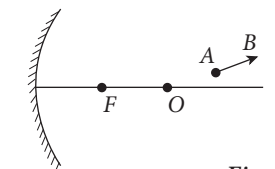


Fig. 17

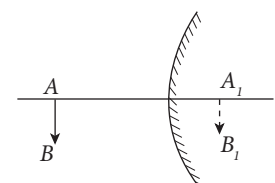


Fig. 18

§ 6. Instrumente optice

Pe baza legilor de refracție și de reflexie a luminii sînt construite diferite aparate optice cu diverse aplicații în activitatea practică a omului.

Partea cea mai importantă a tuturor instrumentelor optice este **sistemul optic format din lentile** (convergente și divergente) și **de oglinzi** (plane și sferice).

În continuare vom studia cele mai simple instrumente optice în ordinea creșterii complexității sistemului optic: lupa, aparatul fotografic, microscopul, luneta și aparatul de proiecție.

a) Lupa

Lupa este o **lentilă convergentă** cu o distanță focală mică (de regulă $1\div 10$ cm). Pentru a privi un obiect oarecare AB , el se situează între lupă și focalul ei F (fig. 1). Cu ajutorul lupei, ochiul vede **imaginea A_1B_1** a obiectului AB , care este **virtuală, dreaptă și mărită** .

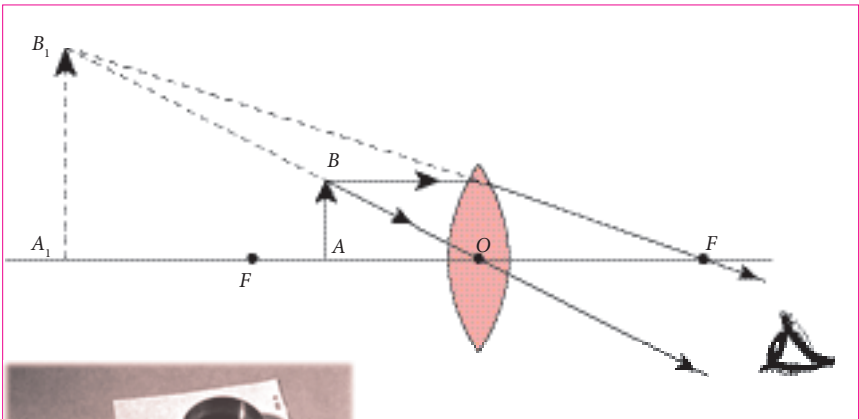


Fig. 1

Lupa este cel mai simplu instrument optic destinat examinării **imaginilor mărite** ale obiectelor mici.

b) Aparatul fotografic

Pentru aparatul fotografic se folosește un sistem convergent de lentile cu distanță focală mică. Atunci cînd se fotografiază, obiectul AB se află, de obicei, la cîteva distanțe focale de obiectiv (fig. 2). Imaginea formată se află după obiectiv. Ea este **reală, micșorată și răsturnată** (fig. 2). În locul de formare a imaginii se fixează filmul (sau alt element fotosensibil) pe care ea se înregistrează. Din cauză că distanța dintre film și lentilă este limitată de dimensiunile geometrice ale aparatului fotografic, se alege lentile cu distanțe focale mici, de cca $30\div 60$ mm.

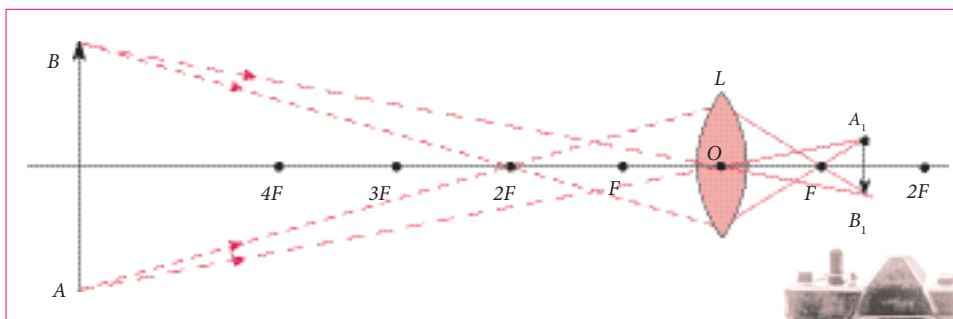


Fig. 2

c) Microscopul

Cel mai simplu microscop este alcătuit din două sisteme convergente, reprezentate convențional prin lentilele L_1 și L_2 (fig. 3). Atunci cînd obiectul AB este așezat în fața lentilei L_1 , numită **obiectiv**, la o distanță puțin mai mare decît distanța focală F_1 , se obține o imagine mărită, A_1B_1 , care este **reală** și **răsturnată**, a obiectului AB (fig. 3). Imaginea A_1B_1 servește ca un obiect real pentru lentila a doua, L_2 , numită **ocular**.

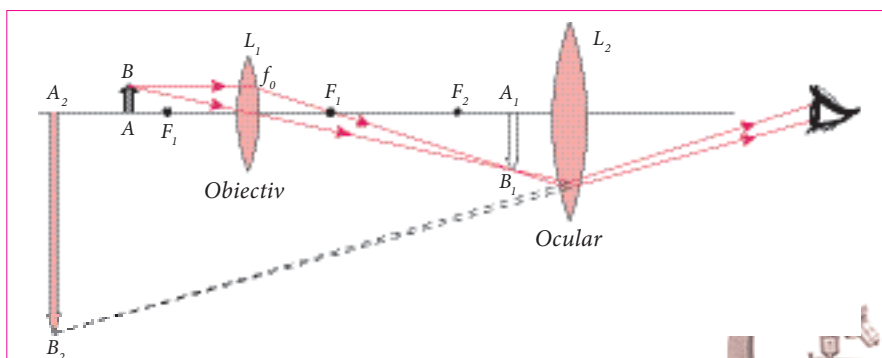


Fig. 3

Ocularul este așezat astfel încît imaginea A_1B_1 să se găsească între lentila L_2 și focalul obiect F_2 (fig. 3). În acest caz ocularul funcționează ca o lupă și îndreaptă spre ochiul observatorului imaginea **virtuală**, **răsturnată** și **mărită** A_2B_2 a obiectului AB . Microscopul permite obținerea unor imagini ale obiectelor mici cu o mărire mult mai mare decît se pot obține cu lupa.

d) Luneta

Luneta este destinată observării obiectelor îndepărtate (de exemplu: planete, stele etc.). Una dintre cele mai simple lunete este constituită dintr-un sistem optic format din două sisteme convergente reprezentate convențional prin lentilele L_1 și L_2 (fig. 4).

Deoarece obiectele sînt foarte îndepărtate, razele de lumină care se propagă de la ele și ajung la lentila L_1 (obiectivul lentilei) sînt practic paralele. Imaginea A_1B_1 , formată de lentila L_1 , se află în planul focal F_1 .

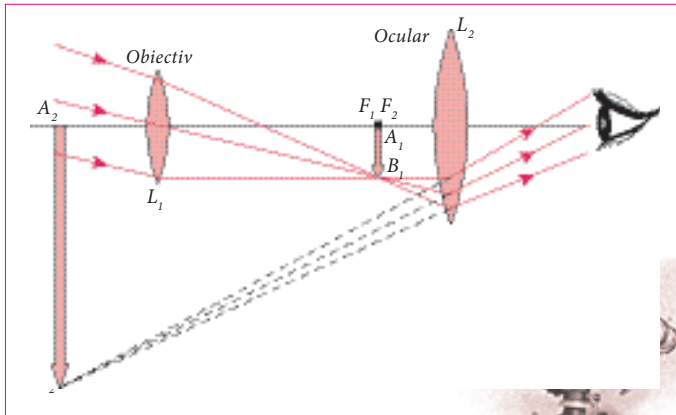


Fig. 4

Această imagine constituie obiectul real pentru a doua lentilă L_2 , numită ocular, care formează imaginea finală A_2B_2 , aceasta fiind **virtuală, răsturnată și mărită**. Pentru ca imaginea A_2B_2 să se vadă la infinit, observatorul deplasează ocularul față de obiectiv (adică L_2 față de L_1) pînă cînd focarul acestuia coincide cu focarul obiectivului (fig. 4).

d) Aparatul de proiecție

Aparatul de proiecție este dispozitivul care formează imagini **reale, răsturnate și mărite** ale unor obiecte proiectate pe ecran. Un aparat de proiecție este format din următoarele părți (fig. 5):

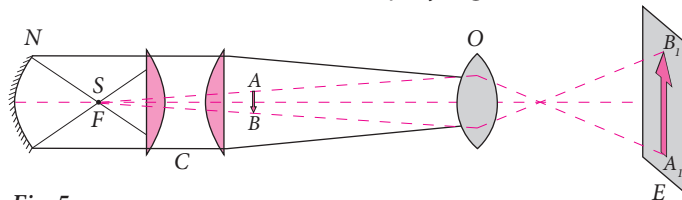


Fig. 5

- sursa de lumină S ;
- oglinda concavă N , care reflectă lumina către obiectul AB ;
- condensorul C , alcătuit din două

lentile, așezate aproape de sursa de lumină, pentru a ilumina bine obiectul de proiectat;

- obiectivul O , care formează imaginea A_1B_1 a obiectului AB pe ecranul E . Pentru ca imaginea răsturnată să fie văzută în poziție verticală, obiectul proiectat se instalează în aparat în poziție răsturnată (fig. 5).

EXERSEAZĂ!

1. Analizează poziția obiectului AB , imaginea lui și propagarea razelor prin lupă (fig. 1). Construiește imaginea acestui obiect pentru două lupe cu distanțele focale $f_1 = 1,5$ cm și $f_2 = 2,5$ cm. Compară dimensiunile imaginilor obținute. De ce depind acestea? Formulează concluzii.
2. Compară propagarea razelor prin lupă și prin aparatul fotografic (fig. 1 și fig. 2). Prin ce se aseamănă și prin ce se deosebesc acestea? Caracterizează imaginile obținute.
3. Din ce cauză obiectul care trebuie privit la microscop se apropie la o anumită distanță de obiectivul lui? Argumentează răspunsul analizînd fig. 3.
4. Compară sistemul optic al microscopului cu cel al lunetei. Prin ce se aseamănă și prin ce se deosebesc acestea? Cum se reflectă deosebirea lor în propagarea razelor? Formulează concluzii.

§ 7. Ochiul – un sistem optic natural

Ochiul uman reprezintă un sistem optic natural complicat cu ajutorul căruia omul sesizează vizual mediul ambiant (fig. 1).

Forma ochiului este aproape sferică (fig. 2). El este acoperit cu o membrană protectoare, numită **sclerotică**. Partea din față a scleroticii – **corneea** (1) – este transparentă. În spatele corneei se află **irisul colorat** (2) cu un orificiu, numit **pupila**. Irisul poate avea diferite culori, fapt care determină culoarea ochilor. Între corneea și iris se află **umoarea apoasă**.

Cristalinul (3) este un corp transparent, ce se aseamănă cu o **lentilă convergentă**. Cristalinul este menținut de mușchi (4), care îl fixează de sclerotică. După cristalin se află **umoarea sticloasă** (5). Ea este transparentă și umple tot ochiul.

Fundul ochiului e acoperit cu o membrană (6), numită **retină**. Retina este formată din fire foarte subțiri, care reprezintă niște ramificații ale terminațiilor **nervului vizual**, sensibile la lumină.

Razele de lumină, nimerind în ochi, se refractă în **corneea**, **cristalin** și **umoarea sticloasă**, care alcătuiesc **sistemul optic** al ochiului. Datorită refracției luminii pe retină se formează o imagine **reală, micșorată și răsturnată** a obiectelor pe care le privim, excitând terminațiile nervului vizual (fig. 3). Excitațiile se transmit prin fibrele nervoase în creier, obținându-se astfel o impresie vizuală.

Pe retină se formează o imagine clară pentru diferite poziții ale obiectului, adică obiectul poate fi în depărtare (fig. 4, a) sau în apropiere (fig. 4, b). Aceasta se datorește **variației curburii cristalinului** sub acțiunea mușchilor: ea este mică atunci când privim obiecte îndepărtate, și crește atunci când privim obiecte apropiate.

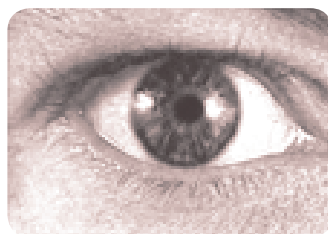


Fig. 1

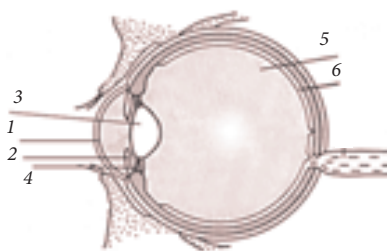


Fig. 2

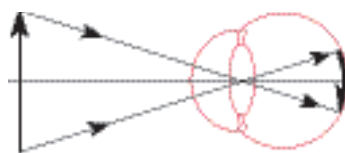


Fig. 3

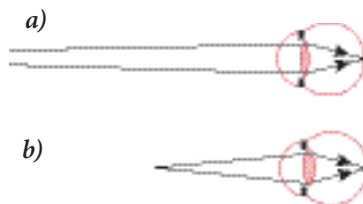


Fig. 4

► **DEFINIȚIE**

Modificarea curburii cristalinului care permite ochiului să vadă obiecte aflate la distanțe diferite se numește **acomodarea vizuală**.

Datorită acomodării ochiului, imaginea obiectelor privite se obține pe retina lui.

► **DEFINIȚIE**

Ochiul al cărui focar în stare liniștită a mușchiului ocular se află pe retină se numește **ochi normal**.

► **REȚINE!**

Pentru ochiul normal distanța vederii optime, fără a încorda privirea, este de **25 cm**.

Există două tipuri de defecte mai răspândite ale vederii normale: **miopia** și **hipermetropia**.

► **DEFINIȚII**

- Ochiul al cărui **focar** în stare liniștită a mușchiului ocular **se află în fața retinei** se numește **ochi miop**.
- Ochiul al cărui **focar** în stare liniștită a mușchiului ocular **se află după retină** se numește ochi **hipermetrop**.



► **ACTIVITATE DE COMUNICARE**

- Analizați atent imaginile din fig. 5 și fig. 6.
- Determinați în care dintre aceste figuri este reprezentată **miopia** și în care **hipermetropia**.
- Ce lentilă este folosită pentru înlăturarea fiecărui defect al vederii?
- Argumentați răspunsul și formulați concluziile corespunzătoare.

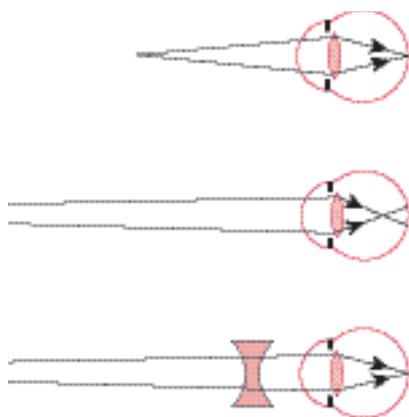


Fig. 5

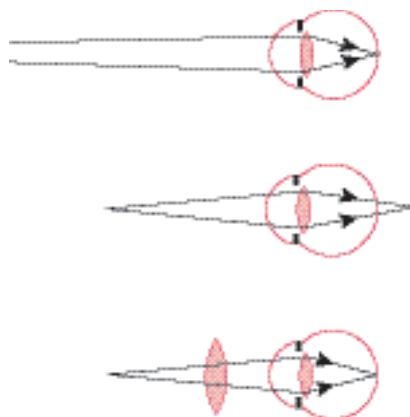


Fig. 6

REȚINE!

- Pentru **corectarea miopiei** se folosesc ochelari cu **lentile divergente**, iar a **hipermetropiei** – ochelari cu **lentile convergente**.
- Cauzele miopiei sau ale hipermetropiei sînt pierderea proprietății de contractare a mușchilor cristalinelui sau mărirea densității cristalinelui.

EXERSEAZĂ!

1. Descrie caracteristica imaginii unui obiect formate pe retină.
2. Ochelarii unui miop, de obicei, se sparg prin cădere mai ușor decît ochelarii unui hipermetrop. Analizează cauza.
3. Doi prieteni, unul miop, iar celălalt hipermetrop, vin în întîmpinare unul spre altul. Ambii n-au ochelari. Care dintre ei îl va observa primul, cu claritate, pe amicul său?
4. Oamenii miopi, de obicei, văd în apă mai bine decît cei normali. Care ar fi cauza?
5. La ce distanță de la ochi trebuie așezată o oglindă plană pentru a vedea imaginea clară a ochilor? Verifică experimental răspunsul.
6. Un om, fără ochelari, citește o carte ținînd-o la distanța de 16 cm. Ce fel de ochelari trebuie să poarte el?
7. Un om poartă ochelari cu lentile convergente. Ce defect al vederii are acesta?
8. Explică prin ce se aseamănă un aparat fotografic modern cu ochiul uman.
9. Care dintre defectele vederii îi dă posibilitate omului să observe distinct două puncte apropiate ale unui obiect sau două obiecte de dimensiuni mici aflate la o distanță foarte mică unul de altul?
10. Ce fel de ochelari poartă un elev, dacă acesta obține cu ei pe un perete imaginea unei ferestre din clasă?
11. Explică din ce cauză miopii, pentru a vedea mai bine, își încordează privirea?



§ 8. Dispersia luminii

Deseori, un fascicul de raze de lumină își poate schimba direcția de propagare rectilinie la suprafața de separare dintre două medii omogene și transparente de două ori.

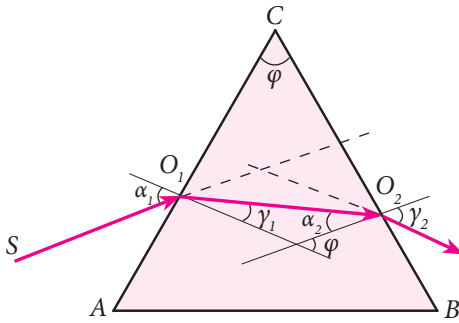


Fig. 1

Din fig. 1 observăm că raza de lumină, fiind refractată de prisma ACB de două ori, se abate într-un sens spre baza AB .

Primul care a studiat fenomenul de propagare a luminii albe prin prisma triunghiulară a fost Isaac Newton.

EXPERIMENTUL LUI NEWTON

Experimentul lui Newton este foarte simplu (fig. 2). Obținând un fascicul îngust de raze de lumină solară de la o gaură mică făcută în obloanele ferestrei, el l-a orientat spre o prismă triunghiulară din sticlă. Refractându-se de două

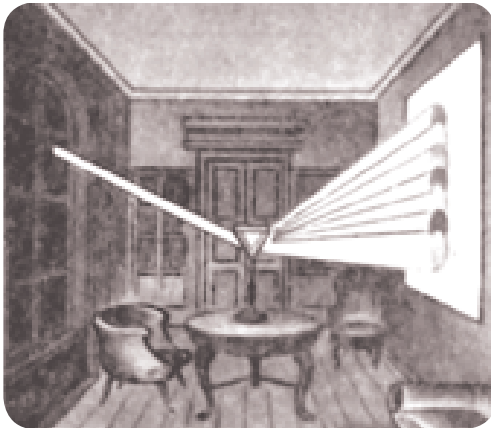


Fig. 2

ori la suprafețele de separare ale prisme triunghiulare (ca în fig. 1), fasciculul luminos cădea pe peretele opus ferestrei din camera întunecoasă, obținându-se astfel o imagine alungită alcătuită din diferite culori (fig. 2).

Raza de lumină SO_1 , ajungând la prima suprafață de separare AC – aer-sticlă, a prisme ACB , se refractă în punctul O_1 . Unghiul de refracție γ_1 este mai mic decât unghiul de incidență α_1 .

Raza de lumină, după prima refracție, cade pe a doua suprafață de separare BC – sticlă-aer, a prisme ACB , și se refractă din nou în punctul O_2 . La această suprafață, unghiul de refracție γ_2 este mai mare decât unghiul de incidență α_2 .

În acest tablou multicolor, I. Newton a evidențiat șapte culori de bază: violet, indigo, albastru, verde, galben, portocaliu și roșu.

Imaginea colorată obținută astfel a fost numită de el **spectru**.

Din aceste experimente, I. Newton s-a convins că prisma triunghiulară nu schimbă lumina albă, ci o descompune în părți componente. Deci lumina albă are o structură complexă.

Mai târziu, I. Newton a perfecționat experimentul său referitor la observarea spectrului cu scopul de a obține culorile cu un plus de claritate. În loc de gaura rotundă, el a folosit o fantă îngustă iluminată de o sursă de lumină puternică. Fasciculul de raze de lumină, format de fantă, cădea pe o lentilă convergență, apoi pe o prismă triunghiulară (fig. 3). Astfel, imaginea fantei a devenit mai alungită în spectru, iar cele șapte culori au fost evidențiate mai clar.

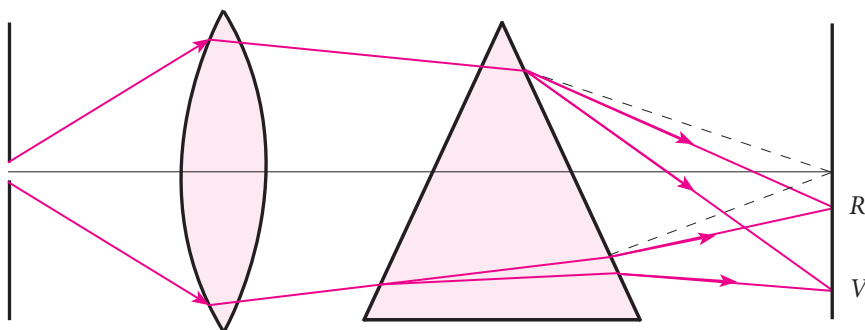


Fig. 3

În tratatul său „Optica”, I. Newton a formulat următoarea concluzie: *razele luminoase care se deosebesc prin culoare se deosebesc și prin gradul de refracție.*

Într-adevăr, după cum se știe, indicele de refracție al mediului dat depinde de viteza luminii v , iar indicele absolut de refracție $n = c/v$.

Într-o substanță dată, razele de lumină roșie se refractă mai puțin, din cauză că viteza de propagare este mai mare, pe când lumina violetă are viteză de propagare mai mică, deci se refractă mai mult.

DEFINIȚIE

- Dependența indicelui de refracție al mediului transparent de lungimea de undă a luminii se numește **dispersie**.

REȚINE!

- Prisma triunghiulară descompune lumina albă în culori din care constă radiația incidentă. Aceste culori se schimbă continuu de la roșu la violet;
- Rezultatul acestei descompuneri îl constituie spectrul continuu al luminii albe;
- Lumina albă, constituită din radiații de diferite culori, este numită **policromatică**;
- Lumina de o singură culoare se numește lumină **monocromatică**;

- Spectrul luminii emise de corpurile incandescente depinde de temperatura lor: cu cât aceasta este mai înaltă, cu atât lumina produsă este mai bogată în radiații albastre și violete, iar spectrul este mai luminos.

REZOLVĂ SINGURI!

1. În câte culori ar apărea lumina înconjurătoare, dacă soarele ar emite radiație monocromatică de culoare roșie?
2. În apă, viteza de propagare a razelor de lumină de culoare violetă este mai mare decât a celor de culoare roșie. Cum este indicele de refracție pentru razele violete față de indicele de refracție pentru razele roșii?
3. Un perete alb este privit printr-o prismă triunghiulară. Va fi acest perete colorat în culorile spectrului?
4. Vor avea oare aceeași viteză de propagare în vid radiațiile de culoare roșie și violetă? Dar în sticlă? Argumentează răspunsul.
5. Pe o foaie de placaj neagră a fost lipită orizontal o foaie de hârtie de culoare albă. Ce culoare vor avea marginile de sus și de jos ale acestei fișii, dacă o vom privi printr-o prismă triunghiulară așezată cu muchia de refracție în sus?
6. Pe o foaie albă este scris un text cu litere de culoare roșie. De ce culoare trebuie să fie sticla pentru ca, privind prin ea, să se vadă literele textului de culoare neagră? Dar pentru a nu le vedea deloc?
7. Construiește drumul unei raze de lumină printr-o prismă triunghiulară (fig. 4), dacă indicele de refracție al substanței din care este confecționată prisma este mai mare decât indicele de refracție al mediului înconjurător ($n_2 > n_1$).
8. Construiește drumul unei raze de lumină printr-o prismă triunghiulară (fig. 5), dacă indicele de refracție al substanței din care este confecționată prisma este mai mic decât indicele de refracție al mediului înconjurător ($n_2 < n_1$).

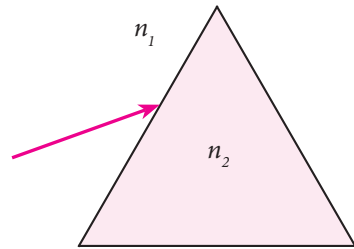


Fig. 4

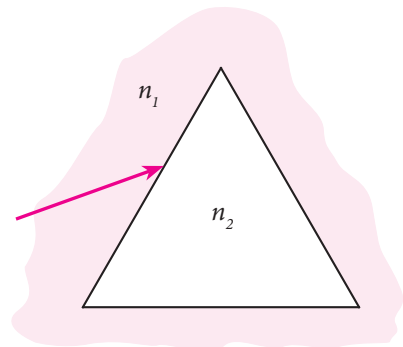


Fig. 5

AUTOEVALUARE

ACUM POT SĂ DEMONSTREZ URMĂTOARELE COMPETENȚE:

1. Competența de achiziții intelectuale

- să explic fenomenele de reflexie, refracție și dispersie a luminii, principiul de funcționare a unor instrumente optice.

Exemplul nr. 1:

Explică principiul de funcționare a microscopului, reprezentînd pe un desen obținerea imaginii.

- să identific relații cauză-efect la descrierea fenomenelor optice.

Exemplul nr. 2:

Completează propoziția astfel încît ea să fie adevărată: Razele de lumină roșie se refractă mai puțin decît cele violete din cauză că de a acestora este mai

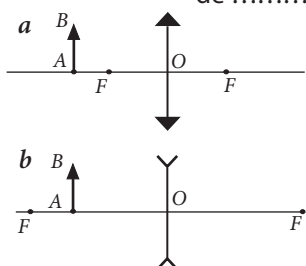


Fig. 1

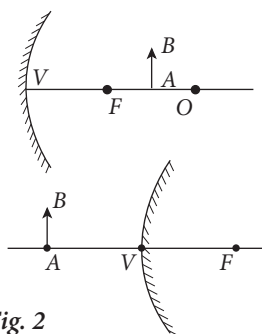


Fig. 2

Exemplu:

Scrie un eseu pe tema „Corectarea defectelor vederii cu ajutorul ochelariilor”, în care: a) să se menționeze poziția imaginilor față de retină; b) să se argumenteze alegerea tipurilor de lentile pentru ochelari.

4. Competența de investigație științifică.

- să elaborez planul unui experiment fizic.

Exemplu:

Elaborează planul unui experiment, care să verifice legea a doua a refracției, avînd la dispoziție o sursă de lumină, o placă de sticlă cu fețe plan-paralele, un raportor, ace de siguranță, o bucată de carton.

2. Competența de achiziții pragmatice.

- să soluționez unele probleme pe baza achizițiilor științifice dobîndite, studiînd optica geometrică.

Exemplul nr. 1:

Distanța dintre obiect și lentila convergentă subțire este de 10 cm. Distanța focală a lentilei este egală cu 7,5 cm. Determină distanța dintre imagine și obiect.

Exemplul nr. 2:

Construiește imaginea obiectului AB în lentila convergentă (fig. 1, a) și în lentila divergentă (fig. 1, b).

Descrîe și compară imaginile formate de aceste lentile.

Exemplul nr. 3:

Construiește imaginea obiectului AB în oglinda concavă și cea convexă (fig. 2). Descrîe și compară imaginile formate de aceste oglinzi.

3. Competența de comunicare științifică.

- să expun liber informația despre defectele vederii și modalitățile de corectare a acestora.

EVALUARE SUMATIVĂ

Acest test se propune pentru verificarea nivelului de performanță pe care l-ai atins în studiul compartimentului „Optica geometrică”.

I. În itemii 1-2 prezintă răspunsul succint.

1. Completează următoarele propoziții astfel ca ele să fie corecte:
 - a) Periscopul servește la observarea câmpului de operații militare, datorită razelor cu ajutorul — **2 puncte**
 - b) Lumina se propagă prin fibrele optice datorită a luminii. — **2 puncte**
 - c) Pentru corectarea miopiei se folosesc ochelari cu lentile divergente, deoarece în stare liniștită a mușchiului ocular focarul se află — **2 puncte**
2. Explică principiul de funcționare a aparatului fotografic, reprezentînd pe un desen obținerea imaginii. — **3 puncte**

II. În itemii 3-5 prezintă rezolvarea completă a problemelor.

3. Construiește imaginile obiectelor în lentila și oglinda reprezentate în fig. 1. — **cîte 2 puncte**

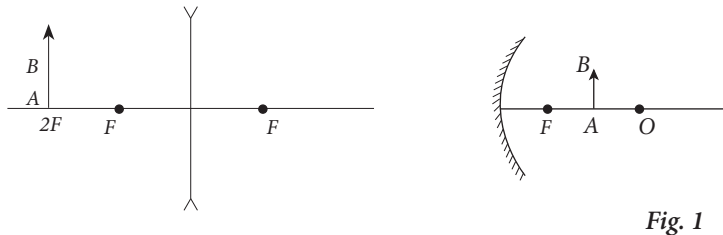


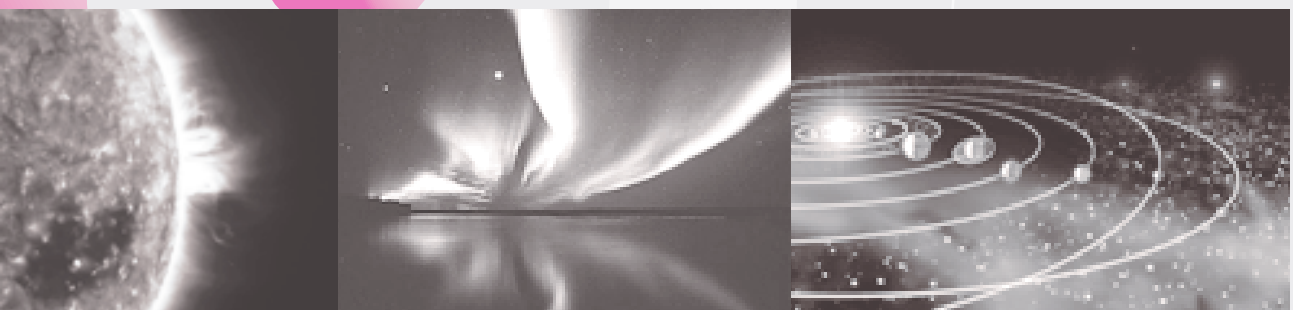
Fig. 1

4. Unghiul dintre suprafața apei și raza reflectată este egal cu 20° . Determină unghiul format de raza incidentă și cea reflectată. — **3 puncte**
 5. Distanța dintre imaginea virtuală și lentila convergentă este de 6 cm. Determină distanța dintre obiect și lentilă și puterea optică a acesteia, dacă distanța focală a lentilei e de 3 cm. — **4 puncte**
- ## III. În itemii 6-7 prezintă răspunsul în formă liberă.
6. Avînd la dispoziție o sursă de lumină, o placă cu fețe plan-paralele, un raportor, un creion, ace de siguranță și o bucată de carton, propune planul unui experiment care să verifice legea a doua a reflexiei. — **5 puncte**
 7. Scrie un eseu pe subiectul „Ochiul – sistem optic natural”, în care:
 - a) să se caracterizeze structura ochiului; — **3 puncte**
 - b) să se explice obținerea imaginii pe retină. — **3 puncte**

- § 1. Legea atracției universale
- § 2. Sistemul solar
- § 3. Câmpul gravitațional
- § 4. Interacțiunea electrostatică.
Legea lui Coulomb
- § 5. Câmpul electrostatic
- § 6. Câmpul magnetic. Interacțiunea
dintre conductoare paralele
parcuse de curent electric
- § 7. Acțiunea câmpului electric
și a celui magnetic asupra
sarcinilor electrice aflate în mișcare
- § 8. Câmpul magnetic al Pământului
- § 9. Câmpul electromagnetic

Autoevaluare

Evaluare sumativă



Studiind acest capitol, vei cunoaște:

- *legile interacțiunilor: gravitațională, electrostatică și electromagnetică;*
- *despre unele proprietăți ale câmpurilor: gravitațional, electric și magnetic;*
- *despre sistemul solar, modelul planetar al atomului.*

§ 1. Legea atracției universale

Din cele mai vechi timpuri omul este preocupat de studiul mișcării corpurilor în Univers. Interesul pentru această problemă creștea pe măsură ce știința se dezvolta mai intens în acele state unde activitatea de producție ajunsese la un nivel înalt. În Grecia antică, mulți savanți prin numeroasele lor observări asupra astrilor au făcut descoperiri în astronomie.

SCURT ISTORIC



Ptolemeu



Nicolaus Copernic



Johannes Kepler



Isaac Newton

- I. Astronomul grec **Ptolemeu** (~ 90–168) a expus în lucrarea sa „Marea compunere” așa-numitul sistem **geocentric** („*geo*” – din greacă înseamnă **Pământ**), potrivit căruia Pământul era considerat nemișcat în centrul Universului, iar Soarele, Luna, planetele și stelele se mișcau în jurul lui.
- II. Prin secolul al XV-lea interesul pentru astronomie a crescut enorm, în această perioadă fiind folosite pe larg mijloace maritime de transport, pe care navigatorii le conduceau orientându-se după stele. Ca rezultat, în prima jumătate a secolului al XVI-lea a apărut o nouă teorie a astronomului polonez **Nicolaus Copernic** (1473–1543), care poate fi exprimată în linii mari în felul următor:
 - în centrul Universului se află Soarele, de aici și denumirea de sistem **heliocentric** („*helios*” – din greacă înseamnă **Soare**);
 - în jurul Soarelui se mișcă pe traiectorii circulare atât Pământul, cât și toate celelalte planete, situate la diferite distanțe de el. La distanțe și mai mari decât planetele se află stelele;
 - mișcarea vizibilă a întregii bolți cerești, cu stelele și planetele, care se produce timp de 24 de ore, este explicată prin rotația Pământului în jurul axei sale, înclinată sub unghiul de $68^{\circ}30'$ față de planul orbitei Pământului.

Teoria lui Copernic necesita o fundamentare din punctul de vedere al fizicii, adică era nevoie de o schemă cinematică ce ar explica mișcarea corpurilor cerești în sistemul solar. Era firesc să apară o serie de întrebări: Ce leagă sistemul solar într-un tot întreg: Soarele de planete; planetele de sateliții lor? Care sînt cauzele mișcării corpurilor la modul general și în particular?

La 100 de ani de la apariția teoriei lui Copernic, pe baza observațiilor făcute de către astronomul danez **Tycho Brahe** (1546–1601), astronomul german **Johannes Kepler** (1571–1630) a stabilit, în 1619, **trei legi generale** de mișcare a planetelor în jurul Soarelui și a sateliților în jurul planetelor.

Determinarea forței care acționează între Soare și planete, între planete și sateliții lor etc. se datorește lui **Isaac Newton** (1643–1727). Pe vremea lui Newton cercetarea mișcării acestor corpuri cerești prezenta un mare interes.

Descoperirea legii de interacțiune gravitațională

Spre deosebire de predecesorii săi N. Copernic, J. Kepler, R. Hooke, G. Galilei, care au stabilit fapte concrete despre mișcarea planetelor, I. Newton a fost primul care a intuit: *cauza mișcării planetelor este interacțiunea dintre acestea.*

În 1667 I. Newton, bazându-se pe o serie de fapte cunoscute pe atunci, precum:

- toate corpurile din apropierea Pământului cad pe el;
- toate corpurile cad în vid în regiunea suprafeței terestre la fel de repede (demonstrat experimental de I. Newton (fig. 1,b));
- Luna se mișcă în jurul Pământului pe o traiectorie aproximativ circulară cu perioada de circa 27,3 de zile;

și-a formulat următoarea problemă: **să se determine forța care reține Luna pe orbita sa circulară în jurul Pământului.**

I. Newton a considerat că forța cu care Luna este atrasă de către Pământ are aceeași natură ca și forța cu care este atras un corp de către Pământ, altfel Luna, în virtutea *inerției*, s-ar mișca uniform pe o traiectorie rectilinie și nu circulară.

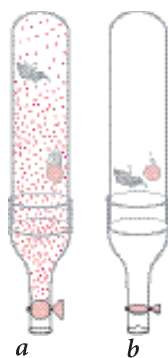
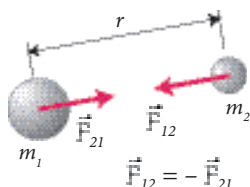


Fig. 1



REȚINE!

Forța gravitațională ce acționează între două corpuri considerate punctiforme este direct proporțională cu produsul maselor, invers proporțională cu pătratul distanței dintre ele și orientată de-a lungul dreptei ce unește corpurile.

Aceasta este legea atracției universale a lui Newton, descoperită în anul 1682 și publicată în 1687 în cartea sa „Principiile matematice ale filosofiei naturale”.

Expresia matematică a forței de atracție gravitațională dintre două corpuri considerate punctiforme se scrie astfel:

$$F = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2}, \quad (1)$$

unde m_1 și m_2 sînt masele corpurilor ce interacționează, r – distanța dintre ele; γ - **constanta gravitațională** („gravitas” – în limba latină înseamnă atracție).

Newton a constatat că după această formulă poate fi calculată forța de atracție dintre orice corpuri din Univers. Din această cauză legea descoperită de el este numită **legea atracției universale**.

Corpuri ca Pământul, Luna, Soarele etc. pot fi considerate punctiforme în raport cu distanța dintre **centrele lor**.

În expresia legii atracției universale (1) se conține constanta gravitațională γ .

Valoarea numerică a constantei gravitaționale γ este foarte mică și poate fi determinată experimental.

SCURT ISTORIC

Valoarea constantei gravitaționale a fost determinată experimental de către **Henry Cavendish (1731–1810)** în anul 1798. Pentru aceasta el a folosit o balanță de torsiune, ce constă dintr-un fir subțire, de care a fost suspendată la mijloc o vergea



Henry Cavendish

orizontală, avînd la capete două sfere mici de platină *A* și *B* de cîte 50 g fiecare (fig.2). În apropierea celor două sfere mici au fost aduse alte două sfere mari de plumb *D* și *C* a cîte 50 kg fiecare. Sferile mici fixate pe balanța de torsiune s-au apropiat de sferile mari de plumb din cauza forței de atracție. Măsurînd unghiul cu care s-a răscuit firul, se poate calcula mărimea forței de atracție.

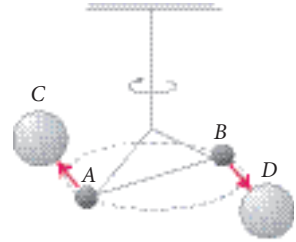


Fig. 2

Numeroase experiențe asemănătoare cu cea a lui Cavendish au fost efectuate pe parcursul anilor următori. În toate experiențele s-a măsurat forța de atracție a două corpuri (fig. 3). Astfel s-a obținut următoarea valoare numerică a constantei universale:

$$\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N m}^2}{\text{kg}^2}.$$



Fig. 3

Aceasta înseamnă că două corpuri punctiforme cu mase egale a cîte 1 kg, aflate la depărtarea de 1 m unul de altul, se atrag cu o forță egală cu a 15-a miliarde parte dintr-un newton. Acum este ușor de înțeles din ce cauză atracția dintre două corpuri aflate pe suprafața Pămîntului nu poate fi observată direct.

Într-adevăr, două corpuri cu mase a cîte 1 kg, aflate la 1m depărtare unul de altul, se atrag cu o forță de $\frac{1}{15} \cdot 10^{-9}$ N, în timp ce fiecare dintre ele este atras de Pămînt cu o forță de 9,8 N, adică cu o forță de 147 de miliarde de ori mai mare.

➤ **REȚINE!**

Caracteristicile de bază ale forțelor gravitaționale:

- forțele gravitaționale sînt **forțe de atracție**;
- forțele gravitaționale sînt „**universale**”, deoarece mărimea fizică „masa” este specifică fiecărei forme a materiei;
- forțele gravitaționale sînt **esențiale** doar în cazul interacțiunii corpurilor cu mase mari cum ar fi corpurile din Univers;
- forțele gravitaționale acționează **la distanțe foarte mari** (infinite) și datorită lor toate corpurile din Univers interacționează;
- forțele gravitaționale sînt **proporționale masei** corpurilor de care sînt create.

🔗 **PROBLEMĂ REZOLVATĂ**

Calculați masa Pămîntului, dacă raza lui este egală cu $637 \cdot 10^4$ m.

Se dă:

$$R = 637 \cdot 10^4 \text{ m}$$

$$g = 9,81 \text{ N/kg}$$

$$\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N m}^2}{\text{kg}^2}$$

M - ?

Rezolvare:

Deoarece toate corpurile din apropierea Pămîntului sînt atrase de acesta, forța de atracție poate fi exprimată în două moduri:

$$F = mg \quad \text{și} \quad F = \gamma \frac{m M}{R^2},$$

unde *M* – masa Pămîntului, iar *R* – raza lui.

Egalînd părțile din dreapta ale acestor două ecuații,

aflăm M : $mg = \gamma \frac{m \cdot M}{R^2}$, de unde $M = \frac{g \cdot R^2}{\gamma}$.

Substituind valorile numerice, obținem: $M \approx 6 \cdot 10^{24}$ kg.

Răspuns: $M \approx 6 \cdot 10^{24}$ kg.



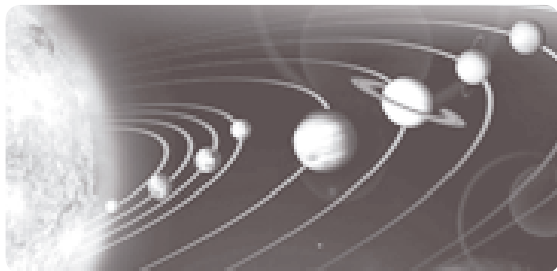
EXERSEAZĂ!

- Masa unui corp este de 10 kg. Cu ce este egală forța cu care acționează Pământul asupra lui la Polul Nord, la Ecuator și la meridianul 45° , dacă accelerația gravitațională în aceste locuri este egală, respectiv, cu: 9,832 N/kg; 9,780 N/kg și 9,806 N/kg?
- Asupra unui corp de pe suprafața Pământului la meridianul 45° acționează o forță de greutate egală cu 49 N. Cu ce este egală masa corpului?
- Cu ce este egală forța de atracție dintre Lună și Pământ, dacă masa Lunii este de $7 \cdot 10^{22}$ kg, iar masa Pământului este de $6 \cdot 10^{24}$ kg? Distanța dintre Lună și Pământ se consideră egală cu 384 000 km. Reprezintă grafic forța de atracție dintre Lună și Pământ.
- Cu ce forță se atrag două sfere identice* cu raza de 25 cm și masa de 300 kg, dacă ele se ating? De câte ori forța cu care Pământul atrage fiecare sferă este mai mare decât forța cu care se atrag sferile între ele? Reprezintă schematic aceste forțe la o scară arbitrară.
- Un satelit artificial după lansare a atins înălțimea de 220 km deasupra Pământului. Cu ce forță este atras satelitul de Pământ, dacă masa lui este de 6,5 t?
- Astronaul care s-a așezat pe Lună este atras atât de ea, cât și de Pământ. Care este raportul dintre forța de atracție a astronautului de către Lună și de Pământ, dacă raza Lunii este de 1730 km?
- Un corp cu masa de 2,5 kg este suspendat de un arc. Cu ce este egală forța de elasticitate a arcului? Reprezintă schematic forțele care acționează asupra corpului la o scară arbitrară.
- Doi elevi cu masele de 40 kg și 50 kg se află la o distanță de 25 m unul de altul. Care este forța de atracție dintre ei? Cu ce forță este atras fiecare elev de Pământ? Compară-le cu forța de atracție dintre ei. Formulează concluzii.
- Compară forța de atracție care acționează asupra unui corp cu masa de 1 kg aflat pe Lună cu forța de greutate care acționează asupra acestui corp aflat pe Pământ la Ecuator. Formulează concluzii.
- Două vapoare cu masa de $0,5 \cdot 10^8$ kg fiecare se află la distanța de 1 km unul de altul. De câte ori se deosebește forța de atracție dintre ele de forța de greutate a fiecăruia?
- Determină forța de atracție dintre două bile din plumb cu diametrul de 1 m fiecare aflate la 1,5 m una de alta. Densitatea plumbului este egală cu $11,3 \text{ g/cm}^3$.

* În problemele pe tema dată deseori se recurge la metode de rezolvare prin abstractizări și aproximații, considerînd corpurile ce interacționează drept punctiforme chiar la distanțe relativ mici.

§ 2. Sistemul solar

După cum cunoașteți, Soarele, cele opt planete* mari cu sateliții lor, câteva planete pitice și un număr mare de asteroizi, comete și meteoriți, praf și gaz cosmic formează **sistemul solar**. În raport cu Soarele planetele mari se află în următoarea



ordine: Mercur, Venus, Pământ, Marte, Jupiter, Saturn, Uranus, Neptun (fig. 1). Toate planetele efectuează o mișcare de revoluție în jurul Soarelui în același sens (împotriva acelor ceasornicului, dacă privim de la Polul Nord al Terrei) pe orbite aproximativ circulare, care se află în același plan (fig. 1).

Fig. 1

Soarele este corpul central al sistemului nostru planelar, fiind cel mai mare corp al acestui sistem. Masa lui este de 333 000 de ori mai mare decât masa Pământului și de 750 de ori mai mare decât suma maselor tuturor planetelor. Masele tuturor planetelor alcătuiesc ~ 0,1 % din masa Soarelui.

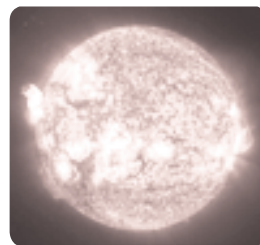
Distanța de la Pământ pînă la Soare este de cca 150 000 000 km. Ea este considerată ca unitate de măsură, numită *unitate astronomică* (1 u. a. = 150 000 000 km).

Diametrul Soarelui este de 109 ori mai mare decât al Pământului. Aceasta înseamnă că în spațiul ocupat de Soare pot încăpea 1 301 000 de planete Pământ.

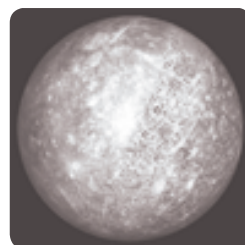
Soarele emană o cantitate enormă de energie în toate direcțiile spațiului cosmic și numai o parte foarte mică ajunge pînă la suprafața Terrei. Cantitatea de energie solară care atinge suprafața Pământului în decurs de câteva zile echivalează cu energia resurselor de cărbune de pe globul pămîntesc. Pentru activitatea solară, după cum au stabilit savanții, importante sînt *petele solare*. Temperatura acestora este cu 2000°C mai mică decât temperatura pe suprafața lui (~6000°C). O pată solară, în medie, are dimensiunea planetei Pământ. Petele se formează în apropierea ecuatorului (dar niciodată pe ecuator) pe o fișie îngustă. Un fenomen important al activității solare îl constituie periodicitatea schimbării numărului de pete, care este egală, în medie, cu 11 ani. Activitatea solară acționează direct asupra vieții pe Pământ, de exemplu, anii în care activitatea solară este maximă sînt mai ploioși etc.

Planetele și sateliții

Mercur este cea mai apropiată planetă de Soare și este greu de observat. Pe suprafața iluminată de Soare temperatura atinge valori de cca 380°C ÷ 400°C,



Soare



Mercur

* Planetă, în traducere din limba latină, înseamnă *rătăcitor*.

iar noaptea scade pînă la -200°C . Mercur este o planetă mică fără atmosferă, suprafața ei fiind acoperită cu un strat de praf. Pe planetă există munți și cratere ca și pe Lună. Planeta Mercur se află la o distanță de cca 90 000 000 km de la Pămînt și aproximativ la 60 000 000 km de Soare.



Venus

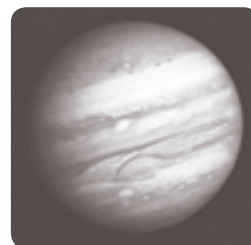
Venus este o planetă puțin mai mică decît Terra ca masă și volum. Ea primește energie solară de 2 ori mai mult decît Pămîntul. Venus este cea mai apropiată planetă de Pămînt, aflîndu-se la o distanță de cca 41 000 000 km. Ea se schimbă după faze ca Luna. Planeta are o atmosferă foarte densă și este veșnic acoperită cu nori. Pe această planetă s-a realizat „efectul de seră”. Temperatura pe suprafața ei este de cca $+480^{\circ}\text{C}$, iar presiunea atmosferică este de 95 de ori mai mare decît pe Pămînt. Planeta Venus poate fi observată numai seara la vest, sau dimineața la est timp de 2÷3 ore. În popor această planetă este numită Luceafărul.



Marte

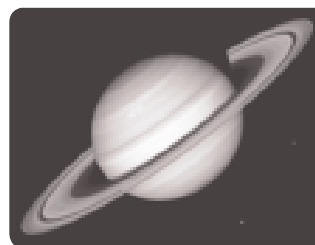
Marte este cea mai cercetată planetă (după Pămînt). Poate fi observată toată noaptea. Se află la o distanță de $\sim 78\,000\,000$ km de la Pămînt și primește energie solară aproximativ de 2 ori mai puțin decît Pămîntul. Diametrul planetei Marte este de ~ 2 ori mai mic decît al Pămîntului, iar masa de ~ 10 ori mai mică. Durata zilei este aproximativ ca cea de pe Pămînt, iar durata anului este de 2 ori mai mare. Axa de rotație a planetei are o înclinație ca și axa Pămîntului, de aceea se observă schimbul anotimpurilor. Temperatura medie pe Marte este de -60°C , iar la ecuator este de $+5^{\circ} \div +10^{\circ}\text{C}$. Atmosfera este formată din bioxid de carbon și este foarte rarefiată. Pe suprafața planetei sînt munți, cratere, deșerturi. Marte are doi sateliți naturali foarte mici: Fobos și Deimos.

Jupiter este cea mai mare planetă din sistemul solar, avînd un volum de 1316 ori mai mare decît al Terrei. În jurul planetei orbitează mai mulți sateliți naturali, patru dintre care i-a observat Galileo Galilei. Suprafața planetei este formată din gaze reci, are o atmosferă densă și un cîmp magnetic puternic. Temperatura atmosferei este de -150°C . Jupiter se află de la Soare la o distanță de 5,2 ori mai mare decît Pămîntul. În prezent se cunosc 60 de sateliți naturali ai lui Jupiter și un inel din praf și gaze. Un an pe această planetă durează aproximativ 11,86 ani tereștri.



Jupiter

Saturn este o planetă puțin mai mică decît Jupiter, dar de 775 de ori mai mare decît Pămîntul. Se află de la Soare la o distanță de 9,5 ori mai mare decît Pămîntul, iar temperatura pe suprafața ei este de -160°C . De pe Pămînt se observă trei inele caracteristice acestei planete. S-a constatat că ea are 7 inele foarte mari, o mulțime de inele mai înguste și peste 60 de sateliți naturali. Cel mai mare satelit natural al ei, Titan, este



Saturn

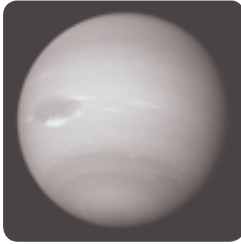
mai mare decât planeta Mercur și are atmosferă proprie, constituită din metan și azot. Un an pe această planetă echivalează cu 29,5 ani terestri.

Uranus este o planetă de 57 de ori mai mare decât Pământul. Se mișcă în jurul Soarelui cu o perioadă de 84 de ani terestri. Temperatura la suprafața ei oscilează între -180°C și -215°C . În prezent se cunosc 27 de sateliți naturali mai mici decât Luna și 10 inele de praf și gaze mai mici decât ale Saturn.



Uranus

Neptun este o planetă gazoasă, care depășește Pământul după volum de 60 de ori.

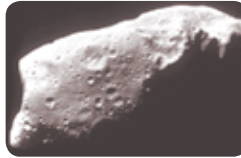


Neptun

Are 13 sateliți naturali și 4 inele de praf și gaze. Este mai departe de Soare decât Pământul de 30 de ori. Temperatura la suprafața ei este de cca -230°C .

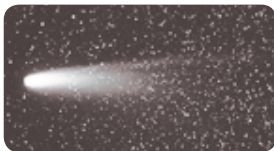
Cele opt planete mari se clasifică după dimensiuni în două grupuri: *grupul terestru*, din care fac parte primele patru planete de la Soare: Mercur, Venus, Pământ, Marte, și *grupul planetelor gigante*, din care fac parte celelalte patru planete: Jupiter, Saturn, Uranus și Neptun.

Asteroizii, cometele și meteoriții



Asteroid

Asteroizii reprezintă o serie de planete foarte mici, care se mișcă pe diferite orbite formând un brâu. Acestea sînt niște pietre uriașe fără o formă geometrică regulată, fără atmosferă, și se estimează că există cîteva sute de mii cu dimensiuni mai mari de 1 km și milioane de corpuri mai mici. Numai 14 asteroizi au dimensiuni mai mari de cca 250 km în diametru. Cel mai mare este asteroidul Ceres, avînd un diametru de 1003 km. Asteroizii mai mici de 500 m în diametru nu pot fi depistați. Majoritatea asteroizilor se mișcă între orbitele planetelor Marte și Jupiter. Unii asteroizi se mișcă pe orbite mai „stranii”, care se întretaie cu orbitele acestor planete. Unii dintre ei întretaie și orbita Terrei. Asteroizii formează familii (grupuri) mici și se mișcă în jurul Soarelui în același sens ca planetele sistemului solar. Se presupune că asteroizii reprezintă niște fragmente în care s-a divizat ipotetica planetă Faeton în urma unei catastrofe.



Cometă

Cometele sînt numite și „stele cu coadă” și fac parte din sistemul solar. În Antichitate se credea că ele prevestesc răul: războaie, boli, catastrofe. Aristotel considera că cometele sînt niște fenomene din atmosfera Pământului legate de evaporare. Mai tîrziu, filosoful roman Seneca afirmă că cometele sînt corpuri cerești cu orbitele lor de mișcare.

Primul care a demonstrat, prin observări directe, că cometele sînt situate mai departe decât Luna a fost astronomul danez Tycho Brahe, în anul 1577. Astăzi se știe că cometele sînt niște corpuri cerești masive cu diametrul pînă la 100 km, formate din corpuri solide mici, gaze congelate, care au o orbită foarte întinsă, ce înconjoară și Soarele. Apropiindu-se de Soare, acest corp, numit și

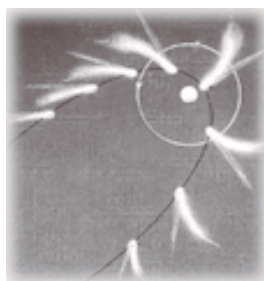
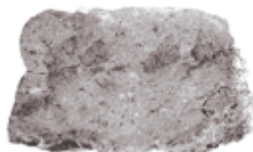


Fig. 2

nucleu, se încălzește. Evaporîndu-se o parte a sa, trece în stare gazoasă, formînd *capul* și *coada* (fig. 2), care sînt orientate dinspre Soare. Dacă nucleul are zeci de kilometri în diametru, atunci capul poate atinge dimensiunile Soarelui, iar lungimea cozii – de la 1 mil. pînă la 150 mil. km – comparabil, cu distanța de la Soare pînă la Pămînt.

Există diferite ipoteze privind proveniența cometelor. Una dintre ele a fost formulată în anul 1950, de astronomul danez Jan Oort (1900-1992), care susține ideea că la marginea sistemului solar, la distanța de cca 150 mil. u.a., există un nor cometar ce conține aproximativ 100 de miliarde de nuclee care s-au format odată cu sistemul solar. Astăzi se cunosc orbitele a peste 600 de comete.

Meteorii, numiți și „pietre din cer”, sînt niște fragmente de corpuri cerești (corp meteoric) cu mase de la cîteva kilograme pînă la zeci de tone. Ajungînd în atmosfera Pămîntului cu o viteză foarte mare, acest corp se transformă într-o sferă incandescentă însoțită de lumină, lăsînd o urmă de fum și producînd zgomot. Într-un moment dat explodează, apoi se stinge în atmosferă.



Meteorit

Dacă corpul meteoric este foarte mare și are o viteză de intrare în atmosferă de cîteva zeci de km/s, atunci el cade pe suprafața Pămîntului, formînd un crater. Asemenea întîmplări sînt foarte rare. Pe globul pămîntesc sînt multe cratere, cel mai mare fiind craterul din Arizona, SUA, care are un diametru de 1200 m și o adîncime de 200 m.

ELABORAREA UNEI COMUNICĂRI

Tema: Planeta Pămînt și satelitul ei – Luna

Plan de lucru:

1. Stabiliți cu profesorul obiectivul pe care îl realizați în echipă (3÷4 membri).
2. Repartizați volumul de lucru între membrii echipei.
3. Selectați informații corespunzătoare obiectivului din diverse surse.
4. Prezentați informația selectată într-o formă logică, clară și concisă, utilizînd un limbaj variat: scheme, tabele, diagrame etc.
5. Discutați comunicarea cu colegii de clasă.
6. Evaluați-vă munca proprie.

EXERSEAZĂ!

1. Caracterizează succint corpurile care formează sistemul solar.
2. Estimează dimensiunile sistemului planetar în u. a., folosind cunoștințele achiziționate.
3. Estimează masa Soarelui, folosind cunoștințele achiziționate.
4. Calculează forțele de atracție gravitațională dintre Soare – Pămînt și Soare – Marte. Compară-le și formulează concluzii.
5. Elaborați un tabel care va conține o informație selectată din textul studiat privind: masa planetelor, distanța lor pînă la Soare, distanța unor planete pînă la Pămînt și raza planetelor.

§ 3. Câmpul gravitațional

Faptul că toate corpurile din Univers se atrag între ele, nefiind în contact direct, sugerează ideea că această interacțiune are loc printr-o formă deosebită a materiei. Adevărul constă în aceea că fiecare corp, avînd *masă*, dă naștere în spațiul din jurul său acestei forme a materiei.

DEFINIȚIE

Forma de existență a materiei din jurul tuturor corpurilor din natură prin intermediul căreia se realizează atracția gravitațională se numește *câmp gravitațional*.

Prin urmare, orice corp din natură atrage alt corp datorită câmpului său gravitațional.

Pentru caracterizarea câmpului și acțiunii sale s-a introdus o mărime fizică de bază, numită *intensitatea câmpului gravitațional*.

DEFINIȚIE

Mărima fizică vectorială egală numeric cu forța cu care câmpul gravitațional acționează asupra unității de masă a unui corp de probă aflat în punctul dat se numește *intensitatea câmpului gravitațional*.

Simbolul intensității câmpului gravitațional este $\vec{\Gamma}$.

Să presupunem că câmpul gravitațional este creat de un corp (centrul gravitațional), a cărui masă este M . Dacă în acest câmp la o anumită distanță r de centru se află un corp de probă, cu masa m , atunci forța de atracție dintre aceste corpuri este:

$$F = \gamma \frac{M \cdot m}{r^2}. \quad (1)$$

În acest caz intensitatea câmpului gravitațional creat de corpul M la distanța r de el, conform definiției, se determină astfel:

$$\vec{\Gamma} = \frac{\vec{F}}{m} \quad (2) \quad \text{sau:} \quad \Gamma = \gamma \frac{M}{r^2}. \quad (3)$$

Câmpul gravitațional din jurul unui corp nu este uniform: acesta e mai puternic în apropierea sa și scade în intensitate pe măsură ce ne îndepărtăm de corp (fig. 1a). Din această cauză, cu cît ne aflăm mai departe de un anumit corp, cu atît atracția lui este mai slabă. Câmpul gravitațional poate fi reprezentat geometric nu numai prin vectori, ci și prin *linii de câmp* (fig. 1, b).

Una dintre proprietățile ce caracterizează doar câmpul gravitațional este aceea că el e *atopătrunzător*, adică pătrunde prin orice substanță.

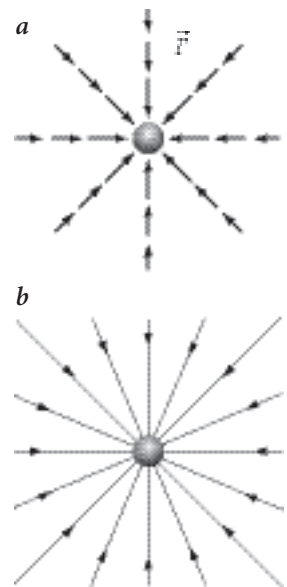


Fig. 1

Din clasa a VII-a cunoașteți despre **forța de greutate** a corpului G . Ea este cauzată de atracția corpului de către Pământ în locul dat.

Forța de greutate se calculează după formula:

$$G = m g, \quad (4)$$

unde m este masa corpului, iar g este mărimea fizică constantă pentru locul dat de pe Terra, numită **acclerația gravitațională**. De exemplu, în zona geografică în care noi locuim $g = 9,8 \text{ N/kg}$.

Conform legii atracției universale, forța ce acționează între Pământ (fie masa lui M) și un oarecare corp (cu masa m_c), aflat pe suprafața sa (R – raza Pământului), este dată de formula:

$$F = \gamma \frac{M \cdot m_c}{R^2}. \quad (5)$$

De fapt, aceasta este **forța de greutate** ce acționează din partea Pământului asupra corpului cu masa m_c . Ea este orientată spre centrul Pământului.

Prin urmare, observăm că: $G = F$.

De aici rezultă că și părțile drepte ale expresiilor (4) și (5) sînt egale, adică:

$$m \cdot g = \gamma \frac{M \cdot m_c}{R^2} \quad \text{sau:} \quad g = \gamma \frac{M}{R^2}. \quad (6)$$

Comparînd expresia (6) cu expresia (3), care reprezintă intensitatea cîmpului gravitațional, putem concluziona: **acclerația gravitațională** g exprimă **intensitatea cîmpului gravitațional la suprafața Pământului**.

Din expresia (6) observăm că intensitatea oricărui cîmp gravitațional depinde de masa corpului care-l creează (în cazul dat – de masa Pământului) și scade odată cu pătratul distanței de la centrul acestui corp (adică depinde de punctul în care se cercetează cîmpul).

În cazul cînd un corp oarecare nu se află pe suprafața Pământului, ci la o înălțime oarecare h deasupra lui, intensitatea cîmpului gravitațional nu este definită de egalitatea (6), ci de următoarea:

$$F = \gamma \frac{M}{(R + h)^2}. \quad (7)$$

Din această formulă rezultă că, odată cu creșterea înălțimii h , intensitatea cîmpului gravitațional se micșorează.

Din clasa a VII-a cunoașteți despre **masa** corpului. Ea reprezintă o mărime fizică ce caracterizează **inertitatea** corpului. Inertitatea unui corp este proprietatea acestuia de a se opune modificării vitezei.

În legea atracției universale, exprimată prin formula $F = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2}$, corpurile se manifestă printr-o proprietate nouă, numită **proprietatea de atracție reciprocă**, iar masa lor apare în calitate de **mărime ce determină intensitatea interacțiunii, adică a atracției** dintre ele. Deci, corpurile cu mase mai mici se atrag cu o **forță mai mică** decât corpurile cu mase mai mari, dacă ele se află **la aceeași distanță**.

DEFINIȚIE

Masa corpului determinată după mărimea forței de atracție de alte corpuri este numită **masă gravitațională**.

Putem trage concluzia că **masa corpului** poate fi simultan definită în două moduri: ca măsură a **inertității**; și ca măsură a **gravitației**.

DEFINIȚIE

Se numește **masă** mărimea fizică scalară ce caracterizează măsura proprietăților inerte și gravitaționale ale corpurilor.

LUCRARE DE LABORATOR

Determinarea intensității câmpului gravitațional cu ajutorul pendulului gravitațional

Materiale și aparate necesare: stativ, bilă (sau alt corp), fir inextensibil, riglă, cronometru.

Mod de lucru:

1. Analizați împreună cu profesorul expresia matematică a perioadei oscilațiilor pendulului gravitațional: $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$.
2. Confecționați un pendul gravitațional.
3. Porniți pendulul să oscileze și fixați timpul în care se efectuează 8 ÷ 10 oscilații complete.
4. Repetați experimentul de 4÷5 ori, modificând de fiecare dată lungimea firului.
5. Înscriveți rezultatele măsurărilor într-un tabel elaborat.
6. Calculați valoarea intensității câmpului gravitațional g pentru fiecare măsurare.
7. Determinați valoarea medie a mărimii fizice g .
8. Formulați concluzii.

 **EXERSEAZĂ!**

1. Care este sensul fizic al constantei gravitaționale?
2. Calculează intensitatea cîmpului gravitațional al Pămîntului la o depărtare de 1600 km de la suprafața lui.
3. La ce distanță de la suprafața Pămîntului intensitatea cîmpului său gravitațional este egală cu 1 N/kg?
4. Cu ce este egală intensitatea cîmpului gravitațional al Pămîntului în spațiul cosmic ocupat de Lună? Distanța de la centrul Pămîntului pînă la centrul Lunii este egală cu $3,84 \cdot 10^8$ m.

$$M_p \approx 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}; \quad \gamma = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N m}^2}{\text{kg}^2}.$$

5. La ce distanță de la centrul Lunii rezultanta intensităților cîmpurilor gravitaționale ale Pămîntului și Lunii este egală cu zero, dacă $M_p = 81 M_L$, iar distanța dintre Pămînt și Lună $r = 384 \cdot 10^3$ km?
6. Determină intensitatea cîmpului gravitațional creat de Lună pe suprafața ei, dacă masa Lunii este egală cu $\sim 7 \cdot 10^{22}$ kg, iar raza ei cu 1730 km.
Compar-o cu intensitatea cîmpului gravitațional creat de Pămînt la ecuator – 9,780 N/kg.
7. Calculează intensitatea cîmpului gravitațional creat de planeta Marte în apropiere de suprafața sa, dacă masa ei este egală cu $\sim 6 \cdot 10^{23}$ kg, iar raza cu 3300 km.
Compar-o cu intensitatea cîmpului gravitațional creat de Lună și de Pămînt în apropiere de suprafețele lor la ecuator.
Cum se va schimba greutatea unui astronaut cu masa de 85 kg călătorind de pe Pămînt spre Lună, apoi spre Marte?
Formulează concluzii.
8. La ce distanță de la suprafața Pămîntului intensitatea cîmpului gravitațional creat de el se micșorează de 4, 9, 16, 25 și 36 de ori?
Compară aceste date cu intensitatea cîmpului gravitațional creat de Pămînt în locul ocupat de Lună (vezi problema nr. 4).
Construiește graficul dependenței intensității calculate a cîmpului gravitațional al Pămîntului de distanță.
Formulează concluzii.
9. Determină intensitatea cîmpului gravitațional creat de Soare în spațiul cosmic ocupat de Pămînt, dacă distanța dintre Pămînt și Soare este egală cu $15 \cdot 10^7$ km. Compar-o cu intensitatea cîmpului gravitațional creat de Pămînt în locul ocupat de Soare.
Formulează concluzii.

§ 4. Interacțiunea electrostatică. Legea lui Coulomb

Din clasa a VIII-a cunoașteți că gradul de electrizare a unui corp este caracterizat de o mărime fizică, numită **sarcină electrică**. Corpurile electrizate interacționează: cele încărcate cu sarcini electrice de același semn (pozitiv sau negativ) **se resping**, și invers, cele încărcate cu sarcini electrice de semn opus **se atrag**.

SCURT ISTORIC



Joseph John
Thompson

- **Benjamin Franklin (1706–1790)** a fost cel care a lansat în anul 1747 ideea despre existența a două feluri de sarcini electrice, pe care le-a numit convențional *pozitivă și negativă*. Mai târziu, în 1759, s-a luat decizia ca sarcinile electrice obținute pe o vergea de sticlă frecată cu blană să fie numite convențional *pozitive*. Sarcinile electrice obținute pe o vergea de ebonită frecată cu postav au fost numite *negative*.
- Fenomenele electrice au fost interpretate corect abia după ce fizicianul englez **Joseph John Thompson (1856–1940)** a descoperit electronul în 1897.



Benjamin Franklin

Conform reprezentărilor științifice contemporane, purtătorii sarcinilor electrice sînt particulele substanțelor. Moleculele substanței sînt alcătuite din **atomi**, iar atomii, la rîndul lor, sînt constituiți dintr-un **nucleu pozitiv** în jurul căruia se mișcă **electronii negativi**. Din această cauză corpurile cu „surplus” de electroni sînt încărcate **negativ**, iar cele cu „deficit” de electroni sînt încărcate **pozitiv**. Corpurile neutre conțin cantități egale de sarcini electrice de ambele semne, adică numărul protonilor este egal cu numărul electronilor.

REȚINE!

- Electronul este considerat purtător de **sarcină electrică elementară negativă**, egală după modul cu $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$.
- Protonul este considerat purtător de **sarcină electrică elementară pozitivă**.



Charles Coulomb

Studiul cantitativ al forțelor de atracție și de respingere între corpurile electrizate se datorează fizicianului francez **Charles Coulomb (1736–1806)**. Această descoperire a fost influențată direct de **legea atracției universale** a lui Isaac Newton.

În anul 1785, Ch. Coulomb a stabilit pe cale experimentală legea de interacțiune electrostatică. Această lege stabilește dependența dintre forța cu care interacționează două corpuri electrizate, punctiforme fixe, mărimea sarcinilor electrice a celor două corpuri și distanța dintre ele, asemănător legii atracției universale.

🔌 CURIOSITATE ISTORICĂ

La mijlocul sec. al XVIII-lea se presupunea că legea interacțiunii sarcinilor electrice este analogică legii atracției universale. Primul care a demonstrat adevărul acestei ipoteze pe cale experimentală a fost Henry Cavendish (1731–1810). Însă lucrările sale referitoare la descoperirile în acest domeniu n-au fost editate. Manuscrisele s-au păstrat mai mult de 100 de ani la Universitatea Cambridge din Londra, fiind publicate abia de James Maxwell (1831–1879). În acest timp savantul francez Charles Coulomb (1736–1806) a stabilit experimental legea interacțiunii corpurilor electrizate, care-i poartă și astăzi numele.

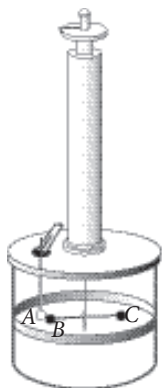


Fig. 1

Balanța de torsiune (fig. 1) este formată dintr-un fir de care e suspendată o bară orizontală izolatoare, avînd la capete două sfere metalice mici B și C. Cînd de sfera B, electrizată pozitiv cu sarcina electrică q_1 , se apropie o altă sferă, A, electrizată tot pozitiv cu sarcina electrică q_2 , forța de respingere este determinată de rotirea brațului BC al balanței sub un anumit unghi. Cu cît este mai mare acest unghi (cu cît firul este răsucit mai puternic), cu atît este mai mare forța de respingere.

- I. Modificînd **distanța** r dintre sferele electrizate A și B (mărimile sarcinilor electrice q_1 și q_2 fiind constantă), Charles Coulomb a stabilit că forța de interacțiune F este invers proporțională cu pătratul distanței (r^2) dintre centrele sferelor electrice.
- II. Modificînd **mărimea sarcinilor electrice** (q_1 și q_2) de pe cele două sfere A și B, el a constatat că forța de interacțiune F dintre ele este direct proporțională cu mărimea sarcinilor electrice q_1 și q_2 .

🔍 REȚINE!

Forța electrostatică (de atracție sau de respingere) dintre două corpuri punctiforme electrizate fixe este direct proporțională cu produsul modulelor sarcinilor electrice, invers proporțională cu pătratul distanței dintre ele și orientată de-a lungul dreptei ce unește corpurile punctiforme electrizate.

Această afirmație este numită **legea lui Coulomb**, care e valabilă doar pentru sarcini punctiforme aflate în repaus.

🔍 DEFINIȚIE

Sarcini electrice punctiforme sînt numite corpurile electrizate care interacționează, ale căror dimensiuni sînt foarte mici comparativ cu distanța dintre ele.

Expresia matematică a legii lui Coulomb, conform definiției, este următoarea:

$$F = k \frac{q_1 \cdot q_2}{\epsilon_r \cdot r^2}, \quad (1)$$

unde q_1 și q_2 sînt modulele sarcinilor electrice ale corpurilor electrizate, r – distanța dintre centrele lor, k reprezintă o **constantă** de proporționalitate, iar ϵ_r – permitivitatea relativă a mediului dat. Pentru vid și aer $\epsilon_r = 1$.

🔍 REȚINE!

Caracteristicile de bază ale forțelor coulombiene:

- Forțele coulombiene **descresc** odată cu mărirea distanței dintre corpurile electrizate;

- Forțele coulombiene pot fi forțe *de atracție* sau *de respingere* datorită existenței a două feluri de sarcini electrice;
- Forțele coulombiene *nu există* între corpurile neutre, de aceea *nu sînt considerate universale*;
- Forțele coulombiene dintre *particulele elementare* ce posedă sarcină electrică sînt *mult mai mari* decît forțele gravitaționale dintre ele.

AFLĂ MAI MULT!

Care este sensul fizic al constantei k ?

Constanta k are următoarea expresie matematică: $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$, (2)

unde ϵ_0 (*epsilon* în grecește) este *permitivitatea dielectrică absolută* a vidului și caracterizează proprietățile lui electrice. $\epsilon_0 = 8,856 \cdot 10^{-12} \frac{C^2}{Nm^2}$.

Pentru vid $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$ și se numește constanta electrică. Prin urmare, legea lui Coulomb, exprimată prin relația (1), va avea în vid următoarea expresie:

$$F_0 = \frac{q_1 \cdot q_2}{4\pi\epsilon_0 \cdot r^2}, \quad (3)$$

în care forța de interacțiune F_0 se exprimă în newtoni (N), q_1 și q_2 în coulombi (C), iar r în metri (m).

Permitivitatea relativă a unui mediu ϵ_r arată de cîte ori forța de interacțiune dintre două sarcini electrice este mai mare în vid decît în mediu și este reprezentată de raportul forțelor:

$$\epsilon_r = \frac{F_0}{F_{med}}. \quad (4)$$

PROBLEME REZOLVATE

1. Imaginați-vă că două sarcini electrice de 1 C fiecare se află în vid la o distanță de 1 m una de alta. Determinați forța de interacțiune dintre ele.

$$\begin{aligned} k &= 9 \cdot 10^9 \frac{Nm^2}{C^2} \\ q_1 &= q_2 = 1C \\ r &= 1m \\ F_0 &= ? \end{aligned}$$

Rezolvare:

Din formula lui Coulomb pentru vid $F_0 = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$

rezultă $F_0 = 9 \cdot 10^9 \frac{Nm^2}{C^2} \cdot \frac{1C \cdot 1C}{1m^2} = 9 \cdot 10^9$ (N).

Răspuns: Două sarcini electrice (pozitive sau negative) a cîte 1 C fiecare, aflate la 1 m depărtare, se resping cu o forță de 9 miliarde de newtoni. (Dacă sarcinile sînt de semn opus, atunci ele se atrag cu această forță.)

2. La ce depărtare ar trebui să se afle în vid cele două sarcini electrice a cîte 1 C fiecare pentru a se respinge cu o forță de 10 N?

$$\begin{aligned} k &= 9 \cdot 10^9 \frac{Nm^2}{C^2} \\ q_1 &= q_2 = 1C \\ F_0 &= 10N \\ r &= ? \end{aligned}$$

Rezolvare:

Din formula lui Coulomb în vid determinăm valoarea distanței r dintre sarcini:

$F_0 = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$, de unde $r = \sqrt{\frac{k q_1 q_2}{F_0}}$.

Substituind datele numerice, obținem: $r = \sqrt{9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \cdot \frac{1\text{C} \cdot 1\text{C}}{10\text{N}}} = 3 \cdot 10^4 \text{ m}$.

Răspuns: Pentru ca două sarcini electrice a câte 1C fiecare să se respingă cu o forță de 10 N, va trebui ca acestea să se găsească în vid la 30 km una față de cealaltă.

Concluzie: Un coulomb reprezintă o sarcină electrică foarte mare.

EXERSEAZĂ!

1. Cu ce forță se atrag două sarcini electrice de $-8 \mu\text{C}$ și $+5 \mu\text{C}$, dacă ele se află în aer ($\epsilon_r = 1$) la o distanță de 20 cm una de alta?
2. Cu ce este egală forța de respingere dintre doi electroni care se găsesc la o depărtare de 10^{-10} cm unul de altul?
3. Calculează cîți electroni a primit un corp electrizat cu o sarcină electrică $q = -4,8 \mu\text{C}$.
4. Cu cît a crescut masa unui corp care a fost electrizat cu o sarcină electrică negativă egală cu $-1,6 \cdot 10^{-8}$ C? Masa electronului $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31}$ kg.
5. Calculează valoarea forței de atracție dintre electronul și protonul atomului de hidrogen, dacă distanța dintre ei $r = 5,3 \cdot 10^{-11}$ m.
6. Compară forța de interacțiune electrostatică dintre electronul și protonul atomului de hidrogen, calculată în problema nr. 5, cu forța de interacțiune gravitațională a lor, dacă $m_e = 9,11 \cdot 10^{-28}$ g; $m_p = 1,67 \cdot 10^{-24}$ g, iar $\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11}$ N · m²/kg².
7. Trei picături sferice de mercur, egale ca volum și considerate punctiforme, cu sarcinile electrice $q_1 = 10^{-4}$ C, $q_2 = -2 \cdot 10^{-4}$ C și $q_3 = 4 \cdot 10^{-4}$ C, se aduc în contact, formînd una singură. Ce sarcină electrică va avea picătura formată și cu ce forță va interacționa ea cu o altă sarcină electrică de 10^{-9} C aflată în aer la distanța de 50 cm de ea?
8. Două mici sfere conductoare, avînd fiecare masa $m = 0,5$ g, aflate la capetele a două fire de mătase cu lungimea $l = 12$ cm, suspendate în același punct, au fost electrizate simultan cu sarcini egale, de același semn. Sfeerile se resping în aer la o distanță de 10 cm. Calculează sarcina electrică comunicată fiecărei sfere.
9. Două corpuri punctiforme cu sarcinile electrice $+q$ și, respectiv, $+2q$ se află în aer la distanța r unul de altul. La ce distanță de corpul al doilea, pe linia ce unește cele două corpuri, trebuie să se afle un al treilea corp punctiform cu sarcina $-q$ pentru a fi în echilibru?
10. Protonul are sarcina $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C și masa $m = 1,67 \cdot 10^{-27}$ kg. Compară forța de respingere coulombiană dintre doi protoni cu forța gravitațională de interacțiune dintre aceștia. Compară, respectiv, forțele calculate cu forța de atracție electrostatică și cu cea gravitațională ce acționează între electronul și protonul atomului de hidrogen calculate în problema nr. 6. Formulează concluzii.

§ 5. Câmpul electrostatic

Cunoașteți că atunci când în apropierea unui corp electrizat se aduce un alt corp, de asemenea electrizat (convențional numit corp de probă), asupra acestuia se exercită o forță de respingere sau de atracție. Descoperirea experimentală a legii de interacțiune a sarcinilor electrice de către fizicianul francez Charles Coulomb în anul 1785 n-a rezolvat o problemă foarte importantă: cum se transmite acțiunea de la o sarcină electrică la alta?

SCURT ISTORIC

O cotitură istorică în reprezentările despre acțiunile sarcinilor electrice a fost realizată de savantul englez **Michael Faraday (1791–1867)** – fizician și chimist, creator al ideilor fundamentale despre electromagnetism, ulterior dezvoltate pe deplin de **James Maxwell (1831–1879)**.

Conform lui Michael Faraday, sarcinile electrice nu interacționează direct între ele. Fiecare sarcină electrică creează în spațiul înconjurător **câmp electric** prin intermediul căruia sarcina electrică acționează asupra alteia, și invers.



Michael Faraday

DEFINIȚII

- Forma de existență a materiei din jurul corpurilor electrizate prin care se realizează interacțiuni cu alte corpuri purtătoare de sarcini electrice se numește **câmp electric**.
- Câmpul electric al sarcinilor fixe se numește **câmp electrostatic**.

Deci, orice corp fix încărcat electric creează în jurul lui un câmp electrostatic prin care se transmit acțiunile electrostatice. Proprietățile câmpului electrostatic pot fi studiate numai dacă plasăm în el corpuri de probă și se analizează forțele care acționează asupra lor.

EXPERIMENT IMAGINAT

Fie că un corp încărcat cu sarcină electrică pozitivă de mărimea $+Q$ este situat în aer într-un punct fix O (fig. 1). Considerăm că în alt punct A , aflat la distanța r de punctul O , se aduce un corp de probă cu o sarcină punctiformă de mărimea $+q$.

Conform legii lui Coulomb, forța care acționează asupra sarcinii punctiforme $+q$ în punctul A este:

$$F = k \frac{Q \cdot q}{r^2}.$$

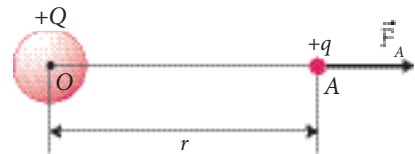


Fig. 1

Dacă calculăm raportul dintre forța F și sarcina corpului de probă $+q$, adică F/q , observăm că valoarea acestui raport nu depinde de mărimea sarcinii corpului de probă, ci numai de valoarea sarcinii $+Q$, care generează acest câmp, și de poziția punctului A în câmp (distanța r).

Notînd valoarea acestui raport cu E , avem:

$$E = \frac{F}{q}. \quad (1)$$

În formă vectorială expresia (1) se scrie astfel:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}. \quad (2)$$

În vid (sau aer)

$$E_0 = k \frac{Q}{r^2}. \quad (3)$$

În alte medii

$$E = k \frac{Q}{\epsilon_r \cdot r^2}. \quad (4), \text{ unde } k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N m}^2}{\text{C}^2}.$$

DEFINIȚIE

Măreimea fizică vectorială egală cu forța cu care câmpul electric acționează asupra unității de sarcină pozitivă a unui corp de probă aflat în punctul dat se numește **intensitatea câmpului electric**.

Din definiție rezultă că unitatea de măsură pentru intensitatea câmpului electrostatic în SI este:

$$[\vec{E}]_{\text{SI}} = \frac{[F]_{\text{SI}}}{[q]_{\text{SI}}} = 1 \frac{\text{N}}{\text{C}}.$$

Din clasa a VII-a știți că forța este o mărime vectorială caracterizată de punctul de aplicație, direcție, sens și mărime (modul).

Deci vectorul intensității câmpului electrostatic \vec{E} , creat de sarcina electrică $+Q$ în punctul A (fig. 1), este caracterizat de:

- **punctul de aplicație** (însuși punctul A);
- **direcție** (dreapta OA);
- **sens** (de la O spre A , dacă sarcina Q este pozitivă; și de la A spre O , dacă sarcina Q este negativă);
- **valoarea numerică** (sau **modul**: $E = |\vec{E}|$. În vid (sau aer): $E = 9 \cdot 10^9 \frac{|Q|}{r^2}$).

Dacă este cunoscută intensitatea E a câmpului electrostatic creat de sarcina electrică Q , atunci forța cu care acționează acest câmp asupra unei sarcini punctiforme q se poate determina din expresia:

$$F = q E, \quad (5)$$

sau în formă vectorială:

$$\vec{F} = q \vec{E}. \quad (6)$$

Formulele (5) și (6) au aspect asemănător cu formula câmpului gravitațional al Pământului:

$$F = m \Gamma, \quad (7)$$

sau în formă vectorială:

$$\vec{F} = m \vec{\Gamma}, \quad (8)$$

în care \vec{F} este forța cu care câmpul gravitațional acționează asupra unui corp cu masa m , aflat în acest câmp, iar $\vec{\Gamma}$ corespunde intensității câmpului gravitațional al Pământului.

SCURT ISTORIC

În reprezentările câmpului electric (și ale celui magnetic) de către M. Faraday ca bază s-a folosit noțiunea de **linii de forță** care se răspîndesc în toate direcțiile de la corpul electrizat.

Conform lui M. Faraday, **liniile de forță** sînt niște reprezentări convenționale vizibile ale proceselor reale ce au loc în spațiul din apropierea sarcinilor electrice (corpurilor electrizate) sau a magnetilor. Distribuția liniilor de forță, spune M. Faraday, ne demonstrează tabloul câmpului electric din apropierea sarcinilor electrice sau tabloul câmpului magnetic din apropierea magnetilor (și a conductoarelor parcurse de curent electric).

Cîmpul electrostatic poate fi reprezentat grafic cu ajutorul liniilor de cîmp.

DEFINIȚIE

Linia de forță a cîmpului electric este o linie imaginară la care vectorul intensității \vec{E} al cîmpului este tangent în orice punct (fig. 2).

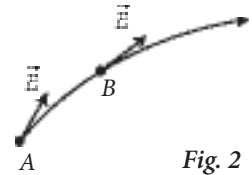


Fig. 2

REȚINE!

Sensul liniilor de cîmp al sarcinilor punctiforme izolate coincide cu sensul vectorului \vec{E} .

De aceea, liniile de cîmp pornesc dintr-un corp izolat încărcat pozitiv (fig. 3, a) și converg către un corp încărcat negativ (fig. 3, b).

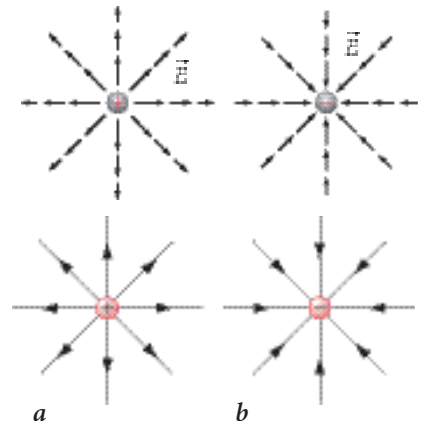


Fig. 3

Deci o sarcină electrică pozitivă poate fi considerată drept punctul de unde încep liniile de cîmp electric, iar sarcina negativă – locul unde sfîrșesc liniile de cîmp.

În cîmpurile electrostatice create de sisteme de sarcini electrice diferite, liniile de cîmp sînt linii curbe, orientate de la corpurile încărcate pozitiv spre cele încărcate negativ (fig. 4, a).

Liniile de cîmp produse de două sarcini electrice de același semn (de exemplu, pozitive) sînt reprezentate în fig. 4, b.

Liniile de cîmp dintre plăcile unui condensator plan încărcat reprezintă linii paralele aflate la distanțe egale (fig. 4, c). Acest cîmp electric se consideră *omogen*.

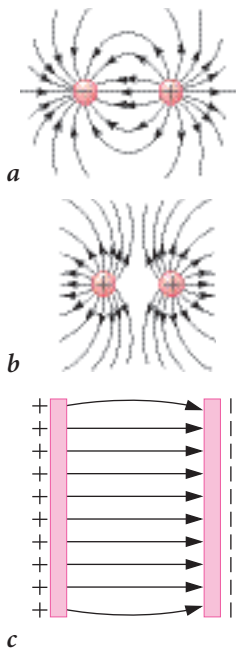


Fig. 4

EXPERIMENT

Studiul configurației liniilor de cîmp electrostatic

Materiale necesare: O placă de sticlă (6 x 10 cm), două rondoale (bile) de staniol, un bețișor de sticlă și altul de ebonită, o bucată de postav sau blană (sau: o mașină electrostatică), firușoare scurte de păr (tăiate dintr-o perie).

Elaborați planul și efectuați experimentul.

PROBLEMĂ REZOLVATĂ

Calculați intensitatea câmpului electrostatic în punctul îndepărtat la 50 cm de la sarcina electrică $+10^{-6} \text{ C}$ care se află în aer.

Se dă:

$Q = +10^{-6} \text{ C}$	SI	$r = 50 \text{ cm} = 0,5 \text{ m}$
$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$		
$E = ?$		

Rezolvare:

Intensitatea câmpului electrostatic creat de sarcina $+Q$, aflată în aer, va fi calculată din formula:

$$E = k \frac{Q}{r^2}.$$

Deci:
$$E = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \cdot \frac{10^{-6} \text{ C}}{0,5^2 \text{ m}^2} = 3,6 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}}.$$

Răspuns:
$$E = 3,6 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}}.$$

EXERSEAZĂ!

1. Care este intensitatea câmpului electric creat de o sarcină electrică de $+10^{-5} \text{ C}$ la o depărtare de 0,8 m de ea?
2. Cu ce forță acționează asupra unui electron un câmp electric omogen cu intensitatea de $3 \cdot 10^6 \text{ N/C}$?
3. Determină intensitatea câmpului electric produs de un proton la distanța $r = 5,3 \cdot 10^{-11} \text{ m}$.
4. Într-un punct situat la jumătate pe linia care unește două corpuri punctiforme, încărcate cu sarcini electrice, intensitatea câmpului electric este egală cu zero. Ce poți spune despre sarcinile lor?
5. Două corpuri punctiforme cu sarcinile $q_1 = +5 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ și $q_2 = +10^{-5} \text{ C}$ se găsesc în aer la distanța de 5 cm unul de altul. Compară intensitățile câmpurilor electrice produse de fiecare corp încărcat în punctul în care se găsește celălalt.
6. Două sarcini electrice punctiforme de $+5 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ și $+1 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ se găsesc în aer la 14 cm una de alta. Care este intensitatea câmpului electric la jumătatea distanței dintre ele?
7. La distanța de 3 m de la un corp punctiform încărcat pozitiv, care se află în aer, intensitatea câmpului este egală cu 40 N/C. Cu ce este egală sarcina lui? Reprezintă grafic intensitatea câmpului în acest punct.

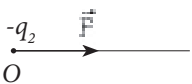


Fig. 5

8. Asupra sarcinii punctiforme $q_2 = -4 \cdot 10^{-7} \text{ C}$, aflată în punctul O (fig. 5), acționează forța electrostatică \vec{F} . Cu ce este egală intensitatea câmpului în punctul O, dacă modulul forței $F = 3 \cdot 10^{-5} \text{ N}$? Să se afle poziția sarcinii $q_1 = 10^{-7} \text{ C}$ care creează acest câmp. Reprezintă grafic intensitatea câmpului și poziția sarcinii q_1 .
9. Două sarcini electrice a câte 1 C fiecare se resping în aer cu forța de 100 N. Cu ce este egală intensitatea câmpului electric produs de fiecare sarcină electrică în punctul în care se găsește cealaltă sarcină și la ce distanță se află sarcinile?

§ 6. Câmpul magnetic. Interacțiunea dintre conductoare paralele parcurse de curentul electric

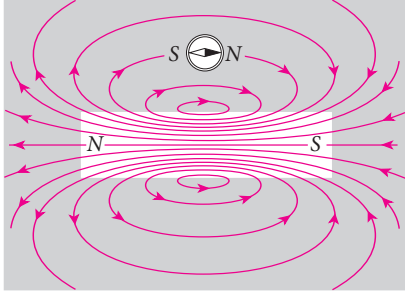


Fig. 1

SCURT ISTORIC

Interacțiunile dintre **magneții permanenți** au fost cercetate de Ch. Coulomb, folosind aceeași metodă cu care a fost descoperită legea interacțiunii electrostatice. Ch. Coulomb, urmînd aceeași modalitate, a considerat că interacțiunile dintre magneții permanenți au loc conform aceleiași legi – legii interacțiunii sarcinilor electrice punctiforme.

Studiul interacțiunilor electromagnetice a început în anul 1820, cînd danezul **Hans Cristian Ōrsted (1777–1851)** a demonstrat experimental că în jurul unui conductor parcurs de curent electric se creează **cîmp magnetic** care se manifestă prin acțiunea lui asupra acului magnetic.

În același an, puțin mai tîrziu, **André Marie Ampère (1775–1836)** – fizician, chimist și matematician francez – a demonstrat, în urma a numeroase experiențe, că interacțiunile magnetice reprezintă interacțiunile curenților electrice.

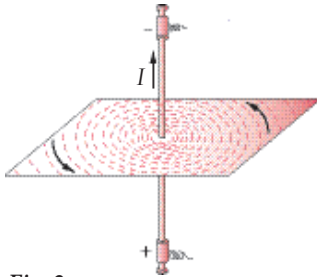


Fig. 2

Liniile de cîmp magnetic generat în jurul unui conductor liniar parcurs de curentul electric sînt **cercuri concentrice** aflate în planuri perpendiculare lungimii conductorului, cu centrul pe conductor (fig. 2). Liniile cîmpului magnetic au **sens**, care depinde de sensul curentului electric I generator al acestui cîmp și este determinat cu ajutorul regulii mîinii drepte (fig. 3) sau a burghiului cu filet de dreapta.

După cum știți, cîmpul magnetic este caracterizat de mărimea fizică vectorială \vec{B} , numită **inducție magnetică**. Experimental a fost demonstrat că inducția magnetică \vec{B} într-un punct A aflat la distanța r de conductorul liniar parcurs de curentul electric de intensitate I (fig. 3) are următoarea expresie matematică:

$$B = \frac{\mu I}{2\pi r}, \quad (1)$$

unde μ este o mărime fizică numită **permeabilitate magnetică**, ce caracterizează proprietățile magnetice ale mediului în care se află conductorul. Permeabilitatea magnetică a vidului se notează cu μ_0 și este egală cu $4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2$.

În aer $\mu_a \approx \mu_0$

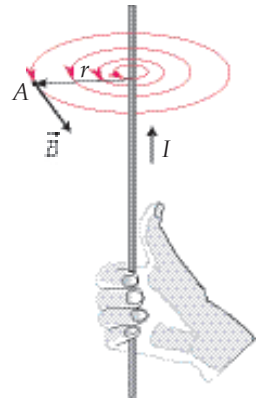


Fig. 3

În interiorul unui solenoid inducția magnetică B este dată de relația:

$$B = \frac{\mu NI}{l}, \quad (2)$$

unde N este numărul de spire, l – lungimea solenoidului.

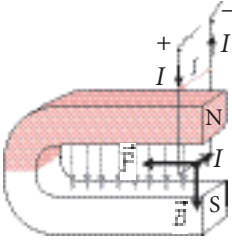


Fig. 4

Despre interacțiunea dintre un magnet permanent și un conductor liniar parcurs de curent electric cunoașteți din clasa a VIII-a. Această interacțiune este exprimată de **forța electromagnetică** care se exprimă prin formula: $F = B I l$, (3)

unde B este inducția cîmpului magnetic creat de magnetul permanent, I – intensitatea curentului electric care parcurge prin conductor și l – lungimea porțiunii de conductor aflat în cîmpul magnetic (fig. 4). Formula (3) este valabilă pentru cazul cînd

inducția cîmpului magnetic \vec{B} este perpendiculară pe conductor.

În cazul cînd două conductoare parcurse de curentul electric se află în vecinătate, cîmpurile lor magnetice se suprapun și între conductoare se exercită forțe de atracție sau de respingere numite **forțe electrodinamice** sau **electromagnetice**. Acestea au fost cercetate experimental de André Marie Ampère.

SCURT ISTORIC

A. M. Ampère a stabilit experimental legile acțiunilor reciproce dintre două conductoare parcurse de curentul electric:

- Conductoarele paralele parcurse de curenți electrici:
 - a) de același sens **se atrag**;
 - b) de sens contrar **se resping**.
- Conductoarele parcurse de curenți electrici care fac între ele un unghi (și sînt mobile) **se rotesc** pînă ajung paralele, așa ca să fie parcurse de curenți de același sens.

PROIECT DE CERCETARE

Studiul interacțiunii conductoarelor paralele parcurse de curentul electric continuu

Obiectiv: Cercetarea dependenței forței de interacțiune dintre două conductoare rectilinii și paralele parcurse de curentul electric de următorii factori:

- intensitatea curenților I_1 și I_2 ;
- lungimea conductoarelor – l ;
- distanța dintre conductoare – r ;
- sensul curenților I_1 și I_2 (fig. 5).

Materiale necesare: o sursă de curent electric continuu, un întrerupător, un ampermetru, două fișii din staniol, conductoare de conexiune.

Mod de lucru:

1. Elaborati planul de cercetare.
2. Desenați schema circuitului electric.
3. Analizați fiecare experiment efectuat.
4. Formulați concluziile corespunzătoare.

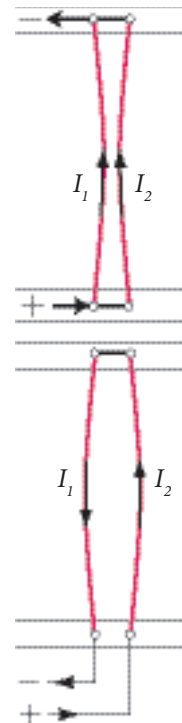


Fig. 5

Valoarea forței electromagnetice F dintre două conductoare rectilinii și paralele de lungimea l , parcurse de curenții electrici cu intensitatea I_1 și I_2 , este determinată de următoarea expresie matematică:

$$F = \frac{\mu I_1 I_2 l}{2\pi r}$$

REȚINE!

- Cîmpul magnetic este generat de curentul electric (adică de sarcinile electrice aflate în mișcare).
- Forțele magnetice acționează *numai* asupra sarcinilor electrice aflate în mișcare.
- Forțele magnetice sînt mult mai slabe decît forțele electrostatice (coulombiene). Ele sînt comparabile cînd viteza sarcinilor electrice atinge viteza luminii.
- Forțele magnetice au un rol foarte important în tehnică, deoarece sînt forțe de interacțiune ale curenților electrici.

PROBLEME REZOLVATE

1. Calculați inducția magnetică a cîmpului produs de un conductor rectiliniu foarte lung, situat în vid și parcurs de un curent electric cu intensitatea $I = 15$ A, într-un punct aflat la distanța $r = 10$ cm de conductor.

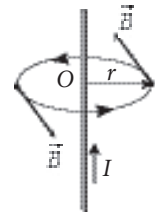
Se dă: $I = 15$ A
 $r = 10$ cm
 $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{N}}{\text{A}^2}$
 $B = ?$

SI
 $= 0,1$ m

Rezolvare:

Inducția cîmpului magnetic B generat în jurul conductorului liniar, parcurs de curentul electric I la distanța r de el (punctul M , fig. 6), este:

$$B = \mu_0 \frac{I}{2\pi r}$$



Substituind valorile numerice în această formulă, obținem:

$$B = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{N}}{\text{A}^2} \cdot \frac{1,5 \cdot 10^2 \text{ A}}{2\pi} \cdot \frac{1}{0,1 \text{ m}} = 3 \cdot 10^{-5} \frac{\text{N}}{\text{A} \cdot \text{m}} = 3 \cdot 10^{-5} \text{ T}$$

Răspuns: $B = 3 \cdot 10^{-5} \text{ T}$

Fig. 6

2. Două conductoare rectilinii și lungi de 2 m fiecare sînt situate paralel în vid la distanța de 0,25 m unul față de altul. Cu ce este egală forța de interacțiune dintre ele, dacă conductoarele sînt parcurse de curenți electrici cu intensitățile $I_1 = 25$ A și $I_2 = 30$ A?

Se dă: $I_1 = 25$ A
 $I_2 = 30$ A
 $l = 2$ m
 $r = 0,25$ m
 $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2$
 $F = ?$

Rezolvare:

Forța de interacțiune dintre două conductoare rectilinii și paralele parcurse, respectiv, de curenții electrici I_1 și I_2 se calculează după formula (3), adică:

$$F = \frac{\mu I_1 I_2 l}{2\pi r}$$

Substituind în această expresie valorile numerice ale mărimilor fizice, obținem:

$$F = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{N}}{\text{A}^2} \cdot 25 \text{ A} \cdot 30 \text{ A} \cdot 2 \text{ m}}{2\pi \cdot 0,25 \text{ m}} = \frac{4 \cdot 10^{-7} \text{ N} \cdot 7,5 \cdot 10^2}{0,25} \cdot \frac{3 \cdot 10^7 \cdot 10^4}{2,5} \text{ N} = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ N}.$$

Răspuns: $F = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ N}.$

EXERSEAZĂ!

1. Ce mărimi fizice caracterizează acțiunea câmpului magnetic asupra unui conductor parcurs de curent electric?
2. Care este deosebirea dintre liniile de câmp magnetic și liniile de câmp electrostatic?
3. Calculează inducția magnetică a câmpului produs de un conductor rectiliniu foarte lung, situat în vid și parcurs de un curent cu intensitatea $I = 10^2 \text{ A}$, într-un punct aflat la distanța $r = 10 \text{ cm}$ de conductor.
4. Inducția câmpului magnetic creat de un conductor liniar la 5 cm depărtare de el, parcurs de un curent electric, este egală cu $8 \cdot 10^{-5} \text{ T}$. Care este intensitatea curentului electric ce parcurge conductorul*?
5. Inducția câmpului magnetic care se creează în interiorul solenoidului cu 600 de spire, parcurs de curentul electric, este egală cu $2,4 \pi \cdot 10^2 \text{ T}$. Care este intensitatea curentului electric din solenoid, dacă lungimea acestuia este de 15 cm ?
6. Într-un câmp magnetic se află un conductor cu lungimea de 20 cm , așezat perpendicular pe liniile câmpului și parcurs de un curent electric cu intensitatea de 80 A . Ce forță electromagnetică acționează asupra lui, dacă inducția magnetică este de $0,9 \text{ T}$? Reprezintă grafic inducția magnetică și forța electromagnetică.
7. Într-un câmp magnetic cu inducția $B = 1,0 \text{ T}$ se află un conductor liniar lung de 80 cm , parcurs de un curent electric cu intensitatea de 100 A , situat perpendicular pe vectorul \vec{B} . Cu ce este egală forța electromagnetică?
8. Un cuptor electric este alimentat de un curent electric cu intensitatea de 500 A , care circulă prin două conductoare paralele, așezate la 4 cm unul de altul. Ce forță se exercită între cele două conductoare pe fiecare metru de lungime?
9. Calculează inducția câmpului magnetic creat de un conductor la distanța de 10 cm de el, dacă acesta este parcurs de un curent electric egal cu $62,8 \text{ A}$.
10. Două conductoare paralele aflate în vid la 20 cm unul de altul sînt parcurse de curenți electrici de același sens cu intensitatea de 120 A și, respectiv, 30 A . Care este inducția câmpului magnetic rezultat la jumătatea distanței dintre conductoare? Dar într-un punct exterior aflat la distanța de 5 cm de conductorul parcurs de curentul cel mai slab și în punctul aflat la 15 cm de celălalt conductor?

* În lipsa unor condiții speciale, conductoarele se consideră că se află în vid.

§ 7. Acțiunea câmpului electric și a celui magnetic asupra sarcinilor electrice aflate în mișcare

La lecțiile precedente din acest capitol ați studiat despre forțele *gravitaționale*, *electrostatice* și cele *electromagnetice*. Aceste forțe acționează asupra corpurilor aflate, respectiv, în câmpul gravitațional, câmpul electrostatic și câmpul magnetic. La rândul său, fiecare din aceste câmpuri este creat: cel gravitațional – de oricare corp care posedă *masă*, cel electrostatic – de sarcinile electrice *aflate în repaus*, iar câmpul magnetic – de conductoare parcurse de curent electric și de magneți.

Așadar, *câmpul* și *forța* sînt două noțiuni fundamentale din fizică ce au o legătură reciprocă.

REȚINE!

Proprietățile de bază ale câmpului *electric* și ale celui *magnetic* pot fi exprimate astfel:

- *câmpul* este o formă de existență a materiei prin intermediul căruia se transmite interacțiunea;
- *câmpul electrostatic* este produs de sarcini electrice aflate numai în repaus, iar cel *magnetic* este creat de conductoare parcurse de curent electric și de magneți;
- ambele câmpuri sînt caracterizate de mărimi de forță vectoriale: \vec{E} – *intensitatea* câmpului electric și \vec{B} – *inducția* câmpului magnetic.

În continuare vom examina particularitățile acțiunii câmpurilor electric și magnetic omogene (uniforme), atunci cînd sarcinile electrice se mișcă cu o oarecare viteză \vec{v} perpendicular pe liniile de câmp \vec{E} sau \vec{B} .

EXPERIMENT IMAGINAT!

Fie că o sarcină electrică q pătrunde într-un câmp electric uniform cu viteza \vec{v} , perpendiculară pe vectorul intensității \vec{E} (fig. 1). Asupra acestei particule încărcate electric câmpul electric va acționa în orice punct al său cu o forță electrică constantă \vec{F}_{el} . Această forță este orientată pe direcția vectorului \vec{E} în același sens cu el, dacă $q > 0$, și în sens opus lui \vec{E} (fig. 1), dacă $q < 0$.

Forța \vec{F}_{el} exercitată de câmpul electric omogen cu intensitatea \vec{E} asupra sarcinii electrice q aflată în mișcare are următoarea expresie:

$$\vec{F}_{el} = q \vec{E}. \quad (1)$$

Formula (1) este identică cu expresia forței electrostatice exercitate asupra sarcinii electrice q aflate în repaus (vezi *Cap. II, § 4*).

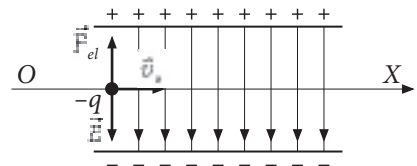


Fig. 1

AFLĂ MAI MULT!

Orice particulă încărcată electric și aflată în mișcare creează un curent electric elementar. În mod analogic acțiunii câmpului magnetic omogen asupra curentului din conductor, și în cazul dat câmpul magnetic acționează asupra particulei care creează acest curent. Această forță magnetică a fost numită și **forță lorentziană**, după numele marelui fizician olandez **Hendrik Antoon Lorentz (1853 – 1928)**.



Hendrik Antoon Lorentz

Expresia matematică a acestei forțe se poate deduce pornind de la formula forței electromagnetice (cl. VIII, cap. II, § 3) care acționează asupra unui conductor cu lungimea l , parcurs de curentul I și aflat în câmpul magnetic omogen perpendicular pe vectorul \vec{B} (fig. 2):

$$F = B I l.$$

Dacă considerăm că n este concentrația electronilor liberi în porțiunea de conductor cu lungimea l și secțiunea S , atunci în această porțiune vor fi: $N = n \cdot V$ sau $N = n \cdot S \cdot l$ electroni.

Așadar, modulul forței lorentziene F_L va fi:

$$F_L = \frac{F}{n S l} = \frac{B I l}{n S l} = \frac{B I}{n S}.$$

Dar intensitatea curentului este sarcina electronilor q care au străbătut secțiunea conductorului S în intervalul de timp t , adică:

$$I = \frac{q}{t} = \frac{e \cdot N}{t} = \frac{e \cdot n \cdot S \cdot l}{t} = e \cdot n \cdot S \cdot v,$$

unde reprezintă viteza medie a electronilor liberi pe direcția conductorului.

Deci:
$$F_L = \frac{B I}{n S} = \frac{B n e S v}{n S} = e B v.$$

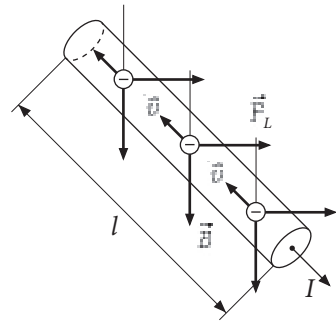


Fig. 2

REȚINE!

O particulă încărcată cu sarcina q , mișcându-se într-un câmp magnetic uniform de inducție \vec{B} , cu viteza \vec{v} perpendiculară pe liniile de câmp, este acționată de o forță lorentziană \vec{F}_L :

$$F_L = q \cdot B. \quad (2)$$

Această forță este perpendiculară pe planul format de direcția vectorului vitezei (\vec{v}) cu direcția vectorului inducției magnetice (\vec{B}) și se determină conform legii mîinii stîngi: palma mîinii stîngi se așază astfel, ca vectorul inducției magnetice \vec{B} să intre în ea, cele patru degete întinse să fie orientate în sensul mișcării sarcinii *pozitive* (vectorului vitezei \vec{v}); în cazul acesta degetul mare va indica sensul forței Lorentz \vec{F}_L care acționează asupra particulei (fig. 3, a). Atunci cînd se mișcă electronii în câmpul magnetic, cele patru degete sînt întinse opus sensului mișcării acestora (vectorului vitezei \vec{v}) (fig. 3, b).

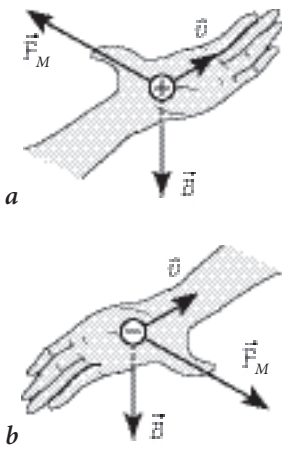


Fig. 3

Cunoscînd expresia forței electrice \vec{F}_{el} și a celei magnetice $\vec{F}_{M'}$, putem caracteriza particularitățile cîmpului electric și ale celui magnetic care sînt determinate prin acțiunea lor asupra sarcinilor electrice.

CONCLUZII

- Particularitatea de bază a cîmpului electric constă în acțiunea asupra sarcinilor electrice *aflate în repaus și în mișcare*, care nu depinde de viteza lor.

$$\vec{F}_{el} = q E$$

- Particularitatea de bază a cîmpului magnetic constă în acțiunea asupra sarcinilor electrice *aflate numai în mișcare*, care depinde de modulul și de direcția vitezei sarcinilor electrice.

$$F_M = q v B$$

Prin urmare, dacă există concomitent cîmp electric și cîmp magnetic, forța lorentziană totală \vec{F}_L care acționează asupra sarcinii electrice aflate în mișcare este egală cu:

$$\vec{F}_L = \vec{F}_{el} + \vec{F}_M \quad (3)$$

REȚINE!

Pentru a determina ce fel de cîmp există într-un punct oarecare din spațiu, trebuie studiată comportarea sarcinilor electrice mobile și a celor imobile în acest punct ca rezultat al interacțiunii cu aceste cîmpuri.

EXERSEAZĂ!

1. Care sînt proprietățile de bază ale cîmpului electric și ale celui magnetic?
2. Calculează forța lui Lorentz care se exercită asupra unui electron ce pătrunde într-un cîmp magnetic omogen de inducție $B = 0,5 \text{ T}$ cu viteza $v = 2 \cdot 10^5 \text{ m/s}$ perpendiculară pe \vec{B} . Reprezintă schematic direcția și sensul forței Lorentz.
3. Un proton avînd energia cinetică egală cu $8 \cdot 10^{-17} \text{ J}$ intră într-un cîmp magnetic omogen perpendicular pe liniile de inducție. Inducția magnetică a cîmpului este egală cu $1,0 \text{ T}$. Ce forță acționează asupra protonului din partea cîmpului magnetic? Reprezintă schematic direcția și sensul forței Lorentz.
4. O particulă electricizată negativ intră cu viteza de $1 \cdot 10^7 \text{ m/s}$ perpendicular pe liniile unui cîmp magnetic omogen cu inducția de $2 \cdot 10^{-3} \text{ T}$. Cîmpul magnetic acționează asupra ei cu o forță de $3,2 \cdot 10^{-15} \text{ N}$. Cu ce sînt egale masa și sarcina particulei, dacă energia sa cinetică este de $4,5 \cdot 10^{-17} \text{ J}$?
5. Într-un cîmp magnetic omogen pătrunde un proton, perpendicular pe liniile de inducție \vec{B} , cu viteza de $2 \cdot 10^3 \text{ km/s}$. Să se afle inducția cîmpului magnetic, știind că forța magnetică ce acționează asupra protonului este egală în modul cu forța ce acționează asupra lui într-un cîmp electric cu intensitatea $E = 4,5 \cdot 10^4 \text{ N/C}$.

§ 8. Cîmpul magnetic al Pămîntului

Pămîntul este cel mai cercetat corp cosmic și se află la o distanță de 150 mil. km de la Soare. El se mișcă în jurul Soarelui conform celor trei legi ale lui J. Kepler cu o viteză de 30 km/s, efectuînd o mișcare de revoluție medie, parcurgînd orbita în aproximativ 365 de zile.

Curiozitate

Pămîntul se află mai aproape de Soare la începutul lunii ianuarie cu 5 mil. de km decît în luna iulie.

Deosebim patru învelișuri ale Pămîntului: *litosfera, hidrosfera, atmosfera și biosfera.*

Litosfera, la rîndul ei, poate fi stratificată în: nucleu solid, nucleu lichid, mantie și scoarță (fig. 1).

Nucleul solid este miezul Pămîntului, format din metale grele și radioactive, și situat în interiorul nucleului lichid. Acesta din urmă este format din plasmă.

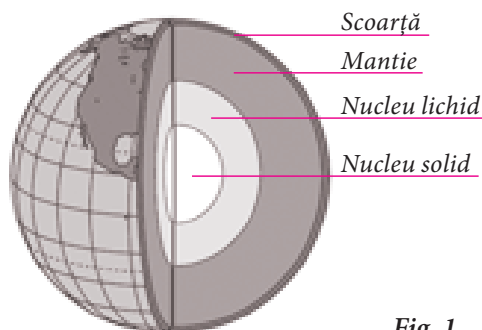


Fig. 1

🔌 AFLĂ MAI MULT!

Plasma reprezintă o stare a materiei formată, la nivel microscopic, din ioni pozitivi și negativi, din electroni și atomi neutri. Plasma are o mare conductibilitate electrică și termică, cu calități specifice diferite de cele ale gazelor, lichidelor și solidelor. Materia din stele se află în stare de plasmă.

La rotirea Pămîntului în jurul axei sale, ambele nuclee, cel solid și cel lichid, formează un dinam electric care produce un cîmp magnetic foarte puternic, numit **cîmpul magnetic al Pămîntului**. Cîmpul magnetic terestru formează un brîu, numit **magnetosferă**. Magnetosfera împreună cu ionosfera (stratul cel mai înalt al atmosferei terestre, care ajunge pînă la înălțimea de 1300 km) ne apără de „vîntul solar”, de radiațiile ultraviolete, de radiațiile Röntgen etc.

🔌 SCURT ISTORIC

În secolul al XVI-lea apare prima lucrare: *Despre magnet, corpuri magnetice și un magnet mare – Pămîntul*, de **William Gilbert (1544–1603)**, medic de specialitate la curtea regală a Angliei. El descrie cca 600 de experimente prin care demonstrează existența celor doi poli ai magnetului, interacțiunea polilor magnetici, comportarea acului magnetic în spațiul unei sfere magnetizate. Prin analogie W. Gilbert a stabilit comportarea acului magnetic pe Pămînt, demonstrînd prin aceasta că planeta noastră reprezintă un magnet mare.



William Gilbert

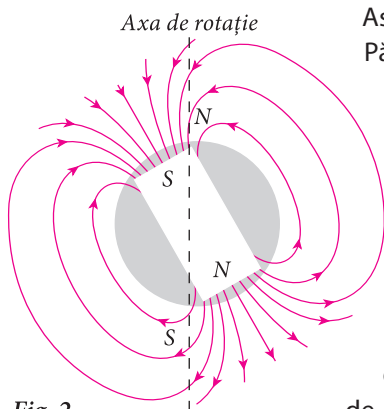


Fig. 2

Astăzi este demonstrat faptul că câmpul magnetic al Pământului are legătură directă cu structura litosferei, la fel cum câmpul gravitațional este creat de masa lui. Tabloul și sensul liniilor de câmp magnetic al Pământului se determină cu ajutorul acului magnetic (fig. 2). Este cunoscut faptul că câmpul magnetic al Pământului nu rămîne constant în timp. Afară de aceasta, la distanțe mari de la suprafața Pământului câmpul lui magnetic are o structură mult mai complexă. Intensitatea câmpului magnetic al Pământului este destul de mare $\sim 5 \cdot 10^{-5}$ T. Odată cu creșterea distanței de la suprafața Pământului, inducția lui magnetică B se micșorează.

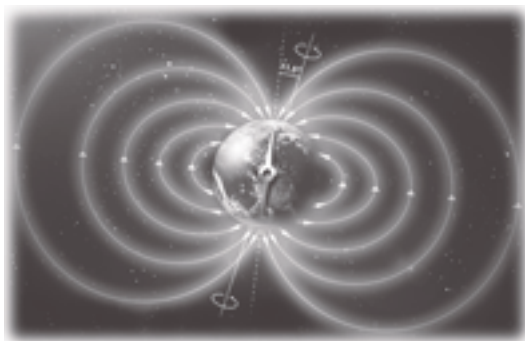


Fig. 3

De asemenea s-a stabilit, pe baza cercetărilor spațiului cosmic al Terrei cu ajutorul aparatelor cosmice, că planeta noastră este înconjurată de un *brîu de radiații*, format din particule încărcate electric – protoni și electroni (fig. 3).

Partea internă a brîului de radiații se extinde între 500 și 5000 km, iar partea externă între 6000 și 30000 km. Particulele care formează acest brîu de radiații sînt captate de câmpul magnetic al Pământului. Concentrația acestor

particule crește enorm în timpul erupțiilor solare. Aceste particule se mișcă cu viteze de 400-1000 km/s și ajung la Pământ timp de 1-2 zile după ce a avut loc erupția solară. Radiațiile solare, numite și „vînt solar”, ajungînd în câmpul magnetic al Pământului, îi schimbă caracteristicile. Ca rezultat, au loc modificări ale câmpului magnetic terestru, care se numesc *furtuni magnetice*.

🔌 ȘTII CĂ...

„Vîntul solar” este constituit din particule încărcate electric, ca protonii, electronii, care se formează în timpul erupțiilor solare, alcătuiind mari nori corpusculari, ce pot căpăta viteze de circa 1000 km/s (radiații cosmice solare). Cantitatea de energie pe care o degajă o erupție în timpul său sub formă de radiație electromagnetică sau de energie cinetică a norilor de plasmă, a electronilor rapizi, a particulelor de radiații cosmice etc. este enormă.

Erupțiile solare durează de la cîteva minute pînă la cîteva ore și apar ca urmare a creșterii activității magnetice în interiorul Soarelui. Ca rezultat, pe discul solar apar pete întunecate, numărul cărora se modifică periodic o dată la ~ 11 ani. Acest interval de timp se numește *ciclu solar*.

Aurorele polare reprezintă manifestările interacțiunii dintre câmpul magnetic terestru și „vântul solar”.

Protonii și electronii, componenții vântului solar, bombardează atomii din atmosfera terestră, iar ionii și electronii formați sînt captați de câmpul magnetic al Terrei. Ciocnindu-se în continuare cu atomii și moleculele din *ionosferă*, aceste particule sînt aduse în stare de *excitare*. Aceste fenomene au loc în vecinătatea polilor Pămîntului și se manifestă prin iluminarea bolții cerești în timpul nopții cu apariția unor benzi de culoare roșie, albastră sau verde-gălbuie, numite **aurore polare (boreale sau australe)** (fig. 4 și fig. 5).



Fig. 4 Auroră boreală



Fig. 5 Auroră australă

Aurora boreală

(fig. 4) se poate observa între 60° și 80° latitudine nordică, iar aurora australă se produce între 60° și 80° latitudine sudică.

Deci pe planeta Pămînt și în atmosfera ei au loc diverse procese care sînt legate direct de activitatea Soarelui, aflîndu-se la o distanță de 150 mil. km. Prin urmare, Pămîntul nu este izolat de cosmos.

🔌 ELABORAREA UNEI COMUNICĂRI

Tema: Rolul câmpului magnetic al Pămîntului

Plan de lucru:

- Consultați diverse surse de informație referitoare la acest subiect.
- Sintetizați informația selectată într-o formă logică și concisă, utilizînd un limbaj variat: scheme, tabele, diagrame etc.
- Alegeți modalitatea de prezentare a comunicării în fața colegilor de clasă.
- Evaluați-vă munca proprie în activitatea comună.

🔌 EXERSEAZĂ!

1. Cum se formează câmpul magnetic al Pămîntului?
2. Care este condiția necesară pentru crearea „vântului solar”?
3. Explică fenomenul „auroră polară”.
4. Ce reprezintă „furtunile magnetice”?
5. Care este rolul câmpului magnetic al Pămîntului?

§ 9. Câmpul electromagnetic

Cunoștințele achiziționate pînă acum în acest capitol se referă la noțiunile de câmp electric și câmp magnetic statice, adică în care intensitatea câmpului electric \vec{E} și inducția magnetică \vec{B} sunt constante în timp. De asemenea au fost analizate acțiunile acestor două câmpuri statice asupra sarcinilor electrice aflate în mișcare cu viteza \vec{v} perpendiculară pe liniile de câmp \vec{E} sau \vec{B} (vezi §7). Prin urmare, dacă există concomitent câmp electric și câmp magnetic, atunci forța totală, numită și forța lui Lorentz, care acționează asupra sarcinii electrice aflate în mișcare este egală cu:

$$\vec{F}_L = \vec{F}_{el} + \vec{F}_M. \quad (1)$$

În cele ce urmează vom analiza fenomene electrice și magnetice ce țin de acțiunea acestor două câmpuri cînd ele sunt *variable*, adică vectorii \vec{E} și \vec{B} variază în timp și în spațiu.

I. Câmpul magnetic variabil creează câmp electric

Fie că avem un conductor electric care poate fi conectat la o baterie cu ajutorul unui întrerupător K (fig. 1). Dacă circuitul electric este deconectat, atunci lipsește curent electric; deci lipsește și câmp magnetic în jurul conductorului.

La conectarea circuitului, prin conductor va parcurge curent electric, însă intensitatea lui nu va atinge momentan valoarea finală. În momentul conectării circuitului, intensitatea curentului electric este egală cu 0. Numai după conectare, într-un interval de timp foarte mic, el va atinge valoarea finală. Asemănător va crește și câmpul magnetic creat de acest curent. Adică, în orice punct al spațiului din apropierea conductorului, în acel interval mic de timp inducția magnetică \vec{B} va crește cu timpul. Această situație poate fi explicată în felul următor:

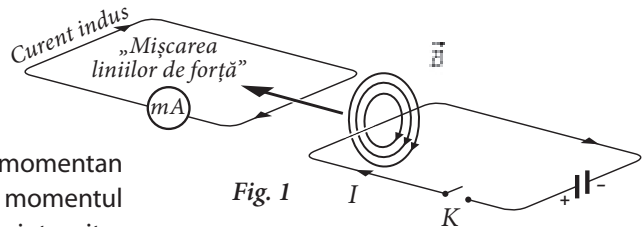


Fig. 1

În momentul conectării circuitului electric, în spațiul din apropierea conductorului apar liniile de forță ale câmpului magnetic care se propagă în formă de cercuri atîta timp, pînă cînd câmpul magnetic nu va atinge valoarea maximă (fig. 1).

Propagarea liniilor de forță în acest spațiu este echivalentă cu efectul de mișcare mecanică al unui magnet permanent. Deci într-un conductor aflat în calea propagării acestor linii de forță se va induce curent electric (fig. 1). În momentul cînd câmpul magnetic al conductorului din dreapta va atinge valoarea maximă stabilă, el va înceta să se extindă, iar curentul electric de inducție din conductorul din stînga va dispărea (fig. 1). Dacă deconectăm circuitul electric, câmpul magnetic începe să se micșoreze de la maximum pînă la 0, iar în conductorul din stînga iarăși va apărea curent electric de inducție, numai că va fi de sens opus.

Cele descrise mai sus pot fi rezumate în felul următor: fie că într-un anumit punct al spațiului se află o sarcină electrică. Presupunem că în acest punct există și câmp magnetic care variază în timp, deci asupra sarcinii electrice va acționa forța lui Lorentz \vec{F}_L . Referindu-ne la forța lui Lorentz (S7, (1) și (2)), observăm că atunci când particula se află în repaus ($v = 0$) forța magnetică $F_M = 0$, dar forța electrică $F_{el} \neq 0$. Cu alte cuvinte, sarcina electrică se află în repaus într-un câmp magnetic static rămâne în repaus; asupra sarcinii electrice imobile acționează numai câmpul electric. De aici rezultă: **câmpul magnetic variabil generează câmp electric care pune în mișcare sarcinile electrice.**

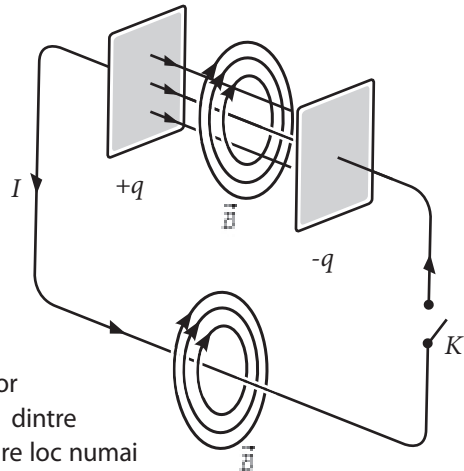
Această afirmație poate fi exprimată simbolic în felul următor:

$$\frac{\Delta B}{\Delta t} \sim E. \quad (2)$$

II. Câmpul electric variabil creează câmp magnetic

Formularea afirmației anterioare poate fi inversată: **cum câmpul magnetic variabil creează câmp electric, tot așa câmpul electric variabil creează câmp magnetic.** Adevărul acestei afirmații poate fi demonstrată experimental pe baza instalației reprezentate în fig. 2.

Fie că cele două plăci (fig. 2) sînt încărcate cu sarcini electrice $+q$ și $-q$. Atîta timp cît circuitul electric este deconectat, sarcinile electrice creează un câmp electric constant între cele două plăci. Deoarece în circuit lipsește curent electric, lipsește și câmp magnetic în jurul conductoarelor din circuit. Dacă conectăm circuitul, atunci prin conductoare parcurge curent electric, iar în jurul lor apare câmp magnetic. Însă, în spațiul dintre plăci nu există curent electric. Acolo are loc numai schimbarea câmpului electric. Deși în acest spațiu lipsește mișcarea sarcinilor electrice, totuși în el există câmp magnetic creat de schimbarea (variația) câmpului electric.



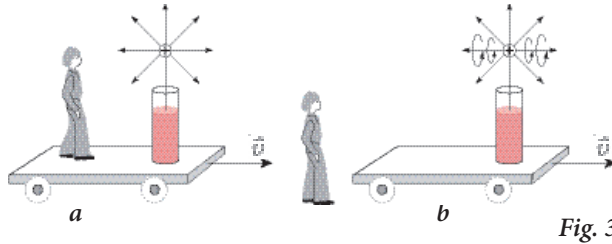
Acest experiment ne demonstrează că **câmpul magnetic poate fi generat atît de curentul electric, cît și de câmpul electric variabil.** Simbolic această afirmație poate fi exprimată astfel:

$$\frac{\Delta E}{\Delta t} \sim B. \quad (3)$$

DEFINIȚIE

Forma de existență a materiei prin intermediul căreia are loc interacțiunea câmpului electric variabil și a celui magnetic variabil în timp și în spațiu se numește **câmp electromagnetic.**

Cîmpul electromagnetic are caracter relativ, adică depinde de sistemul de referință în raport cu care se estimează existența lui.



Imaginați-vă un corp punctiform încărcat cu sarcină electrică față de care observatorul se află în repaus (fig. 3, a). În acest sistem de referință, în jurul sarcinii există doar cîmp electric, cîmpul magnetic lipsind. Pentru un alt observator (fig. 3, b), legat de Pămînt, corpul încărcat se află într-un sistem de referință mobil, de aceea cîmpul electric este variabil în timp, deoarece distanța dintre sursa de cîmp și observator variază în timp. Aceasta înseamnă că intensitatea cîmpului electric \vec{E} la diferite distanțe este diferită și, prin urmare, un astfel de cîmp electric variabil generează cîmp magnetic variabil, iar acesta, la rîndul său, dă naștere celui electric ș.a.m.d.

Cîmpul generat este cu atît mai intens, cu cît mai repede variază cîmpul generator.

SCURT ISTORIC



James Maxwell

În anii '60 ai sec. XIX, ilustrul savant englez James Maxwell (1831–1879) a creat teoria cîmpului electromagnetic.

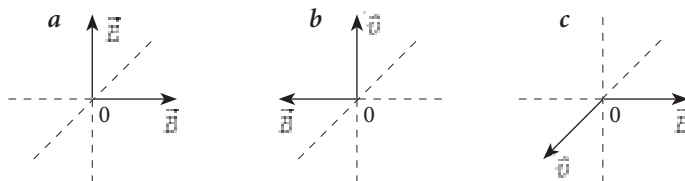
Pe baza rezultatelor cercetărilor experimentale ale predecesorilor săi, H. Öersted, A. M. Ampère, M. Faraday ș.a., Maxwell a elaborat pe cale teoretică mecanismul de coexistență a cîmpului electric și a celui magnetic.

La baza teoriei sale Maxwell a pus următoarele principii:

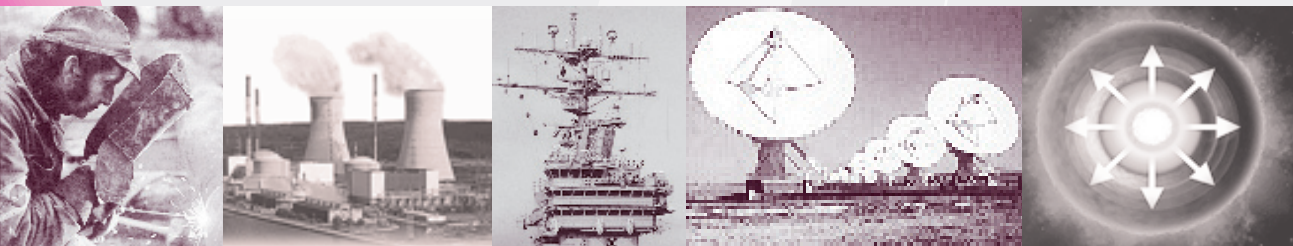
1. În jurul sarcinilor electrice există întotdeauna cîmp electric.
2. În jurul sarcinilor electrice în mișcare există un cîmp electric și unul magnetic.
3. Variația cîmpului electric într-un punct dat al spațiului duce la apariția în jurul acestui punct a unui cîmp magnetic.
4. Variația cîmpului magnetic într-un punct dat al spațiului duce la apariția în locul respectiv a unui cîmp electric, ale cărui linii sînt închise.

EXERSEAZĂ!

1. Ce reprezintă cîmpul electromagnetic?
2. Care mărimi fizice caracterizează cîmpul electromagnetic?
3. Formulați principiile pe care se bazează teoria cîmpului electromagnetic.
4. Indicați vectorul care lipsește în diagramă: \vec{E} , \vec{B} , sau \vec{v} :



- § 1. Unde electromagnetice. Viteza de propagare a undelor electromagnetice. Unde luminoase
 - § 2. Determinarea vitezei luminii
 - § 3. Clasificarea undelor electromagnetice. Proprietăți ale undelor electromagnetice
 - § 4. Undele radio
 - § 5. Modelul planetar al atomului
 - § 6. Nucleul atomic. Conținutul nucleului atomic. Forțe nucleare
 - § 7. Radioactivitatea. Radiații nucleare
 - § 8. Fisiunea nucleelor de uraniu. Energetica atomică (nucleară)
 - § 9. Reacții termonucleare. Energetica termonucleară
 - §10. Acțiunea radiațiilor nucleare asupra organismelor vii. Regurile de protecție contra radiației
- Autoevaluare*
Evaluare sumativă



Studiind acest capitol, vei cunoaște:

- despre undele electromagnetice și determinarea experimentală a vitezei lor;
- diferite metode de determinare a vitezei luminii;
- clasificarea undelor electromagnetice și proprietățile lor;
- despre acțiunea radiațiilor nucleare asupra organismelor vii și protecția contra lor;
- despre energetica nucleară și termonucleară.

§ 1. Unde electromagnetice. Viteza de propagare a undelor electromagnetice. Unde luminoase

Cunoștințele acumulate pînă în prezent despre cîmpul electromagnetic îți vor da posibilitatea să înțelegi mecanismul propagării în spațiu a acestuia sub formă de undă electromagnetică.

Din viața cotidiană deja cunoști despre această noțiune utilizată foarte frecvent, deoarece mai bine de o sută de ani undele electromagnetice sînt utilizate de omenire pentru comunicare la distanță (radiocomunicare), cît și în alte domenii ale științei și tehnicii, despre care vei afla în continuare. Pentru propagarea la distanță a cîmpului electromagnetic și utilității lui practice prezintă interes cazul variației periodice în timp a sistemului celor două cîmpuri, electric și magnetic, adică atunci cînd caracteristica de forță variază, luînd aceleași valori peste intervale egale de timp.

Dacă purtătorii de sarcină electrică efectuează o mișcare oscilatorie, atunci cîmpul electric din jurul acestora variază periodic, intensitatea lui \vec{E} luînd periodic, în fiecare punct al spațiului, valori diferite. Cîmpul electric variabil generează cîmp magnetic variabil, ale cărui linii de forță înfășoară liniile cîmpului electric (fig. 1), iar cîmpul magnetic generează cîmp electric ș.a.m.d.; procesul de generare reciprocă se răspîndește în toate direcțiile în spațiu, îndepărtîndu-se de la sarcini (sau de la conductorul parcurs de curent variabil), avînd un caracter autonom, independent de sursă.

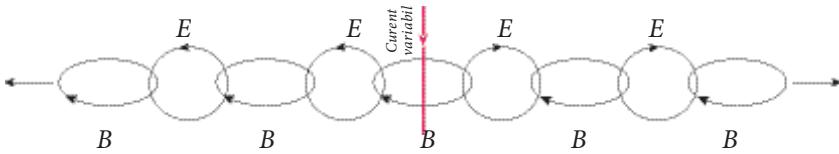


Fig. 1

DEFINIȚIE

Cîmpul electromagnetic care se propagă în spațiu se numește **undă electromagnetică**.

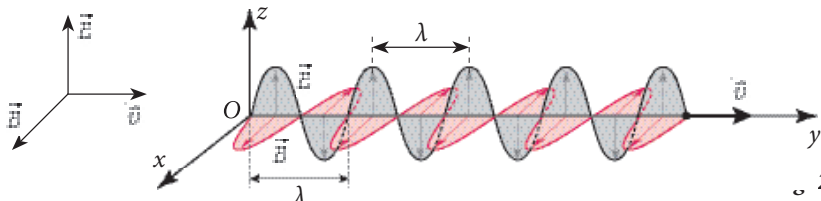
Așadar, mecanismul de propagare a undelor electromagnetice are la bază fenomenul generării reciproce a cîmpului electric și celui magnetic.

Liniile de forță ale cîmpurilor sînt situate în planuri reciproc perpendiculare, prin urmare, și vectorii respectivi sînt reciproc perpendiculari.

REȚINE!

Vectorii \vec{E} și \vec{B} în unda electromagnetică sînt reciproc perpendiculari și situați în plan perpendicular pe direcția de propagare a undei.

Reprezentarea spațială la un moment dat a undei electromagnetice cu direcția de propagare de-a lungul axei Oy este arătată în fig. 2.



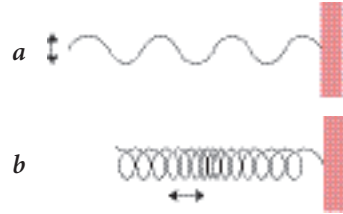
DEFINIȚII

1. Unda în care mărimea oscilatorie variază în plan perpendicular pe direcția de propagare a oscilațiilor se numește **undă transversală**.
2. Unda în care mărimea oscilatorie variază pe direcția de propagare a oscilațiilor se numește **undă longitudinală**.

Mărimea λ se numește lungime de undă și este egală cu distanța la care începe unda în decursul unei perioade. Din fig. 3 observăm că λ este egală cu distanța dintre două puncte, cele mai apropiate, care oscilează la fel.

DESCOPERĂ SINGURI!

- Analizează undele mecanice care se propagă de-a lungul unei coarde (a) și al unui resort elastic (b). Determină tipul lor.
- Determină tipul undelor electromagnetice (vezi fig. 3). Argumentează.



REȚINE!

Undele electromagnetice sînt unde transversale.



Heinrich Hertz

Teoria cîmpului electromagnetic elaborată de Maxwell este considerată astăzi, pe bună dreptate, ca una dintre cele mai de performanță lucrări științifice, iar numele autorului ei a devenit cunoscut întregii lumi. Însă după apariția acestei lucrări, în 1865, au trecut mai bine de douăzeci de ani, pînă cînd rezultatele ei au fost confirmate experimental, aducîndu-i un adevărat triumf și recunoștința contemporanilor. Drept argument pentru confirmarea acestor rezultate teoretice a servit faptul obținerii pe cale experimentală a undelor cu ajutorul circuitelor electrice și determinării vitezei lor de propagare de către renumitul fizician german **Heinrich Hertz (1857–1894)**.

În cadrul cercetărilor sale J. Maxwell a obținut formula de calcul al vitezei de propagare a undelor electromagnetice și a arătat că aceasta depinde de proprietățile electrice și magnetice ale mediului. Pentru cazul propagării în vid, valoarea vitezei undelor, notată cu simbolul „ c ”, e de $3 \cdot 10^8$ m/s, valoare egală cu viteza luminii în vid, care pe atunci era deja cunoscută. Această coincidență a fost una din confirmările caracterului ondulatoriu al luminii și arăta natura ei electromagnetică, fapt care a servit în continuare drept argument pentru elaborarea teoriei electromagnetice a luminii.

Anume viteza de propagare a undelor electromagnetice a servit drept criteriu de verificare a veridicității rezultatelor prezise de teoria cîmpului electromagnetic.

Din clasa a VIII-a cunoști că undele mecanice se propagă prin mediu datorită proprietăților elastice ale acestuia, determinate de interacțiunile dintre particule.

Însă undele electromagnetice se pot propaga și în vid.

Viteza v de propagare a undelor de orice tip poate fi calculată, dacă se cunoaște lungimea de undă λ și frecvența oscilațiilor din ea ν , utilizînd formula cunoscută:

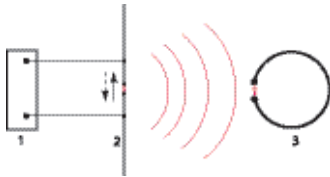
$$v = \lambda \nu. \quad (1)$$

DESCOPERĂ SINGURI!

- Propune planul determinării vitezei de propagare a undelor circulare de pe suprafața unui lac.

În anii 1885-1888 H. Hertz a efectuat o serie de cercetări științifice în urma cărora a obținut efectiv unde electromagnetice, a studiat proprietățile lor și le-a măsurat viteza de propagare.

Hertz a construit un dispozitiv simplu, numit **vibrator**, care în esență era un emițător de unde (fig. 3). În el puteau fi excitate oscilații electromagnetice de frecvență înaltă cu ajutorul unei surse de tensiune înaltă, care antrena purtătorii de curent într-o mișcare oscilatorie.

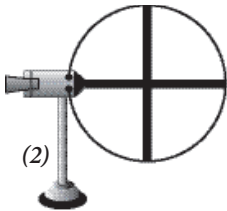


1 - sursă de tensiune înaltă
2 - vibrator (emițător)
3 - rezonator (receptor)

Fig. 3



(1)



(2)

Vibratorul (1) și rezonatorul (2) lui Hertz, păstrate într-un muzeu din München

Curenții alternativi apăruți în vibrator creează câmpuri magnetice variabile, care, la rândul lor, generează câmpuri electrice variabile, care de asemenea sînt generatoare de câmpuri magnetice ș.a.m.d. Prin urmare, de la vibrator se răspîndește în spațiu un ansamblu de câmpuri electrice și magnetice care se generează reciproc, formînd undele electromagnetice.

Pentru a înregistra aceste unde, Hertz a construit un al doilea vibrator, cu funcția de receptor, pe care l-a numit **rezonator**. Acesta era un contur metalic format dintr-un conductor îndoit cu un mic interval între capete. Câmpul electric al undei ajunse la rezonator influențează purtătorii de curent din circuitul lui, antrenîndu-i într-o mișcare oscilatorie cu o frecvență corespunzătoare frecvenței oscilațiilor din undă. Astfel în rezonator apar curenți alternativi, care pot fi depistați după scînteierile dintre capetele rezonatorului, ceea ce indică faptul recepției undei.

Folosind vibratoarele, Hertz a demonstrat experimental existența undelor electromagnetice, reușind de asemenea să studieze unele proprietăți ale lor.

S-a constatat că la propagare aceste unde manifestă proprietăți asemănătoare undelor mecanice și celor luminoase, fiindu-le caracteristice cunoscutele fenomene cum ar fi reflexia, refracția, interferența, proprii tuturor tipurilor de unde.

DESCOPERĂ SINGURI!

- În unele experiențe ale lui Hertz valorile lungimii de undă și ale frecvenței proprii a sistemului oscilant erau egale, respectiv, cu 60 cm și $5 \cdot 10^8$ Hz. Folosind relația dintre lungimea de undă, frecvență și viteza undei (1), estimează valoarea vitezei obținute de Hertz și compar-o cu cea obținută de J. Maxwell.
- Formulează concluziile respective.

Conform primelor ipoteze științifice despre lumină, apărute la sfîrșitul sec. al XVII-lea, undele luminoase erau considerate unde elastice longitudinale. Însă în anii douăzeci ai sec. al XIX-lea savanții au stabilit că undele de lumină sînt unde transversale și nu longitudinale, dar încă nu se putea da o interpretare corectă a naturii lor. Și numai lucrările lui J. Maxwell și H. Hertz au clarificat definitiv natura luminii cu argumentare științifică.

Astfel în a doua jumătate a sec. al XIX-lea s-au obținut următoarele rezultate:

- apariția ipotezei teoretice a lui Maxwell privitoare la existența undelor electromagnetice și confirmarea ei experimentală;
- determinarea experimentală a vitezei acestor unde, care a coincis cu viteza luminii, stabilită cu mult înainte de către predecesori;
- studierea proprietăților undelor electromagnetice, stabilindu-se identitatea cu proprietățile undelor luminoase.

Toate acestea au permis să se facă afirmația că lumina are natură electromagnetică și se propagă ca undele electromagnetice, avînd aceleași proprietăți.

REȚINE!

Undele luminoase sînt unde electromagnetice.

PROBLEMĂ REZOLVATĂ

Lungimea de undă a radiației unei stații de emisiune este de 300 m. Determinați perioada și frecvența oscilațiilor de undă.

Se dă:

$$\lambda = 300 \text{ m}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$T - ? \quad \nu - ?$$

Rezolvare:

Știind că în decursul unei perioade unda parcurge o distanță egală cu lungimea de undă, scriem:

$$\lambda = c T \quad (1), \quad \text{de unde} \quad T = \frac{\lambda}{c} \quad (2);$$

Folosind relația $\nu = \frac{1}{T}$, găsim: $\nu = \frac{c}{\lambda}$ (3).

Înlocuind în formulele (2) și (3) valorile cunoscute, obținem:

$$T = \frac{300 \text{ m}}{3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 10^{-6} \text{ s} = 1 \mu\text{s}; \quad \nu = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{300 \text{ m}} = 10^6 \text{ s}^{-1} = 10^6 \text{ Hz} = 1 \text{ MHz}.$$

Răspuns: $T = 1 \mu\text{s}; \quad \nu = 1 \text{ MHz}.$

EXERSEAZĂ!

1. Enumeră proprietăți generale ale undelor mecanice și undelor electromagnetice.
2. Care proprietăți ale luminii ne dau posibilitatea de a afirma că undele luminoase sînt unde electromagnetice?
3. Deseori, în timpul furtunilor, la radio se pot auzi semnale-paraziți, care perturbă semnalul stației de emisiune. Explicați originea lor.
4. Comparați frecvențele oscilațiilor din unda electromagnetică cu lungimea de 5 m și din cea sonoră de aceeași lungime, care se propagă prin aer în condiții normale. Viteza sunetului în asemenea condiții este de 331 m/s.
5. Stația emițătoare de la bordul unei nave cosmice funcționează pe frecvența de 20 MHz. Să se afle perioada oscilațiilor și lungimea undelor emise de ea.
6. Determinați intervalul de frecvențe ce corespunde undelor radio scurte cu lungimile de undă cuprinse în limitele $10 \div 100 \text{ m}$.
7. Selectați din lista de mijloace de comunicație propusă pe acelea care stabilesc legătura prin intermediul undelor electromagnetice: telefonul fix, telefonul mobil, stația de emisiune de la bordul avionului, al vaporului, difuzorul radio, televizorul.

§ 2. Determinarea vitezei luminii

Problema cu privire la rapiditatea propagării luminii era discutată de cercetători de mai multe secole. Însă numai la sfârșitul sec. al XVII-lea au apărut primele soluții.

Dacă analizăm unele cazuri din viață, ne dăm seama cât e de mare viteza luminii față de alte viteze cunoscute în natură. Mai mult ca atât, observatorului i se poate crea impresia că lumina emisă de o sursă oarecare ajunge la receptori momentan. Apăsînd butonul întrerupătorului, se pare că în cameră se face luminos în toate punctele în același moment cu apariția luminii în bec. În timpul descărcărilor electrice observatorul vede mai întîi lumina fulgerului, iar peste un timp oarecare aude tunetul, ceea ce denotă viteza extrem de mare a luminii față de cea a sunetului.

La începutul sec. al XVII-lea savanții încă își mai puneau întrebarea: este finită viteza luminii sau nu? Primul care a presupus că viteza luminii poate fi măsurată a fost G. Galilei. Anume el a făcut primele încercări de a o măsura. Însă toate încercările lui G. Galilei de a efectua măsurări cantitative privind acest subiect nu s-au încununat de succes din cauza utilajului imperfect.

Gîndește-te cum s-ar putea determina viteza sunetului în aer cu ajutorul unui cronometru. Se poate măsura viteza luminii în mod analogic?

Galilei credea că viteza luminii se calculează simplu, dacă se fixează momentul emisiei unui semnal luminos și al recepției lui de către observator și se cunoaște distanța dintre punctele respective. Însă s-a dovedit că este foarte dificil în condiții terestre de a determina prin măsurări directe timpul de propagare a luminii de la sursă pînă la receptor. El poate fi calculat doar utilizînd rezultatele unor măsurări indirecte.

Pentru a determina exact intervalul de timp de propagare a semnalului luminos, este necesar ca sursa de lumină și observatorul să se afle la distanțe enorme unul de altul.

SCURT ISTORIC

Ideea folosirii distanțelor astronomice pentru rezolvarea acestei probleme a apărut la sfârșitul sec. al XVII-lea odată cu rezultatele cercetărilor astronomului danez O. Roemer. În 1675 el studia eclipsele satelitului planetei Jupiter, Io. Înregistrînd timpul de ieșire a lui Io din umbra planetei atunci cînd Pămîntul se afla mai aproape de orbita lui Jupiter, apoi peste cîteva luni, cînd s-a îndepărtat (fig. 1), Roemer a observat că în al doilea caz ieșirea acestuia din umbră are loc cu o întîrziere de timp de 22 de minute față de primul caz.

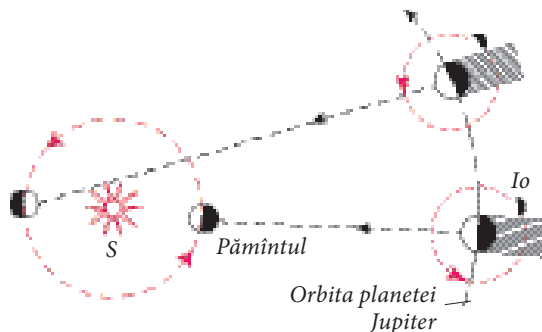


Fig. 1

Acest fapt a fost explicat prin parcurgerea de către lumină pe direcția Io-Pământ a unei distanțe suplimentare, cauzată de deplasarea Pământului pe orbita sa. Prin urmare, a conchis Roemer, pînă cînd lumina străbate această distanță suplimentară, trece un timp de 22 de minute, de unde rezultă că viteza ei este finită și nu infinit de mare, după cum afirmau unii. Valoarea vitezei luminii calculată din datele lui Roemer depășește 200 000 km/s.

🔌 DESCOPERĂ SINGURI

- Folosește valoarea cunoscută în prezent a razei orbitei terestre și intervalul de 22 min. obținut de Roemer și calculează singur viteza luminii.

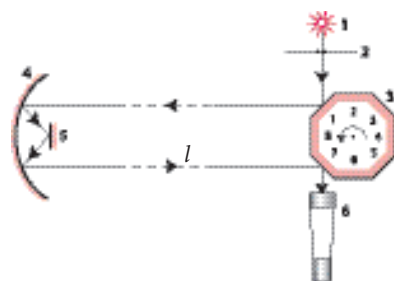
Au trecut circa două sute de ani pînă cînd, la mijlocul sec. XIX, datorită ingeniozității savanților, au fost elaborate noi metode de laborator de măsurare cu mai mare precizie a vitezei luminii.

Prima dată a reușit acest lucru H. Fizeau, în 1849, care a obținut o valoare apropiată de $3,13 \cdot 10^8$ m/s.

Mai tîrziu experiențe analogice au fost efectuate și de alți savanți, care au obținut valori mai exacte. Unul dintre ei a fost fizicianul american A. Michelson, care în calitate de element de bază al instalației sale a folosit o prismă octoedrică rotitoare cu fețe laterale reflectoare (fig. 2).

Instalația optică era formată din următoarele componente, situate pe direcția de propagare a undelor luminoase:

- 1 – sursă de lumină,
- 2 – paravan cu fantă,
- 3 – prismă,
- 4 – oglindă sferică,
- 5 – oglindă plană,
- 6 – lunetă de observare.



Schema experimentală era reglată astfel ca, atunci cînd prisma se află în repaus, observatorul să vadă prin lunetă lumina de la sursa 1, care ajungea la el ca rezultat al reflexiilor de la oglinzi.

🔌 DESCOPERĂ SINGURI

- Meditează asupra condițiilor în care observatorul continuă să vadă sursa de lumină chiar și în timpul rotației prismei.

Distanța dintre prismă și oglinzile instalate pe două piscuri de munți era măsurată foarte minuțios, constituind circa 35 km. Viteza de rotație a prisme era mărită lent pînă cînd în lunetă apărea din nou imaginea sursei.

Aceasta este posibil doar atunci cînd prisma reușește să se rotească „cu o față”, adică cu 1/8 de rotație completă în timpul parcurgerii de către lumină a distanței de la prismă spre oglinzi și invers.

DESCOPERĂ SINGUR!

Cunoscând numărul de rotații pe minut $n = 32138 \text{ rot./min.}$ și distanța $l = 35 \text{ km}$, estimează viteza de propagare a luminii, care se obține după metoda lui Michelson:

$$v = \frac{2l}{t}$$

În urma unor multiple verificări s-a stabilit valoarea cea mai obiectivă a vitezei luminii în vid, care, în conformitate cu datele actuale ale științei, este următoarea:

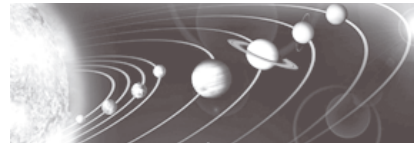
$$c = 299792,5 \pm 0,5 \text{ km/s.}$$

În fizică se utilizează de cele mai multe ori valoarea ei aproximativă de $3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$. Aceasta este viteza cea mai mare existentă în natură.

Michelson a măsurat viteza luminii și în diferite medii, din care a constatat că ea se micșorează la propagarea prin substanță.

EXERSEAZĂ!

1. Distanța de la Pământ la Soare este de $\approx 150 \text{ mil. km}$. Lumina solară parcurge această distanță în 8 min. 20 s. Calculați viteza luminii utilizând aceste date.
2. Determinați distanța de la Pământ la Lună, știind că lumina o parcurge în 1,28 s.
3. Calculați distanța de la Soare la planeta Marte, știind că lumina o parcurge în aproximativ 12 min. 40 s.
4. În astronomie este folosită o unitate de măsură a distanțelor dintre corpurile cerești numită an-lumină, definită ca distanța parcursă de lumină într-un an. Exprimați-o în kilometri.
5. În măsurările sale Roemer a folosit rezultatele observărilor asupra planetei Jupiter și ale sistemului ei de sateliți. Determinați timpul în care lumina parcurge distanța de 778 mil. km dintre Soare și Jupiter.
6. Câte rotații pe minut trebuie să efectueze prisma în instalația lui Michelson pentru a obține valoarea vitezei luminii adoptată oficial astăzi? Folosiți datele obținute din studiul experimental.



ELABORAREA UNEI COMUNICĂRI

Tema: Evoluția metodelor de determinare a vitezei luminii

Plan de lucru:

1. Consultă surse de informații referitoare la acest subiect.
2. Selectează materiale despre diferite metode de determinare a vitezei luminii.
3. Compară informația selectată cu cea a colegilor. Consultați profesorul.
4. Aranjează informația selectată într-o succesiune logică, clară și concisă.
5. Elaborează comunicarea în scris.
6. Alege modalitatea de prezentare a comunicării.

§ 3. Clasificarea undelor electromagnetice. Proprietăți ale undelor electromagnetice

După descoperirea undelor electromagnetice au fost obținute unde (razații) care constituie un domeniu foarte larg de frecvențe și lungimi de undă cuprinse între 10^{-14} m și 10^5 m.

REȚINE!

Diversitatea razițiilor electromagnetice ordonată după frecvențe și lungimi de undă formează scara undelor electromagnetice.

Conform acestei clasificări, undele se grupează pe diapazoane, sistematizate, de regulă, după metodele de obținere a lor. Proprietățile generale ale undelor electromagnetice pe întreaga scară și viteza lor în vid sînt identice, după cum se știe. Însă, în funcție de λ și ν , există totuși o serie de particularități care deosebesc „comportamentul” undelor în diferite condiții, cum ar fi, în particular, capacitatea de pătrundere în substanță, propagarea prin atmosferă etc.

La baza clasificării se pune aranjarea razițiilor într-o diagramă după frecvența și lungimea lor de undă în vid (fig. 1).

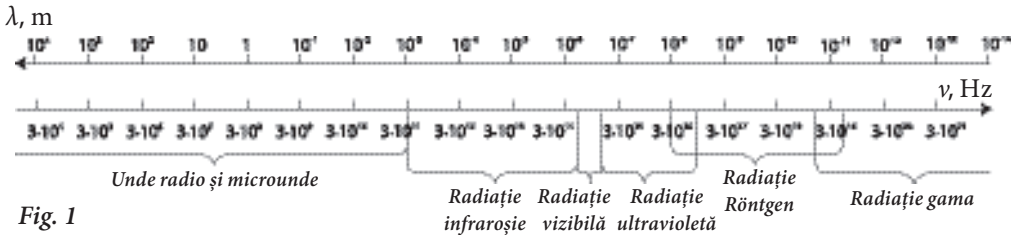


Fig. 1

Examinată de la stînga, scara începe cu undele cele mai lungi, care pînă la $\lambda \approx 10^{-3}$ m formează diapazonul undelor radio și al microundelor. Lungimile acestora sînt cuprinse între valori de ordinul a zeci de kilometri și 1 mm, iar domeniul corespunzător al frecvențelor începe de la cîțiva kilohertzi și atinge $3 \cdot 10^{11}$ Hz. Undele radio sînt generate de sisteme electrice oscilante datorită oscilațiilor curentului electric din ele și pot fi folosite pentru comunicarea la distanță.

Legătura radio sau radiocomunicația este o transmitere a informației și recepția ei de la distanță prin intermediul undelor electromagnetice și poate fi efectuată sub formă de transmisiune radiofonică sau televizată (telecomunicația).

Microundele sînt produse de instalații electronice de frecvență înaltă și foarte înaltă ($\approx 10^{11}$ Hz), și sînt folosite în telecomunicații, radiolocație și în alte domenii ale științei și tehnicii. Radiolocația este descoperirea și determinarea poziției obiectelor cu ajutorul undelor electromagnetice, incluzînd procesul de emisie direcționată a undelor spre obiect și recepționarea undelor reflectate de acesta (fig. 2).

Undele de frecvențe mai înalte sînt generate, de regulă, de sisteme atomice și nucleare ca rezultat al transformărilor energetice din ele.

Un astfel de diapazon este cel al radiației infraroșii, care în general este emisă de corpurile încălzite și care conține unde de lungimi ce variază între $\approx 10^{-3}$ m și $0,76 \cdot 10^{-6}$ m, numite **raze infraroșii**.

Scara este continuată de radiația vizibilă, cuprinsă în intervalul de $0,38 \cdot 10^{-6}$ m și $0,76 \cdot 10^{-6}$ m.

REȚINE!

Radiația vizibilă este unica radiație electromagnetică ce ne creează senzații luminoase și datorită căreia percepem lumea în toată diversitatea culorilor ei.

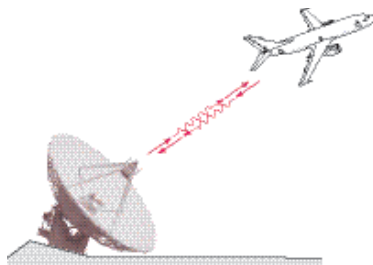


Fig. 2

Undele de o lungime și mai mică se numesc **raze ultraviolete** și se extind pe scară de la $0,38 \cdot 10^{-6}$ m pînă la $0,6 \cdot 10^{-9}$ m. Acestea sînt generate îndeosebi de descărcările electrice în gaze (arcul electric), de exemplu, în timpul sudării (fig. 3). Radiația Soarelui este, de asemenea, foarte bogată în raze ultraviolete.

Radiația ultravioletă are efecte atît curative, cît și distructive. Se aplică în medicină și în diferite domenii ale științei și tehnicii.



Fig. 3

SCURT ISTORIC

În anul 1895 fizicianul german Wilhelm Röntgen a descoperit o radiație de lungime de undă și mai mică, pe care a numit-o radiație X. Ulterior ea a primit denumirea de raze Röntgen. Aceasta se obține la frînarea bruscă a electronilor accelerați de cîmpuri electrice în tuburi electronice speciale vidate și are lungimi de undă de ordinul $10^{-8} \div 10^{-11}$ m. Datorită capacității sale mari de pătrundere, această radiație a obținut o aplicație largă în medicină, la examinarea scheletelor organismelor vii (fig. 4), în tehnică, la verificarea calității pieselor metalice, în știință și în alte domenii ale activității umane.



Fig. 4

Regiunea superioară a scării (în raport cu frecvența) este ocupată de cele mai scurte unde electromagnetice cu lungimi de undă mai mici de 10^{-11} m, care constituie radiația γ (gama). Mai sînt numite raze gama. O asemenea radiație ia naștere la dezintegrarea radioactivă a nucleelor atomice, ca rezultat al reacțiilor nucleare și al ciocnirilor dintre particulele elementare. Ca și toate undele de o lungime mai mică de 10^{-7} m, razele γ au efecte atît curative, cît și nocive, fiind foarte pătrunzătoare.

Datorită acțiunii lor biologice puternice, sînt necesare măsuri de protecție deosebite în timpul aflării în zona lor de acțiune.

Toate undele electromagnetice au proprietăți generale, caracteristice tuturor tipurilor de unde. Ele sînt absorbite la propagarea prin substanță, se reflectă de la anumite corpuri (obstacole) și se refractă la trecerea dintr-un mediu în altul. Dar aceste proprietăți se manifestă în condiții diferite, specifice tipului dat de undă, determinat de frecvența acesteia, direcția de propagare, precum și alte caracteristici ale undei și ale mediului.

Astfel undele radio trec liber prin mediile dielectrice, dar sînt reflectate de medii conductoare cum sînt metalele. Razele de lumină, căzînd pe suprafața corpurilor solide, parțial se reflectă, iar parțial sînt absorbite de corp. Energia absorbită a undei se transformă în energie internă a corpului, de regulă, în căldură.

Cu cît este mai mică lungimea de undă, cu atît mai pătrunzătoare sînt radiațiile la interacțiunea lor cu substanța, fiind absorbite foarte slab. Ca exemple pot servi razele Röntgen și razele gama. Corpurile netransparente pentru undele luminoase sînt transparente pentru aceste raze. Primele penetrează metalele ușoare, nemaivorbind de țesuturi moi ale organismelor vii, iar razele gama străbat straturi groase de substanță, inclusiv metale grele. Totuși la trecerea razelor γ prin substanțe de o densitate mare intensitatea lor se micșorează esențial. Un absorbant foarte bun al razelor γ este plumbul.

EXERSEAZĂ!

1. Care radiație are lungimea de undă mai mare: cea infraroșie sau cea ultravioletă?
2. Determină limitele domeniului de frecvențe ale radiației infraroșii.
3. Dă 3-4 exemple de aplicații ale undelor electromagnetice.
4. Clasifică și ordonează undele electromagnetice:
 - a) după frecvență;
 - b) după lungimea de undă.
5. Dă 2-3 exemple de surse de radiație ultravioletă.
6. Enumeră proprietățile generale ale undelor electromagnetice.
7. Care radiații electromagnetice pot provoca efecte negative asupra organismului uman?

ELABORAREA UNEI COMUNICĂRI

- Elaborați o comunicare pe tema: „Regimul optim al băilor de soare, ținînd cont de acțiunea biologică a razelor ultraviolete”.
- Întocmiți un tabel cu date generalizatoare despre proprietățile undelor electromagnetice reflectînd denumirea diapazonului, sursa, lungimea de undă și frecvența, aplicațiile, acțiunea asupra naturii vii, metodele de protecție.

§ 4. Undele radio

Undele sînt generate, de regulă, de circuite electrice și au lungimi de undă cuprinse între cîteva zeci de kilometri și cîteva centimetri. Aplicațiile lor pentru radio-comunicație și telecomunicație, precum și în alte domenii ale științei și tehnicii, au determinat în mare măsură progresul tehnico-științific la nivel global astfel încît, în prezent, viața noastră este de neînchipuit fără utilizarea acestor unde. Radioul, televiziunea, telefonია mobilă, diferite echipamente de transmisie și recepție, staționare sau instalate pe mijloacele de transport, sînt domenii care s-au dezvoltat doar datorită existenței acestui tip de materie, cum sînt undele electromagnetice. Dar pînă la realizările la care știința a ajuns astăzi au trecut mai mult de o sută de ani, de cînd H. Hertz a descoperit experimental aceste unde și le-a studiat proprietățile.

Descoperirea lui H. Hertz și rezultatele cercetărilor lui experimentale au trezit interesul savanților din lumea întreagă. Au apărut primele păreri despre posibilitatea aplicării acestor unde în scopuri practice. Dar însuși Hertz, potrivit memoriilor contemporanilor, nu numai că nu se gîdea la radiocomunicație, ci chiar nega această posibilitate. Totuși în diferite țări, cum ar fi Marea Britanie, Italia, Rusia ș.a.,



Aleksandr Popov

se făceau încercări de a perfecționa dispozitivele inventate de Hertz pentru a amplifica semnalele recepționate, precum și de a mări distanța de la sursă pînă la receptor, la care eficient are loc recepția undelor.

Undele radio au început să fie aplicate pentru comunicare la sfîrșitul sec. al XIX-lea odată cu inventarea primelor aparate de emisie și de recepție de către profesorul **Aleksandr Popov (1859–1906)** în Rusia și **Guglielmo Marconi (1874–1937)**, fizician și inginer de origine italiană, care a obținut rezultate remarcabile în acest domeniu activînd în Anglia.



Guglielmo Marconi

În decurs de cîteva ani aparatele inventate au fost perfecționate într-atît încît deja în anul 1899 el a stabilit legătura radio între Anglia și Franța, iar în 1901 Marconi a realizat legătura peste Oceanul Atlantic, între Marea Britanie și insula Newfoundland (Canada). Pentru aportul său esențial la dezvoltarea și promovarea radiotehnicii, ca mijloc de legătură, a fost distins în anul 1909 cu Premiul Nobel.

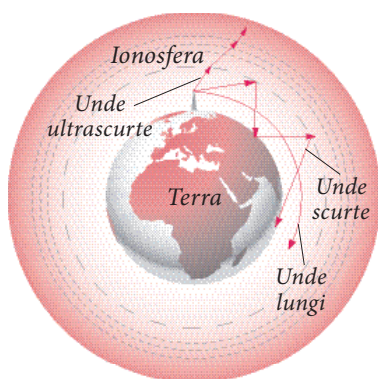
Primele comunicări pe calea undelor erau comunicări radiotelegrafice, iar legătura radiofonică s-a dezvoltat în anii următori.

DESCOPERĂ SINGURI!

- Consultă surse de informație pe tema dată și informează-te despre semnificația conceptelor „comunicare telegrafică” și „comunicare radiofonică (telefonică)”.

Pe parcursul a mai bine de o sută de ani au fost elaborate mijloace radiotehnice de mai multe generații, care se perfecționau din an în an, odată cu dezvoltarea științelor fundamentale și a celor aplicative. În prezent aparatul utilizat în domeniu este foarte performant după mulți indici, foarte variat și multifuncțional și permite de a stabili legătura radio de o calitate înaltă la distanțe practic nelimitate, atît pe Pămînt, cît și în spațiul cosmic.

Condițiile și domeniile în care se realizează radiocomunicarea determină caracteristicile undelor utilizate în acest scop, cum ar fi lungimea de undă sau frecvența, iar în unele cazuri și alte caracteristici. Aceste cerințe sînt determinate de particularitățile deosebite de propagare a undelor radio cu diferite lungimi de undă pe suprafața Pămîntului și prin atmosferă. Astfel undele cu lungimea de undă mai mare de 100 m au proprietatea de a ocoli suprafața convexă a Pămîntului, iar cele cu lungimea de undă cuprinsă între 10 m și 100 m – de a se



reflecta multiplu atît de la suprafața Pămîntului, cît și de la stratul ionizat al atmosferei (ionosferă), care se extinde la înălțimea de 100 – 300 km deasupra suprafeței terestre. De aceea ele se utilizează pentru realizarea radiocomunicației dintre punctele situate la orice distanțe pe Pămînt.

Nu se reflectă de la ionosferă doar undele cu lungimi de undă mai mici de 10 m. Tocmai acestea și sînt utilizate pentru realizarea legăturii radio cu navele cosmice.

Undele radio sunt divizate convențional pe diapazoane, în funcție de lungimea de undă. Vom arăta limitele lungimilor de undă ale acestora și domeniile de aplicare:

- *unde foarte lungi* (cîteva zeci de kilometri) – legătura radiotelegrafică, transmiterea semnalelor prognozelor meteo și a semnalelor timpului exact, legătura cu submarineele militare;
- *unde lungi* (10^4 m – 10^3 m) – emisiuni radiofonice, comunicare radiotelefonică și radiotelegrafică, radionavigație;
- *unde medii* (10^3 m – 10^2 m) – aceleași domenii de aplicație;
- *unde scurte* (100 m – 10 m) – emisiuni radiofonice, legătura radiotelegrafică și radioamatorismul, legătura cu unii sateliți;
- *unde ultrascurte: metrice* (10 m – 1 m) – emisiuni radiofonice, televiziune, radiolocație, radiocomunicația cosmică, radioamatorism;
- *decimetrice* (1 m – 0,1 m) – televiziune, radiolocație, astronavigație ș.a.
- *centimetrice* (0,1 m – 0,01 m) – aceleași domenii de aplicație.

EXERSEAZĂ!

1. Care este domeniul lungimilor de undă ale undelor radio?
2. Enumerați diapazoanele undelor radio în funcție de lungimea de undă.
3. Care sînt domeniile de aplicație a frecvențelor radio?
4. Cine sînt savanții care au implementat undele electromagnetice pentru comunicarea la distanță?
5. Care unde se folosesc pentru realizarea legăturii cu astronauții ce lucrează pe stația cosmică internațională?

ELABORAREA UNEI COMUNICĂRI

- Pregătește o comunicare despre inventarea radioului de către A. Popov și G. Marconi.

§ 5. Modelul planetar al atomului

Ideea despre existența celei mai mici părți în care se poate diviza substanța vine din Antichitate.

SCURT ISTORIC



Democrit



John Dalton



Amadeo Avogadro

- Filosofii greci **Leucip** și **Democrit** au fost primii care au promovat ideea despre structura discretă a substanței în secolele V-III î. Hr., conform căreia *lumea înconjurătoare este alcătuită din atomi* care se mișcă în spațiu.*
- La începutul secolului al XIX-lea savanții chimiști, în urma cercetărilor experimentale, au ajuns la concluzia că într-adevăr *atomul este constituentul de bază* al tuturor elementelor chimice datorită următoarelor dovezi:
 - în anul 1803 chimistul și fizicianul englez **John Dalton (1766–1844)** a descoperit *legea proporțiilor multiple*, care a fost explicată de el abia în anul 1808, când a formulat următoarea ipoteză: *fiecare element chimic este format din atomi care nu mai pot fi divizați prin metode chimice;*
 - în anul 1811 fizicianul și chimistul italian **Amadeo Avogadro (1776–1856)** a lansat ideea că atomii elementelor simple se pot uni între ei, formând molecule, concluzionând astfel că constituenții de bază ai substanței sînt molecula și atomul.
- În ultimii ani ai secolului al XIX-lea au fost realizate o serie de descoperiri, îndeosebi descoperirea *razelor X* de către W. Röntgen (1895), a *fenomenului radioactivității* de H. Becquerel (1896), a *electronului* de către J. Thomson (1897), a radiului și poloniului de către soții Marie și Pierre Curie (1898) și a structurii *radiațiilor substanțelor radioactive* de către E. Rutherford (1899), care au condus direct spre crearea *bazei fizicii atomice și nucleare.*

Descoperirea electronului de către **J. Thomson (1856–1940)** în 1897 i-a permis să formuleze următoarea concluzie: *atomul are o structură complexă, iar electronul este o parte componentă a atomului.*

Astfel, J. Thomson a dovedit că atomul este divizibil, iar pentru această descoperire i s-a decernat Premiul Nobel (în anul 1906).

În anul 1903, J. Thomson a elaborat *primul model al atomului* (fig. 1): *atomul este imaginat ca o sferă încărcată cu sarcini pozitive în care sînt distribuiți electroni cu sarcini negative.*

Modelul lui J. Thomson mai este cunoscut sub numele de „*cozonacul cu stafide*” în care stafidele sînt distribuite în tot volumul lui, asemenea electronilor din atom.

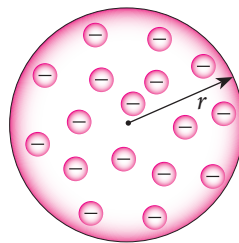


Fig. 1

* Atom, în traducere din limba greacă, înseamnă *indivizibil.*

Acest model a dominat pînă în anul 1911, cînd **E. Rutherford (1871–1937)** a demonstrat experimental că partea pozitivă a atomului nu este repartizată în tot volumul acestuia, ci într-un spațiu foarte mic. În scopul cercetării distribuției sarcinii pozitive în interiorul atomului E. Rutherford împreună cu elevii săi au efectuat o serie de experimente. Pentru aceasta a fost realizată o instalație a cărei schemă este reprezentată în fig. 2.

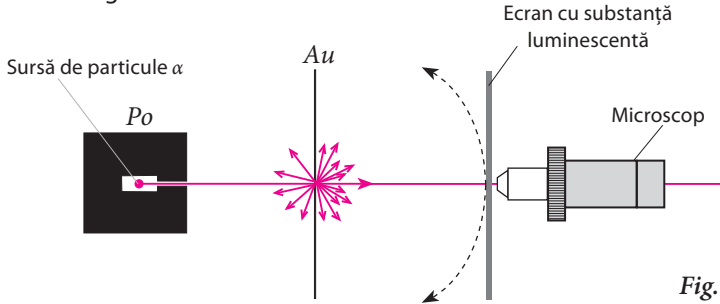


Fig. 2

Proiectînd un fascicul de radiații α (particule pozitive) de la o sursă radioactivă (P_0 – poloniu) pe o foiță de aur, ele nimereau pe un ecran acoperit cu sulfură de zinc (ZnS). În urma interacțiunii particulelor α cu sulfura de zinc, apăreau scînteii care puteau fi observate cu ajutorul microscopului. E. Rutherford a observat că o mare parte a particulelor α au străbătut foița de aur (fig. 3), iar altele au fost deviate mai mult sau mai puțin (fig. 4). Aceste rezultate E. Rutherford le-a interpretat astfel:

- continuarea traiectoriei rectilinii a particulelor α dovedește că ele n-au întîlnit alte particule și deci *materia are o structură discontinuă*;
- devierea și întoarcerea unor particule α dovedește că ele au întîlnit particule cu sarcini electrice pozitive, care le-au respins conform legii lui Coulomb.

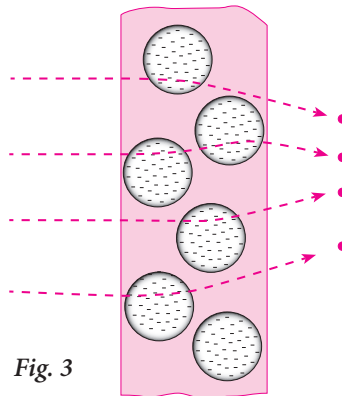


Fig. 3

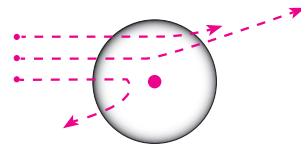


Fig. 4

În urma unei analize cantitative E. Rutherford ajunge la concluzia că sarcina pozitivă a atomului este concentrată într-un volum foarte mic, cu $r \sim 10^{-14}$ m în centrul atomului, dar nu repartizată unifrom ca în modelul lui J. Thomson. Această concluzie însemna apariția unui nou model al atomului, numit *model planetar*, în care Soarele este reprezentat prin *nucleu*, iar planetele prin *electroni*. Conform acestui model, în centru se află nucleul atomic de dimensiuni foarte mici, încărcat pozitiv, în care se

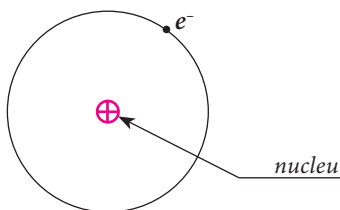


Fig. 5

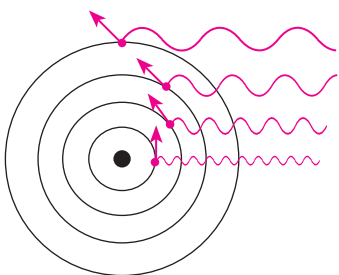


Fig. 6

concentrează aproape întreaga masă a atomului, iar în jurul lui, pe orbite circulare, aflate la distanțe $r \approx 10^{-10}$ m, se mișcă electronii (fig. 5). Forța care determină mișcarea electronilor în jurul nucleului este atracția coulombiană.

Modelul planetar al atomului elaborat de către E. Rutherford ne permite să explicăm cauzele și mecanismul împrăștierei particulelor α la trecerea lor prin foițe subțiri de metal. Însă pe baza acestui model nu puteau fi explicate stabilitatea atomului și mecanismul de emisie a luminii de către atomii substanțelor.

🔌 AFLĂ MAI MULT!

În anul 1913 fizicianul danez **Niels Bohr (1885–1962)** a expus o nouă viziune privind mișcarea electronului în atom, corectând modelul planetar al lui E. Rutherford prin introducerea a două postulate:

1. Electronul se mișcă în jurul nucleului numai pe *orbite circulare stabile*, numite orbite *permise* sau *staționare*. În mișcarea pe orbitele staționare, electronul nu emite energie (fig. 6).
2. Trecerea electronului de pe o orbită pe alta este însoțită de emisie sau absorbție sub formă de cantități discrete (porțiuni) de energie, numite *cuațe* de energie*.

Modelul atomic al lui N. Bohr descrie corect doar atomul cu un singur electron, cum este atomul de hidrogen.

În anul 1915 fizicianul german A. Sommerfeld a extins teoria lui N. Bohr prin introducerea noțiunii de orbite eliptice și creînd un model nou, deja pentru atomii cu mai mulți electroni.

🔍 REȚINE!

1. Pentru descrierea structurii atomului s-au elaborat modele de atom.
2. Experimentul lui E. Rutherford a condus spre ideea modelului planetar al atomului.
3. Modelul lui E. Rutherford a fost cercetat de N. Bohr, care a formulat două postulate și a introdus ideea de cuantificare a energiei.

🔌 EXERSEAZĂ!

1. Ce reprezintă atomul conform modelului lui J. J. Thomson?
2. Explică modelul atomului propus de E. Rutherford. Compară-l cu modelul lui J. J. Thomson.
3. Formulează succint cele două postulate ale lui N. Bohr.
4. Prin ce se deosebește modelul planetar al lui N. Bohr de modelul planetar al lui E. Rutherford?
5. În ce condiții atomul absoarbe și emite radiație electromagnetică?

* Cuață provine de la cuvîntul latin *quantitas*, care înseamnă *cantitate*.

§ 6. Nucleul atomic. Conținutul nucleului atomic. Forțe nucleare



Ernest Rutherford

Din cele studiate anterior cunoști deja că atomul este un element structural al materiei, neutru din punct de vedere electric. Experiențele lui **Rutherford (1871–1937)**, cu privire la împrăștierea particulelor α la trecerea acestora prin foițe metalice subțiri, au arătat că atomul are o structură complexă, fiind format din nucleu cu sarcină electrică pozitivă și învelișul electronic cu sarcină negativă, egală în modul cu cea a nucleului. Masa atomului este concentrată preponderent în nucleu, în ciuda faptului că el are dimensiuni foarte mici în comparație cu cele ale atomului. Prin urmare, densitatea materiei nucleare este foarte mare.

În acei ani, în mediul savanților deja bîntuia întrebarea: însuși nucleul este o formațiune indivizibilă sau și el are o structură complexă, cum s-a constatat în cazul atomului? Experiențele care au fost efectuate în anii următori au clarificat definitiv realitatea existentă.

AMINTEȘTE-ȚI!

- Ce semnifică poziția elementului chimic în sistemul periodic în legătură cu numărul de electroni conținuți în atomul dat?
- Cum poate fi exprimată sarcina electrică a unui corp electrizat prin sarcina electrică elementară (e), al cărei purtător al sarcinii este electronul? ($e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$)

S-a constatat că sarcina electrică totală a învelișului electronic se poate exprima prin numărul de ordine al elementului chimic, notat cu Z :

$$Q_{el.} = -Z \cdot e. \quad (1)$$

Deoarece atomul este neutru din punct de vedere electric, rezultă că și sarcina nucleului poate fi exprimată în aceeași formă, dar cu semn opus:

$$Q_{nucl.} = -Q_{el.}, \quad \text{deci:} \quad Q_{nucl.} = +Z \cdot e. \quad (2)$$

Așadar, nucleul atomic conține un număr întreg de sarcini elementare pozitive, egal cu numărul electronilor atomului. Acest fapt a fost argumentat experimental în anul 1913 de către unul dintre elevii talentați ai lui Rutherford, Henry Moseley. Numărul Z , care arată câte sarcini elementare se conțin în nucleul atomului, se numește în fizica nucleară **număr atomic** sau **număr de sarcină**.

Un alt număr ce caracterizează nucleul este **numărul de masă**, care se notează cu simbolul A . Se știe că fiecare element chimic ocupă o anumită casuță în sistemul periodic, în care se indică, pe lângă numărul de ordine al elementului, și masa atomică relativă a acestuia. Ea reprezintă masa atomului exprimată în unități atomice de masă (u). Numărul de masă al nucleului unui atom oarecare este egal numeric cu masa relativă a acestuia, rotunjită pînă la unități.

Dacă atribuim elementului chimic simbolul general X , atunci el se poate reprezenta cu indicarea numerelor caracteristice ale nucleului astfel: ${}^A_Z X$. S-a

constatat că în natură există atomi care au același număr atomic, dar număr de masă diferit. Prin urmare, ei aparțin aceleiași element chimic, ocupînd aceeași căsuță în sistemul periodic. Astfel de atomi se numesc **izotopi**. Nucleele lor au sarcini egale, dar mase diferite. Acest fapt conducea la ideea că ele ar avea și structuri diferite, ceea ce s-a și adeverit mai tîrziu. Toate elementele chimice au izotopi. Chiar și cel mai ușor element, cum ar fi hidrogenul, are trei tipuri de izotopi: protiu cu simbolul ${}^1_1\text{H}$, deuteriu ${}^2_1\text{H}$ și tritiu ${}^3_1\text{H}$. Dintre aceștia cel mai răspîndit în natură este protiu. Sînt elemente chimice cu un număr și mai mare de izotopi. Evident că izotopii, precum și compușii, pe care aceștia îi formează cu alte elemente, se deosebesc după proprietățile lor fizice.

După descoperirea nucleului atomic, E. Rutherford cu colegii și elevii săi au efectuat o serie de experiențe, care s-au soldat cu rezultate remarcabile în domeniul cercetărilor nucleare și care au aprofundat cunoștințele oamenilor în ceea ce privește structura nucleului și a materiei în genere.

Astfel, în 1919 Rutherford, folosind o instalație înzestrată cu un sistem pentru livrarea azotului într-o incintă în care era fixată o sursă de particule α , a bombardat nucleele de azot ${}^{14}_7\text{N}$ cu aceste particule. Aceasta a fost prima reacție nucleară efectuată de savanți. În procesul acesteia a avut loc transformarea celor două componente inițiale ale interacțiunii (nucleul de azot și particula α) în alte două (produse de reacție): un nucleu de oxigen ${}^{17}_8\text{O}$ și o particulă necunoscută, care avea sarcină electrică pozitivă $+e$ și masă mai mare decît cea a electronului de ≈ 1836 de ori. (Amintim că masa electronului aflat în repaus: $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg.) Noua particulă a fost numită *proton*, atribuindu-i-se simbolul: ${}^1_1\text{P}$. Aceasta înseamnă că protonul posedă o sarcină elementară pozitivă, iar masa lui m_p este egală aproximativ cu o unitate atomică de masă. Analiza cantitativă a rezultatelor reacției a arătat că protonul este parte componentă a nucleului atomic, iar sarcina electrică a nucleului este tocmai egală cu sarcina totală a protonilor ce-l formează. Numărul de protoni din nucleu este determinat de numărul atomic Z . Așadar, sarcina electrică pozitivă a protonilor din nucleu compensează sarcina negativă a electronilor din atom. Anul 1919 a intrat în istoria fizicii ca anul descoperirii protonului de către Rutherford.

Dar calculele arătau că masa nucleului este mai mare decît suma maselor tuturor protonilor constituenți. De aceea Rutherford a presupus că în nucleu s-ar conține, în afară de protoni, și alte particule, neutre din punct de vedere electric.



James Chadwick

Această ipoteză s-a adeverit abia peste 13 ani, cînd în 1932 un elev al lui Rutherford, **James Chadwick (1891–1974)**, a analizat rezultatele experiențelor de bombardare a beriliului ${}^9_4\text{Be}$ cu particule α (fig. 1). S-a constatat că în urma interacțiunii acestora cu nucleele de beriliu din ultimul sînt expulzate particule neutre, adică lipsite de sarcină electrică, necunoscute pînă atunci. De aceea ele au fost numite **neutroni**. Analiza rezultatelor experimentale arăta că neutronii sub acțiunea particulelor α erau expulzați din nucleele de

beriliu. Prin urmare, și ei sînt parte componentă a nucleului atomic, ca și protonii. Dacă în calea neutronilor se pune o placă de parafină, atunci din ea erau expulzați protoni. Parafina conține atomi de hidrogen, al căror nucleu constă doar dintr-un proton și, potrivit explicațiilor cercetătorilor, expulzarea protonilor din parafină putea avea loc, cel mai probabil, din cauză că masa noii particule era comparabilă după valoare cu cea a protonului.

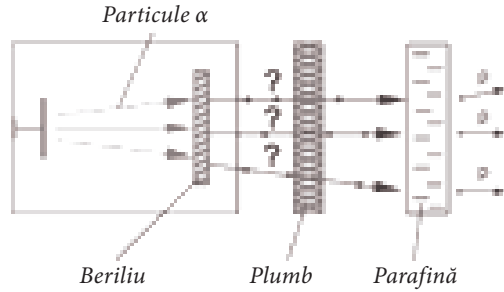


Fig. 1

Cercetările ulterioare au arătat că, într-adevăr, masa neutronului este comparabilă cu cea a protonului, avînd valoarea de ≈ 1838 de mase electronice. Simbolul neutronului utilizat în fizica nucleară este: 1_0n . Aceasta înseamnă că sarcina neutronului este nulă, iar masa lui este egală aproximativ cu o unitate atomică de masă.

În același an a fost creat modelul protono-neutronic al nucleului atomic de către fizicienii Werner Heisenberg în Germania și Dmitri Ivanenko în URSS. Modelul dat arată că nucleul atomului are structură complexă, fiind format din protoni și neutroni. Aceste particule au o denumire comună – **nucleoni**.

Cum se poate determina în mod practic numărul de protoni și cel de neutroni dintr-un nucleu oarecare?

Cunoști deja că numărul protonilor este exprimat de numărul atomic Z , iar numărul de masă A al unui nucleu dat arată cîte unități atomice de masă „ u ” se conțin în el. Și deoarece masa fiecărui nucleon este de circa $1u$, rezultă că A este egal cu numărul total de nucleoni ce constituie acest nucleu. Deci, dacă numărul protonilor este Z , atunci numărul neutronilor este $N = A - Z$.

De exemplu, în nucleul izotopului de oxigen ${}^{17}_8O$, $Z = 8$, iar $A = 17$. Prin urmare, acest nucleu conține 8 protoni, iar numărul neutronilor este $N = 17 - 8 = 9$.

REȚINE!

Nucleul atomic constă din **protoni** și **neutroni**.

Nucleul este o formațiune foarte compactă după dimensiuni în comparație cu atomul, astfel încît distanțele dintre particulele constituente din el sînt foarte mici. Apare o întrebare firească: odată ce protonii au sarcini electrice de același nume, de ce ei nu se împrăștie sub acțiunea forțelor electrostatice de respingere, dezintegrînd nucleul, ci, dimpotrivă, se apropie la distanțe

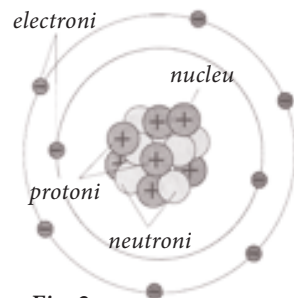


Fig. 2

foarte mici? Dar pe neutroni ce-i ține în componența nucleului, dacă aceștia în genere nu au sarcină electrică? Prin urmare, în nucleu au loc interacțiuni de cu totul altă natură și cu mult mai intense decât interacțiunile electrostatice. Acestea sînt interacțiunile nucleare, realizate prin intermediul unor forțe care se numesc **forțe nucleare**.

▶ REȚINE!

Forțele de atracție care mențin nucleonii în componența nucleului atomic se numesc **forțe nucleare**.

Așadar, forțele nucleare sînt forțe de atracție ce acționează între nucleoni, menținîndu-i în componența nucleului, și nu depind de sarcina electrică a particulelor. Acestea sînt forțele cele mai mari cunoscute în natură, depășind după valoare forțele electrostatice de circa 100 de ori, dar au rază de acțiune mică comparativ cu cea a forțelor electrostatice. Astfel la distanțe relativ mari predomină forțele electrice, iar cele nucleare sînt neglijabile. Iată de ce forțele nucleare au fost asemănată în fizică cu un „voinic cu mîinile scurte”.

🔌 EXERSEAZĂ!

1. Care sînt numerele ce caracterizează nucleul atomic? Care este semnificația lor?
2. Care sînt particulele constituente ale nucleului atomic?
3. Din ce considerente E. Rutherford a exprimat ipoteza privind existența neutronilor?
4. Care sînt particularitățile comune ale protonilor și neutronilor? Dar deosebirile?
5. Ce reprezintă izotopii? Care sînt particularitățile comune și deosebirile nucleelor acestora?
6. Determinați componența nucleelor izotopilor hidrogenului. Evidențiați deosebirile acestora.
7. Determinați numărul protonilor și cel al neutronilor în nucleul atomului de beriliu ${}_{4}^{9}\text{Be}$.
8. Determinați structura nucleelor izotopilor de uraniu ${}_{92}^{238}\text{U}$ și de toriu ${}_{90}^{234}\text{Th}$.
9. Care forțe se numesc forțe nucleare?
10. Enumerați particularitățile forțelor nucleare și ale celor electrostatice.

§ 7. Radioactivitatea. Radiații nucleare

La sfârșitul sec. al XIX-lea s-a constatat că izotopii unor elemente chimice manifestă activitate radioactivă spontană, adică emit spontan anumite radiații. Aceste elemente au fost numite elemente radioactive, iar fenomenul respectiv a fost numit radioactivitate. Primul element identificat ca fiind radioactiv a fost uraniul. Radioactivitatea acestuia a fost descoperită în anul 1896



Henri Becquerel



Pierre Curie



Maria Skłodowska-Curie

de către fizicianul francez **Henri Becquerel (1852–1908)**, care în acel timp efectua cercetări asupra luminescenței unor substanțe chimice, inclusiv a sărurilor de uraniu. Anterior se credea că sărurile de uraniu pot emite radiații electromagnetice doar după ce în prealabil au fost expuse la iradiere sub acțiunea unor surse de lumină, și numai după aceasta ele emit radiații ce acționează asupra emulsiei de pe placa fotografică, adică provoacă înnegrirea acesteia. Dar întâmplător s-a observat că minereul de uraniu influențează placa fotografică chiar fără a fi iradiată în prealabil. Experimentele efectuate ulterior au confirmat acest fapt. Mai mult ca atât, s-a dovedit că fenomenul radioactiv este foarte stabil și nu poate fi influențat de nici un factor exterior, așa cum ar fi temperatura, presiunea, reacțiile chimice etc. Radiațiile radioactive produceau și alte efecte, în afară de înnegrirea emulsiei fotografice, de exemplu ionizau aerul, făcându-l conductor electric, provocau luminescența unor substanțe: aceste substanțe luminau atunci când asupra lor erau îndreptate radiații radioactive.

În anii următori cercetările științifice asupra fenomenului radioactivității au continuat. Un aport deosebit la aprofundarea cunoștințelor în domeniu au avut tinerii savanți francezi, soții **Pierre Curie (1859–1906)** și **Maria Skłodowska-Curie (1867–1934)**, care în acei ani tocmai își începuseră activitatea de cercetare științifică a fenomenului recent descoperit. S-a constatat că și alte elemente chimice au izotopi radioactivi. În timpul cercetărilor a fost descoperit în minereul de uraniu un element chimic nou, de asemenea radioactiv: radiul (Ra). S-a dovedit că radiul posedă o radioactivitate mult mai intensă decât uraniul, dar este un metal foarte rar întâlnit în natură. Prelucrând tone de deșeuri de minereu de uraniu în decurs de patru ani de muncă istovitoare, soții Curie au obținut doar o zecime de gram de raniu pur. A fost descoperit și un alt element chimic, de asemenea radioactiv, care a fost numit poloniu (Po), în cinstea patriei Mariei – Polonia.

Rămînea însă enigmatică natura radiațiilor emise, tipul acestora. De aceea în 1899 E. Rutherford, care de asemenea s-a încadrat în aceste cercetări, a efec-

tuat o experiență remarcabilă, în urma căreia a reușit să descopere componența radiației emise de elementele radioactive. El a folosit o cameră de plumb cu o cavitate în interior, pentru proba radioactivă, de la care radiațiile emise ieșeau, printr-un canal îngust, în exterior sub forma unui fascicul subțire îndreptat spre o placă fotografică. În lipsa cîmpului electric sau magnetic, pe placă se observa după dezvoltare o singură pată în centru, provocată de radiația incidentă. Apoi experiența se repeta, dar în prezența cîmpului magnetic. În calea fascicului, adică în spațiul dintre camera de plumb și placă, se aplica un cîmp magnetic, pentru a acționa asupra unor eventuale componente ale radiației, care nu sînt neutre, dacă ele există în fascicul (fig. 1).

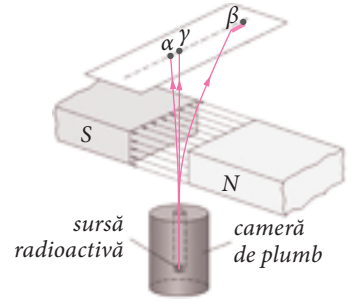


Fig. 1

După dezvoltarea plăcii fotografice s-a văzut că pe ea au apărut pete întunecate în trei locuri, ceea ce demonstra că radiația într-adevăr s-a separat în cîmpul magnetic în trei fascicule.

🔌 AMINTEȘTE-ȚI!

Sub acțiunea cărei forțe particulele își schimbă traiectoria la mișcarea lor în cîmpul magnetic? Se abat de la direcția inițială particulele neutre sau cele purtătoare de sarcini electrice?

Deci experiența arată că radiația emisă de substanța radioactivă constă din trei componente, care înnegresc placa în diferite locuri. Una dintre ele este neutră și nu se abat în cîmpul magnetic, lăsînd o pată pe direcția inițială a fascicului. Celelalte două deviază de la direcția inițială și aceasta este posibil doar în cazul în care radiațiile sînt, de fapt, un flux de particule purtătoare de sarcină electrică. Prin urmare, ele reprezintă fluxuri de particule încărcate electric. Și deoarece la trecerea prin cîmp magnetic acestea s-au abătut în sensuri opuse, rezultă că ele au sarcini de semne opuse. Componenta purtătoare de sarcină pozitivă a fost numită radiație α , cea de sarcină negativă – radiație β (beta), iar componenta neutră – radiație γ (gama). Aceste radiații se mai numesc raze: raze α , raze β și, respectiv, raze γ .

Efectuînd o serie de noi experiențe, Rutherford a desoperit că particulele pozitive nu sînt altceva decît nuclee de heliu: ${}^4_2\text{He}$.

🔌 DESCOPERĂ SINGURI!

Determină numărul de protoni și numărul de neutroni care se conțin în particula α .

Razele β s-au dovedit a fi un flux de electroni foarte rapizi, vitezele lor avînd valori diferite. De aceea pe placa fotografică ele au lăsat o pată alungită, deoarece au nimerit în puncte diferite. Simbolul electronului utilizat în fizica nucleară este: ${}^0_{-1}e$. Cît privește radiația γ , mai tîrziu s-a stabilit că aceasta reprezintă

unde electromagnetice cu o lungime de undă foarte mică și deci o frecvență foarte înaltă. Ea este foarte pătrunzătoare și poate penetra straturi groase de substanță, depășind după capacitatea sa de pătrundere chiar și razele Röntgen.

Emisia radiațiilor de către nucleele radioactive este rezultatul dezintegrării și transformării lor în nuclee ale altor elemente, care, de regulă, de asemenea sînt radioactive. Cauza acestui proces de dezintegrare este instabilitatea stării nucleelor elementelor radioactive.

DEFINIȚIE

Transformarea spontană a nucleelor unor elemente chimice în nucleele altor elemente însoțită de emisia unor radiații se numește **radioactivitate** sau **dezintegrare radioactivă**.

Nucleul nou obținut se identifică în funcție de tipul radiației emise de nucleul inițial. În anul 1901 colegul lui Rutherford, **Frederick Soddy**, a elaborat regulile după care se poate determina noul element chimic ca rezultat al dezintegrării α sau β . Aceste reguli se numesc reguli de deplasare, deoarece elementul nou obținut ocupă o altă căsuță, deplasată față de cea a nucleului primar spre începutul sau spre sfîrșitul sistemului periodic.

REȚINE!

- 1) La dezintegrarea α nucleul pierde două unități de sarcină și patru unități de masă. Ca rezultat, se obține un element nou deplasat cu două căsuțe la stînga, adică spre începutul sistemului periodic.

Această regulă poate fi scrisă în formă generală astfel:



unde X este nucleul primar, iar Y – nucleul nou obținut.

- 2) La dezintegrarea β numărul atomic al nucleului se mărește cu o unitate, iar numărul de masă nu se schimbă. Ca rezultat, se obține un element nou deplasat cu o căsuță la dreapta, adică spre sfîrșitul sistemului periodic.

Regula respectivă poate fi scrisă în formă generală astfel:



DESCOPERĂ SINGURI!

Particulele constituente ale nucleului atomic sînt doar protonii și neutronii. Cum de emite nucleul electroni, dacă el nu-i conține?

Într-adevăr, nucleul atomic nu conține electroni, ca particule componente. Dar aceștia apar la transformările nucleonilor, și anume ale neutronilor în protoni. Prin urmare, la o dezintegrare β numărul neutronilor se micșorează cu o unitate, iar numărul protonilor se mărește cu o unitate, deci numărul atomic (Z) se mărește cu unu, pe cînd numărul de masă (A) rămîne neschimbat, deoarece numărul total al nucleonilor rămîne același.

PROBLEMĂ REZOLVATĂ

Să se determine elementul obținut ca rezultat al dezintegrării α a nucleului de radium ${}_{88}^{226}\text{Ra}$.

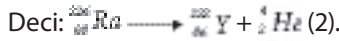
Se dă:



Y - ?

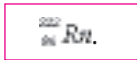
Rezolvare:

Aplicăm regula de deplasare la dezintegrarea alfa:



Conducându-ne de numărul atomic al noului element, găsim cu ajutorul sistemului periodic al elementelor că elementul cu numărul de ordine 86 este radonul.

Răspuns:



Reacția de dezintegrare (2) se poate scrie cu utilizarea directă a simbolului radonului.

EXERSEAZĂ!

1. Ce reprezintă fenomenul de radioactivitate?
2. Dați exemple de elemente radioactive.
3. Care sînt efectele produse de radiațiile nucleare?
4. Care a fost ideea folosirii cîmpului magnetic în experiența lui Rutherford pentru identificarea tipurilor de radiații nucleare?
5. Enumerați tipurile de radiații nucleare și caracterizați-le.
6. Particula α intră cu viteză într-un cîmp magnetic, așa ca în figura 2. Determinați sensul forței ce acționează asupra acestei particule și traiectoria la mișcarea ei în cîmp.
7. Dintr-o cameră de plumb iese printr-un canal îngust un fascicul subțire de radiații radioactive (fig. 3). Determinați sensul devierii particulelor α și β .
8. Mișcîndu-se prin aer, particula alfa pierde energie. La ce se consumă ea?
9. Ce reprezintă regulile de deplasare la dezintegrarea alfa și beta? Formulați-le.
10. Care este cauza emisiei de către nucleu a electronilor la dezintegrarea beta?
11. Scrieți reacția de dezintegrare beta a natriului ${}_{11}^{24}\text{Na}$ și dezintegrare alfa a uraniului ${}_{92}^{238}\text{U}$.
12. În ce element se transformă toriul ${}_{90}^{232}\text{Th}$ în urma a trei dezintegrări alfa succesive?

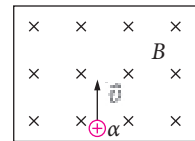


Fig. 2

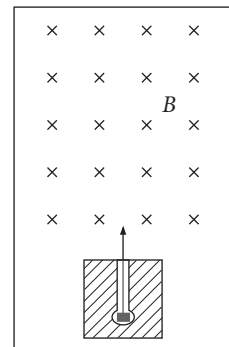


Fig. 3

§ 8. Fisiunea nucleelor de uraniu. Energetica atomică (nucleară)

Transformarea elementelor chimice poate avea loc nu numai ca rezultat al dezintegrării radioactive a nucleelor atomice, ci și la interacțiunea acestora cu alte nuclee sau particule. În acest caz au loc reacții nucleare, soldate cu obținerea altor nuclee și particule (produse de reacție). Prima reacție nucleară a efectuat-o, după cum ai aflat anterior în § 6, însuși E. Rutherford în anul 1919, în urma căreia a descoperit protonul. În anii următori au fost efectuate și alte reacții, unele dintre ele rămânând remarcabile în istoria fizicii prin importanța descoperirilor.

Prezintă interes practic acele reacții nucleare care se desfășoară cu degajare de energie, adică în care produsele de reacție au energie cinetică totală mai mare decât componentele inițiale care intră în reacție.

O reacție nucleară interesantă de acest fel, ca fiind foarte avantajoasă din punct de vedere energetic, a fost descoperită în Germania în 1938 de către **Otto Hahn** și **Fritz Strassmann**. Ei au observat că neutronii lenți, adică cei care au viteze relativ mici ($\approx 1000\text{m/s}$), intrând într-o masă de uraniu $^{235}_{92}\text{U}$, provoacă apariția în ea a unor elemente mai ușoare, situate în partea de mijloc a sistemului periodic

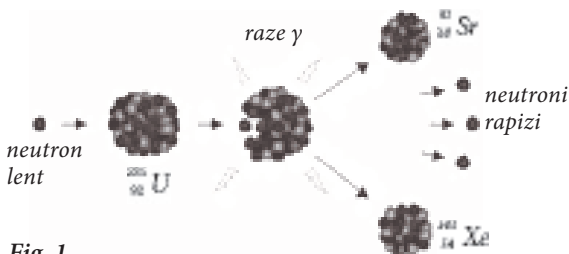


Fig. 1

(fig. 1). Cercetările ulterioare efectuate și de către alți savanți au arătat că la interacțiunea neutronului lent cu nucleul de uraniu are loc divizarea acestui nucleu în două fragmente, care reprezintă două nuclee mai ușoare, cu emisia concomitentă a 2-3 neutroni rapizi, cu viteze de zeci de mii de kilometri pe secundă.

În exemplul arătat mai sus produsele de reacție sînt nucleul de stronțiu $^{90}_{38}\text{Sr}$ și cel de xenon $^{144}_{54}\text{Xe}$, precum și trei neutroni. Dar în urma reacției pot apărea și alte produse, de exemplu nuclee de bariu, cesiu, rubidiu etc.

Acest proces de divizare a nucleului de uraniu se numește **fisiune**. Cercetările științifice care au fost efectuate la sfîrșitul anilor '30 ai sec. al XX-lea au permis de a explica mecanismul fizic al procesului de fisiune. S-a constatat că atunci cînd nucleul de uraniu acaparează un neutron, el trece într-o stare instabilă și forma lui sferică trece în una alungită, care devine tot mai pronunțată. Procesul capătă un caracter ireversibil, de-a lungul nucleului alungit se formează o gîtătură, forțele nucleare nu mai sînt capabile să păstreze integritatea nucleului într-o asemenea formă a acestuia și sub acțiunea forțelor electrostatice nucleul se divizează în două fragmente, care se resping îndepărtîndu-se una de alta cu viteze foarte mari (fig. 2).



Fig. 2

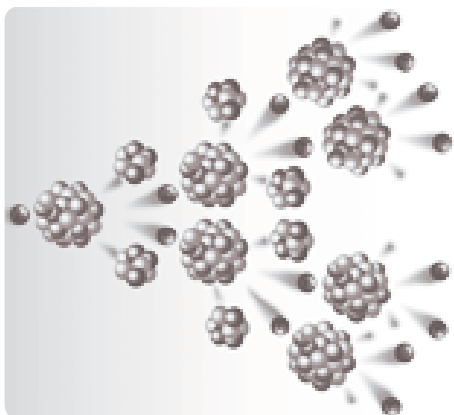


Fig. 3

reacția precedentă au fost emiși 2 sau 3 neutroni. Deci dacă viteza lor s-ar putea micșora într-un anumit mod pînă la 1000 m/s, atunci acești neutroni, interacționînd cu 2 sau 3 nuclee de uraniu, ar provoca și fisiunea acestora. Ca rezultat al următoarelor reacții apar alte generații de și mai mulți neutroni, care, de asemenea fiind încetiniți, declanșează și mai multe reacții ș.a.m.d. Prin urmare, numărul de neutroni se multiplică de la o reacție la alta și ei vor provoca tot mai multe reacții de fisiune (fig. 3). Această reacție se numește **reacție în lanț**.

DEFINIȚIE

Reacția în care neutronii emiși la fisiunea unor nuclee de uraniu provoacă fisiunea altor nuclee se numește **reacție în lanț**.

Deoarece la fisiunea unui singur nucleu se degajă o energie foarte mare, la declanșarea reacției în lanț se poate obține o energie enormă. Ea este echivalentă cu energia degajată la arderea cărbunelui cu masa mai mare de ≈ 3 milioane de ori decît cea de uraniu. Dar este important ca reacția în lanț să fie dirijată, astfel ca numărul de neutroni emiși în procesele de fisiune să nu se mărească necontrolat, deoarece depășirea unui regim optim de multiplicare a neutronilor duce la o degajare extrem de rapidă de energie și, în consecință, se produce o explozie nucleară.

Instalația destinată pentru declanșarea și menținerea reacției în lanț dirijată se numește **reactor nuclear**. În construcția lui este prevăzută atît desfășurarea dirijată a reacției, cît și evacuarea energiei degajate, astfel ca aceasta să fie utilizată, de regulă, pentru a fi transformată în energie electrică. Energia degajată la fisiunea uraniului provine din energia potențială de interacțiune a particulelor constituente ale nucleului, care mai este numită energie nucleară sau energie atomică. În sistemul centralei atomoelectrice ea este folosită pentru încălzirea apei și obținerea vaporilor, care în continuare acționează asupra turbinei cu abur antrenînd-o în mișcare de rotație. Prin urmare, energia nucleară se transformă în energie termică, care la rîndul său se transformă în energie mecanică de rotație a turbinei. Iar la turbină este cuplat arborele generatorului electric, care transformă energia mecanică în energie electrică.

Schema simplificată a unui reactor nuclear, ca parte componentă a centralei atomoelectrice, este reprezentată în fig. 4.

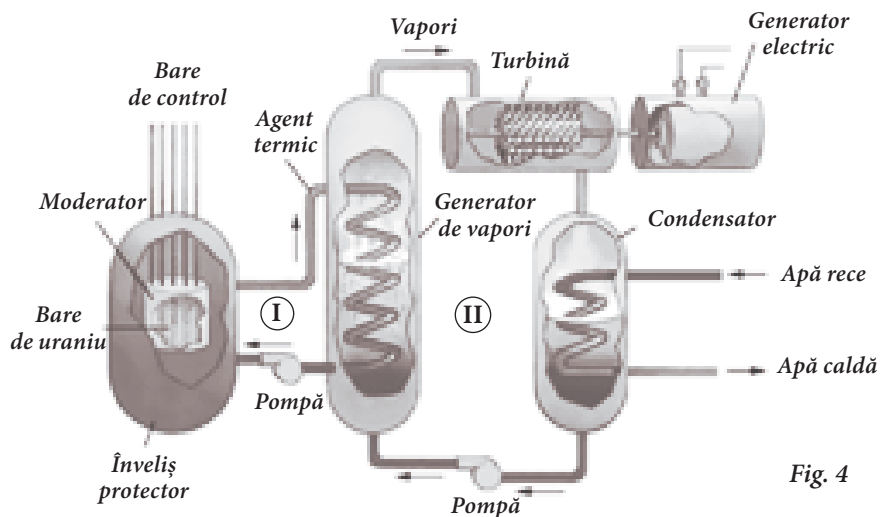


Fig. 4

Corpul reactorului este construit din pereți groși de beton armat cu înveliș reflector în interior, astfel ca să asigure securitatea mediului ambiant și a naturii vii de radiațiile radioactive. În interiorul reactorului (zona activă) sînt instalate barele de uraniu, care servesc drept combustibil pentru centrală (combustibil nuclear). Pentru a micșora viteza neutronilor, se folosește moderatorul, care poate fi din grafit, apă obișnuită sau apă în care moleculele conțin izotopul de deuteriu ^2H (apă grea). De menționat că au fost inventate și reactoare care funcționează cu neutroni rapizi, adică fără utilizarea moderatoarelor. Numărul de neutroni care mențin reacția în lanț este reglat cu ajutorul barelor de control, care au proprietatea de a absorbi neutronii. Acestea se confecționează, de regulă, din compuși ai borului sau cadmiului. Fiind introduse mai mult sau mai puțin în zona activă a reactorului, aceste bare absorb excesul de neutroni, astfel ca numărul lor să fie menținut la o limită la care reacția în lanț decurge în regim stabil. Energia degajată la fisiunea nucleelor de uraniu este preluată de agentul termic (de exemplu apa), care, circulînd prin conductele primului contur (I), o transmite în generatorul de vapori (schimbător de căldură) apei din conturul al doilea (II). Aceasta se încălzește pînă la fierbere, transformîndu-se în vapori, care în continuare nimeresc în sistemul turbinei cu abur și, acționînd asupra paletelor ei, o antrenează în mișcare de rotație. Turbina și generatorul electric sînt legate între ele, de aceea rotorul generatorului se rotește și el, datorită cărui fapt la bornele lui apare tensiune electrică. După turbină vaporii nimeresc în condensator, unde are loc condensarea lor, iar apa obținută este pompată în schimbătorul de căldură, pentru a fi transformată din nou în vapori. Apa utilizată pentru răcirea vaporilor se încălzește și poate fi folosită în sistemele termice de încălzire.

Energetica nucleară își găsește aplicație tot mai largă în domeniile activității umane legate de consumul de energie electrică. Reactoarele nucleare sînt instalate la centrale electrice, pe navele maritime, pe submarinele militare etc. Ele oferă o serie de avantaje față de centralele sau stațiile electrice, în



Fig. 5

care se folosește combustibil obișnuit. Ele nu cer cheltuieli mari pentru transport, nu degajă în mediul înconjurător fum și funingine, de regulă au putere mare etc. În multe țări ale lumii au fost construite centrale atomoelectrice, care le asigură într-o mare măsură alimentarea cu energie electrică. Iar în unele țări înalt dezvoltate mai mult de jumătate din necesitățile energetice ale populației și economiei naționale sînt asigurate de centralele atomoelectrice. Dar construirea și utilizarea lor cere măsuri deosebite de precauție, control și respectarea strictă a tuturor cerințelor tehnologice de exploatare, pentru a nu pune în pericol de accidente și iradiere natura vie și mediul ambiant.

Reacția în lanț neregulată are loc la declanșarea bombei nucleare sau a altor dispozitive nucleare cu o destinație similară. În construcția acestora este prevăzută, de regulă, ca în momentul declanșării exploziei să se suprapună două mase de uraniu, în urma căreia se obține o masă totală la care numărul neutronilor crește extrem de rapid și necontrolat. Ca rezultat, se produce o explozie devastatoare. Pentru prima dată astfel de arme au fost aplicate la sfîrșitul celui de-al Doilea Război Mondial de către SUA asupra orașelor japoneze Hiroshima și Nagasaki. Acest act nejustificat și condamnat de omenire a dus la distrugerii colosale și nimicirea în masă a populației pașnice.

EXERSEAZĂ!

1. Ce reprezintă fenomenul de fisiune a nucleului?
2. Explicați mecanismul de fisiune a nucleului de uraniu.
3. De ce reacțiile de fisiune au trezit interesul savanților?
4. Ce se numește reacție în lanț?
5. Prin ce se deosebește reacția în lanț dirijată de cea neregulată?
6. Care sînt părțile componente de bază ale unui reactor nuclear?
7. În ce scopuri mai poate fi folosită apa reziduală utilizată pentru condensarea vaporilor?
8. Ce transformări energetice au loc la o centrală atomoelectrică?
9. Enumerați avantajele centralelor atomoelectrice față de cele tradiționale.
10. Care sînt pericolele eventuale legate de exploatarea reactoarelor nucleare?

ELABORAREA UNEI COMUNICĂRI

- Elaborează o comunicare cu tema „Catastrofa de la Ciornobîl”.

§ 9. Reacții termonucleare. Energetica termonucleară

Reacția de fisiune a uraniului, după cum ai aflat, constă în divizarea nucleului în două fragmente-nuclee mai ușoare, cu emisia concomitentă a doi-trei neutroni. Este o reacție avantajoasă din punct de vedere economic, deoarece decurge cu degajare de energie și de aceea este folosită de omenire pentru obținerea energiei electrice din cea nucleară.

Dar în procesul cercetărilor nucleare a fost găsită și o altă metodă de soluționare a problemei energetice, mult mai performantă și mai de perspectivă decât reacția de fisiune. Este vorba de reacția de **fuziune** nucleară, care constă în contopirea a două nuclee ușoare, de la începutul sistemului periodic, soldată cu formarea unui nucleu mai greu și emisia, de regulă, a unei sau două particule, cum ar fi neutronul. O astfel de reacție poate avea loc, de exemplu, la interacțiunea unui nucleu de deuteriu ${}^2_1\text{H}$ cu unul de tritium ${}^3_1\text{H}$ (fig. 1).

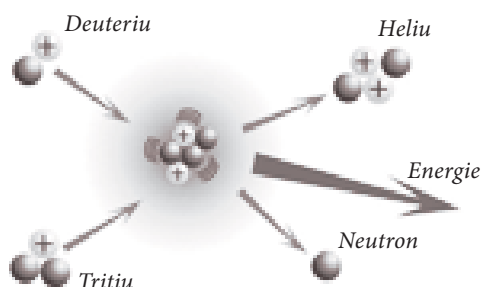


Fig. 1

Produsele acestei reacții sînt nucleul de heliu ${}^4_2\text{He}$ și neutronul ${}^1_0\text{n}$, care au o energie cinetică totală mult mai mare decât cea a nucleelor care intră în reacție. S-a constatat că la reacția de fuziune energia degajată care revine unui nucleon este de circa patru ori mai mare decât mărimea analogică la reacția de fisiune a nucleului de uraniu. Prin urmare, asemenea reacții oferă posibilități mult mai mari la soluționarea problemei energetice a omenirii. Reacțiile de fuziune mai au o serie de priorități. Rezervele de hidrogen de pe glob sînt foarte mari, fiind ascunse preponderent în apa mărilor și oceanelor. De asemenea, trebuie menționat că sub aspect ecologic reacțiile de fuziune sînt mai curate decât cele de fisiune, deoarece nu se obțin produse de reacție radioactive.

Dar există și probleme tehnologice de realizare a unei astfel de reacții. Și anume, este foarte dificil de creat condițiile necesare pentru ca două nuclee să se apropie pînă la distanțe foarte mici (de ordinul 10^{-15} m), la care ele se vor atrage sub acțiunea forțelor nucleare. Cauza e că ambele au sarcini electrice pozitive și, apropiindu-se, cele două nuclee în primul rînd se vor respinge sub acțiunea forțelor electrostatice.

DESCOPERĂ SINGURI!

- Cum ar trebui să se miște două nuclee pentru ca, în ciuda acțiunii forțelor de respingere electrostatică, ele totuși să le învingă, reușind să se apropie pînă la distanțe foarte mici, la care predomină forțele nucleare?

Într-adevăr, în cazul în care nucleele au viteze mici, ele nu se vor putea apropia pînă la sfera de acțiune a forțelor nucleare. Și doar fiind accelerate pînă la viteze foarte mari, s-ar putea realiza fuziunea lor. Deci mărirea energiei cinetice a nucleelor este singura cale de realizare a reacției respective. Aceasta este posibilă doar cînd mediul gazos dat se află la temperatură foarte înaltă, de ordinul a cel puțin zeci de milioane de grade. Cercetările efectuate în anii '50 ai sec. al XX-lea au confirmat această ipoteză. Iată de ce reacțiile de fuziune nucleară se mai numesc reacții termonucleare sau reacții de sinteză termonucleară.

Însă este foarte dificil de creat astfel de condiții termice, ca un asemenea mediu, cum ar fi hidrogenul, să fie menținut la temperaturi atît de înalte. Nici o incintă nu va rezista la așa temperaturi. În asemenea condiții substanța se află într-o stare atît de ionizată, încît atomii pierd învelișurile electronice, rămînîndu-le doar nucleele. Într-o asemenea stare materia se numește *plasmă*. Savanții cercetători în domeniu deja de cîteva zeci de ani sînt preocupați de căutarea unor metode și elaborarea unor tehnologii care ar permite localizarea și menținerea plasmei într-un spațiu limitat pentru desfășurarea unei reacții termonucleare dirijate. Pînă în prezent însă, soluția încă n-a fost găsită. Chiar dacă reacția este declanșată, energia degajată este mult mai mică decît cea consumată pentru crearea condițiilor de desfășurare a ei.



Fig. 2

Au fost efectuate doar reacții termonucleare nedorjite la explozia bombei cu hidrogen. Energia reacțiilor se degaja într-o cantitate uriașă și cu o rapiditate atît de mare, încît se producea o explozie de o putere enormă (fig. 2) și de o capacitate distrugătoare mult mai mare decît a bombei nucleare, bazată pe fisiunea nucleelor de uraniu.

În natură reacții termonucleare se produc în stele, în particular, în interiorul Soarelui, deoarece temperatura în interiorul acestor corpuri, de regulă, depășește zece milioane de grade și, prin urmare, există condițiile necesare pentru reacțiile de fuziune nucleară. Soarele constă preponderent din hidrogen (peste 70% din masă). La suprafață temperatura Soarelui este de $\approx 6000^{\circ}\text{C}$, iar la centrul lui (în nucleu) temperatura este de 15 milioane de grade. Anume în nucleul Soarelui se produc reacțiile termonucleare de fuziune a nucleelor de hidrogen, însoțite de degajarea permanentă a unei energii enorme, care se transmite spre straturile exterioare ale acestuia, răspîndindu-se apoi în Univers (fig. 3).



Fig. 3

Datorită energiei primite de la Soare, s-au creat condiții de viață pe planeta Terra – condiții de temperatură și lumină necesare pentru existența a tot ce e viu pe Pământ.

În ultimii ani colectivele de savanți din cele mai dezvoltate țări ale lumii în domeniul cercetărilor nucleare și-au unit eforturile pentru rezolvarea problemei de elaborare și construire în timpul apropiat a primului reactor termonuclear. În cazul succesului acestor lucrări problema energetică a omenirii va fi soluționată. Realizarea acestui obiectiv major va fi un adevărat triumf al științei contemporane, o demonstrare a măreției celor mai valoroase calități ale omenirii, a eficienței cooperării internaționale, a rațiunii științifice și spiritualității filozofice constructive, a responsabilității în fața viitoarelor generații.

EXERSEAZĂ!

1. Ce înțelegeți prin noțiunea de fuziune nucleară?
2. De ce reacțiile de fuziune se numesc reacții termonucleare?
3. În ce constă prioritatea reacțiilor termonucleare față de cele de fisiune a uraniului?
4. Care sînt problemele ce împiedică realizarea reacțiilor termonucleare dirijate?
5. Unde se produc în natură reacții termonucleare?
6. Care sînt perspectivele de soluționare a problemei energetice la nivel global?
7. Care sînt aplicațiile distructive ale reacțiilor de fuziune termonucleară?

ELABORAREA COMUNICĂRILOR

1. **Structura Soarelui și procesele ce au loc în interiorul lui.**
2. **Perspectivele energiei termonucleare.**

Plan de lucru:

1. Stabiliți împreună cu profesorul obiectivul pe care îl realizați în echipă (2-3 membri).
2. Repartizați volumul de lucru între membrii echipei.
3. Selectați informații corespunzătoare obiectivului din diverse surse.
4. Prezentați informația selectată într-o formă logică, clară și concisă, utilizînd un limbaj variat: scheme, tabele, diagrame etc.
5. Discutați comunicarea cu colegii de clasă.
6. Evaluați-vă munca proprie.

§ 10. Acțiunea radiațiilor nucleare asupra organismelor vii.

Regulile de protecție contra radiației

Cunoști deja că toate elementele chimice au izotopi, mulți din ei fiind radioactivi. Activitatea firească a acestora, precum și radiațiile provenite din spațiul cosmic, creează pe Pământ un fond natural de radiație, în care există omul și întreaga natură vie ce-l înconjoară – flora și fauna. Mai mult ca atât, datorită activității omului, care construiește reactoare nucleare, acceleratoare de particule, efectuează diferite reacții nucleare, testează armamentul nuclear, folosește substanțele radioactive în diferite domenii ale științei, tehnicii, medicinei, agriculturii etc., nivelul fondului radioactiv real existent este mai înalt decât cel natural, creat doar de minereurile radioactive și razele cosmice. El este mai înalt în locurile unde sînt amplasate diferite centre nucleare de producție sau de cercetare, în preajma instalațiilor energetice care conțin reactoare nucleare, de exemplu centrale atomoelectrice ș.a. În caz de accidente la obiectivele legate de exploatarea substanțelor radioactive sau pe teritorii destinate pentru efectuarea exploziilor nucleare nivelul radioactiv în genere devine amenințător de periculos pentru organismele vii. În ce constă acest pericol al radiațiilor nucleare pentru om, dar și pentru alte ființe vii?

Organismul uman este un sistem multifuncțional și foarte complex. Toate organele și țesuturile lui constau din celule care funcționează încontinuu, asigurînd ritmul biologic firesc al vieții omului.

AMINTEȘTE-ȚI!

- Care sînt părțile componente principale ale celulei?

Celulele sînt foarte sensibile la orice schimbări și influențe distructive condiționate de factorii exteriori. Radiațiile radioactive au o proprietate generală de impact negativ asupra celulei, datorită capacității lor ionizatoare la trecerea prin substanță, provocîndu-i acesteia schimbări la nivel molecular. Ca rezultat, celula își pierde funcționalitatea biochimică vitală și, fiind expusă la acțiunea excesivă a radiațiilor, crește pericolul declanșării unor boli ale organelor, care deseori sînt incurabile. Din toate componentele, cele mai sensibile sînt nucleeele celulelor, îndeosebi ale acelor celule care se divizează repede. Astfel radiațiile atacă în primul rînd măduva oaselor, se dereglează procesul de formare a sîngelui, se dezvoltă o boală foarte periculoasă, leucemia. De asemenea, radiațiile provoacă afecțiuni grave tractului digestiv, organelor reproductive, sistemului endocrin ș.a. Drept consecință, în acestea pot începe procese patologice ireversibile, mutații genetice și boli incurabile. De menționat că în procesul acțiunii asupra organismului uman radiațiile nu provoacă senzații dureroase, astfel încît omul nu este motivat de a se proteja, dacă nu deține momentan informația despre acțiunea radiațiilor.

De aceea fiecare dintre noi trebuie să conștientizeze realitatea pericolelor condiționate de iradierea organismului cu radiații nucleare. Fiecare om trebuie să posede cunoștințele elementare despre dozele permise de radiație, care nu pot fi depășite, pentru a nu-i pune în pericol viața și sănătatea, să însușească regulile generale de comportare corectă în cazurile unor eventuale circumstanțe legate de acțiunea acestor radiații.

În fizică a fost elaborat un sistem de mărimi și unități pentru estimarea cantitativă a energiei radiațiilor ionizante absorbite de organism. Una din mărimile menționate este doza de radiație absorbită, notată cu simbolul D .

DEFINIȚIE

Mărimea fizică egală cu raportul dintre energia radiațiilor ionizante absorbită de corpul iradiat și masa acestuia se numește **doză de radiație absorbită**.

$$D = \frac{E}{m}.$$

Unitatea de măsură a dozei de radiație în SI se numește **gray** (Gy).

$$1 \text{ Gy} = \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ kg}}.$$

În practică, pentru estimarea acțiunii radiațiilor ionizante mai este folosită o unitate extrasistem, care se numește **Röntgen**, cu simbolul R . 1 R echivalează cu $\approx 0,01$ Gy.

Sursele radioactive naturale creează organismului uman o doză de radiație de $\approx 0,002$ Gy/an, iar împreună cu cele utilizate în activitatea umană pînă la 0,0035 Gy/an. În conformitate cu normativele actuale elaborate de instituțiile abilitate, doza anuală admisibilă de radiație ionizantă Röntgen sau gama, care nu afectează vădit organismul uman, este de 0,05 Gy/an. Această doză admisibilă limitează iradierea, inclusiv a categoriilor de angajați care activează în domenii legate de utilizarea substanțelor radioactive (0,05 Gy) sau a altor surse de radiații ionizante. Dozele prea mari de radiație deja prezintă pericol; de exemplu, o doză de cîtiva Gy absorbită într-un timp scurt este mortală.

O altă mărime utilizată în practică pentru estimarea impactului radiațiilor ionizante asupra organismelor vii este doza biologică efectivă A , determinată de doza de radiație absorbită D și efectul ionizant al radiației, caracterizat printr-un factor de calitate k : $A = kD$. Factorul k este o mărime adimensională care, în funcție de tipul radiației nucleare, are valori cuprinse între 1 (pentru razele γ) și 20 (pentru particulele α). Unitatea de măsură a dozei biologice efective se numește **sievert** (Sv). Doza biologică efectivă anuală admisibilă este de 5 mSv/an și este doza pentru care nu se observă efecte biologice asupra organismului în tot timpul vieții. Această mărime se mai numește **doza maximă permisă**. Limitarea dozei la această valoare îi permite organismului să se refacă.

Pentru măsurarea dozei de radiație (a dozei biologice efective) se folosesc instrumente speciale, numite dozimetre.

În cazuri de accidente la întreprinderi nucleare, explozii nucleare sau de apariție a altor focare de radiație, care depășește esențial fondul radioactiv natural, trebuie să acționăm foarte operativ și competent în conformitate cu anumite reguli generale recomandate.

REȚINE!

- 1) Cea mai bună variantă de protejare este de a părăsi rapid zona contaminată sau să ne îndepărtăm la o distanță cît mai mare de focar, deoarece intensitatea* radiațiilor descrește odată cu mărirea distanței de la sursă.

* Intensitatea radiațiilor este egală cu energia transportată de acestea într-o unitate de timp printr-o suprafață de arie unitară.

- 2) În cazul cînd evacuarea este imposibilă, folosiți adăposturile cu pereți cît mai groși și construiți din materiale care absorb eficient radiațiile, micșorîndu-le intensitatea.
- 3) Dacă evacuarea nu este posibilă și lipsesc adăposturile speciale, pot fi utilizate temporar, pînă la intervenția serviciilor de salvare, orice ascunzișuri sau obstacole care diminuează influența radiațiilor nucleare.
- 4) Protejați-vă căile respiratorii, utilizînd filtre umezite din țesături, dacă nu dispuneți de alte mijloace speciale, care ar opri particulele de praf cu eventuale depuneri de substanțe radioactive.

Adăposturile speciale permit de a diminua practic definitiv influența radiațiilor ionizante. De asemenea, alte adăposturi le micșorează esențial intensitatea, de exemplu:

- casă construită din lemn – de 4 ÷ 10 ori;
- casă construită din piatră – de 10 ÷ 50 de ori;
- beciuri și subsoluri – de 5 ÷ 100 de ori;

În cazul cînd sînt necesare lucrări în zona de contaminare radioactivă, în calitate de mijloace de protecție se folosesc echipamente vestimentare speciale pentru personalul implicat. Normele de protecție limitează, de asemenea, timpul de aflare pe teritoriul afectat.

Știința a demonstrat că în multe domenii radiațiile pot fi folosite și cu efect pozitiv. Însăși acțiunea fondului natural stimulează multe procese biologice care au loc în natura vie – în multe plante, de exemplu. Iradierea semințelor culturilor agricole cu raze γ duce la creșterea recoltei. În scopuri de cercetări științifice în domeniul agriculturii se folosesc diferiți izotopi, de exemplu fosfor radioactiv, pentru determinarea condițiilor optime de asimilare a unor îngrășăminte ce conțin fosfor. Aceleași raze γ se folosesc cu succes și în medicină, la tratarea unor boli canceroase, deoarece celulele tumorilor maligne sînt mai sensibile la radiații decît celulele sănătoase. În calitate de surse radioactive pentru aceste scopuri se folosesc cobaltul radioactiv $^{60}_{27}\text{Co}$, iodul $^{131}_{53}\text{I}$, itriul $^{90}_{39}\text{Y}$ ș.a.

Radiațiile nucleare sînt folosite și în alte domenii ale activității umane.

EXERSEAZĂ!

1. Care sînt sursele ce creează fondul radioactiv din mediul ambiant?
2. Din ce cauză radiațiile nucleare prezintă pericol pentru organismele vii?
3. Care sînt consecințele iradierii excesive a organismului uman?
4. Ce se numește doză de radiație absorbită? Care este unitatea de măsură a acesteia în SI?
5. Enumerați regulile principale de comportare în caz că nimeriți într-o zonă cu fond de radiație sporit sau contaminată cu deșeuri radioactive.
6. În ce domenii radiațiile nucleare pot fi utilizate în scopuri constructive?

ELABORAREA COMUNICĂRILOR

1. **Utilizarea radiațiilor nucleare în biologie, medicină și agricultură**
2. **Pericolul depozitării deșeurilor radioactive**

Conduceți-vă de același plan de lucru ca și la tema studiată anterior, pag. 105.

AUTOEVALUARE >

ACUM POT SĂ DEMONSTREZ URMĂTOARELE COMPETENȚE:

1. Competența de achiziții intelectuale

- să dau dovadă de cunoștințe fundamentale despre undele electromagnetice și interacțiunile nucleare.

Exemplu:

Enumeră elementele principale ale reactorului nuclear. Explică ce transformări de energie au loc: în zona activă a reactorului, în generatorul de vapori, în generatorul electric al centralei atomoelectrice, în condensator.

Care sînt domeniile de utilizare a energiei nucleare?

- să compar undele radio cu undele luminoase.

Exemplu:

Undele luminoase se reflectă de la oglinzi. Dar undele radio de la ce obstacole se reflectă? Enumeră și alte proprietăți comune ale undelor luminoase și undelor radio.

- să clasific undele electromagnetice și radiațiile nucleare.

Exemple:

1. Ordonează tipurile de unde electromagnetice în ordinea micșorării lungimii de undă.
2. Care sînt tipurile de radiații nucleare?

2. Competența de comunicare științifică.

- să utilizez terminologia științifică la explicarea fenomenelor și proceselor.

Exemplu:

Scrie un eseu despre tipurile de forțe cu care interacționează nucleonii în nucleul atomic. Caracterizează forțele și compară-le după mărime. Argumentează rolul forțelor ce asigură stabilitatea nucleului.

3. Competența de achiziții practice.

- să soluționez probleme în baza achizițiilor științifice dobîndite.

Exemple:

1. O stație de emisie funcționează pe lungimea de undă de 200 m. Determină perioada și frecvența oscilațiilor din undă.
2. Determină elementul chimic care se obține după o dezintegrare α și două dezintegrări β ale izotopului de uraniu ${}^{238}\text{U}$.

4. Competența de protecție a mediului ambiant.

- să estimez pericolul deșeurilor radioactive.

Exemplu:

Ce pericol prezintă depozitarea deșeurilor radioactive? Estimează acest pericol pentru Republica Moldova, care este deseori afectată de diferite calamități naturale, așa cum ar fi: cutremure de pămînt, alunecări de teren și alți factori cu caracter distructiv.

- să valorific acțiunea radiațiilor ionizante și măsurile de protecție a organismelor vii.

Exemplu:

Ce acțiuni au radiațiile ionizante asupra organismelor vii și care sînt consecințele acestora. Care este doza admisibilă de radiație absorbită de organismul uman într-un an?

EVALUARE SUMATIVĂ

Acest test se propune pentru verificarea nivelului de performanță pe care l-ai atins în studiul compartimentului „Unde electromagnetice. Interacțiuni nucleare”.

I. În itemii 1-3 prezintă răspunsul succint.

1. Continuă următoarele propoziții astfel ca ele să fie corecte:
 - a) Cîmpul electromagnetic care se propagă în spațiu se numește ... — **1 punct**
 - b) Undele luminoase a căror lungime de undă este mai mică decît cea a undelor din domeniul vizibil se numesc — **1 punct**
 - c) Nucleul izotopului de uraniu ${}^{235}_{92}\text{U}$ fisionează eficient sub acțiunea neutronilor — **1 punct**
2. Determină valoarea de adevăr a următoarelor afirmații, încercuind **A**, dacă afirmația este adevărată, sau **F**, dacă aceasta este falsă:
 - a) Undele electromagnetice sînt unde transversale. **A F** — **1 punct**
 - b) La dezintegrarea β numărul de masă al nucleului obținut este mai mare decît al celui primar cu două unități. **A F** — **1 punct**
 - c) Energia degajată ce revine unui nucleon în reacțiile termonucleare este mai mare decît cea din reacțiile de fisiune a nucleelor de uraniu. **A F** — **1 punct**
3. Stabilește (prin săgeți) corespondența dintre mărimile fizice și unitățile de măsură pe care le exprimă:

Lungimea de undă	mGy	— 1 punct
Doza de radiație absorbită	km	— 1 punct
Frecvența oscilațiilor	nC	— 1 punct
	GHz	

II. În itemii 4-6 prezintă rezolvarea completă a problemelor.

4. Să se determine numărul de nucleoni, numărul de protoni și numărul de neutroni ce se conțin în nucleul de poloniu ${}^{208}_{84}\text{Po}$. — **3 puncte**
5. Să se determine elementul radioactiv care se obține din izotopul taliului ${}^{205}_{81}\text{Tl}$ ale cărui nuclee suferă trei dezintegrări succesive β și o dezintegrare α . — **4 puncte**
6. Determinați diapazonul de frecvențe ce corespunde undelor radio cu lungimile de undă cuprinse în limitele: 3 km – 1 cm, pentru cazul propagării lor în vid. Care este domeniul de frecvențe ale undelor folosite pentru radiocomunicația cosmică. Aflați domeniul de valori ale perioadei oscilațiilor din aceste unde. — **5 puncte**

III. În itemii 7-8 prezintă răspunsul în formă liberă.

7. Scrie un eseu (10÷15 propoziții) despre particularitățile comune ale radiațiilor electromagnetice și celor nucleare. Evidențiază și deosebirile lor. — **6 puncte**
8. Enumeră acțiunile pe care le vei întreprinde în cazul aflării într-o regiune în care s-a produs pe neașteptate un accident grav la centrala atomică electrică, cu contaminare radioactivă a împrejurimilor. — **6 puncte**

Rolul fizicii în dezvoltarea celorlalte științe ale naturii și în evoluția societății

Ajunși la finele ciclului gimnazial, am putea face anumite bilanțuri cu privire la aportul fizicii la dezvoltarea cunoștințelor omului despre natură și aplicarea acestora în diverse activități ale comunității umane. În decursul a patru ani de studii ai luat cunoștință de fenomenele naturii și de legile după care au loc acestea, ai aflat despre corpuri fizice și proprietățile lor, și-ai format capacități de cunoaștere științifică și o concepție științifică despre lume.

De la originile sale și pînă în prezent, fizica a parcurs o cale lungă și anevoiasă de stabilire ca știință, fiind dominată în etapele timpurii de credințe neștiințifice. Însă pe parcursul anilor, îndeosebi în ultimele secole, fizica a cunoscut o dezvoltare furtunoasă, acumulînd un arsenal bogat de conținuturi științifice multilaterale și profund argumentate prin aplicarea unor metode și mijloace de cercetare experimentală și făcînd uz de un aparat matematic tot mai avansat și performant. Astăzi fizica posedă un caracter de cercetare universal, atît sub aspect teoretic, cît și practic, iar metodele ei științifice utilizate în interpretarea fenomenelor și a proceselor fizice sînt preluate cu succes și de celelalte științe ale naturii. De aceea fizica, în calitate de știință fundamentală, devine lider al științelor despre natură.

Integrarea fizicii în diferite domenii cu astronomia, chimia, biologia, geografia etc. a avut ca rezultat crearea și dezvoltarea unor științe noi, cum ar fi: astrofizica, chimia fizică, biofizica, geofizica ș.a. Doar pe baza legităților fizice se explică în mare măsură structura și funcționarea organismelor vii, deoarece în ele au loc procese fizico-chimice: diferite tipuri de mișcări mecanice, mișcarea fluidelor, transport de sarcini electrice, propagarea semnalelor electrice în sistemul nervos, propagarea luminii în sistemul vizual etc. În afară de aceasta, fizica oferă tehnologii de protecție a organismelor vii contra influențelor nocive din exterior: radiații electromagnetice, radiații nucleare, curent electric etc. Fizica oferă metode științifice de cercetare și aparataj necesar pentru cercetări în domeniul astronomiei, chimiei, geologiei, medicinei ș.a.

Progresul tehnico-științific joacă un rol deosebit în viața societății și reflectă nivelul de dezvoltare al acesteia. Datorită realizărilor fizicii, inclusiv în cooperare cu chimia și științele aplicative, au fost obținute materiale, elaborate tehnologii și creată baza tehnică a industriei constructoare de mașini, a electroenergeticii, a energeticii atomice, a electronicii și radioelectronicii moderne, s-au dezvoltat tehnica aerospațială, calculatoarele și tehnica computerizată, utilajul electrocasnic și multe alte domenii în care se utilizează elaborările tehnico-științifice.

Realizările științei, implementarea tehnologiilor noi și a tehnicii performante au favorizat sporirea productivității muncii, fapt ce determină progresul și în economia societății.

Dezvoltarea bazei tehnico-științifice a societății de astăzi a dus la o restructurare esențială a vieții oamenilor. Un mare rol în crearea confortului omului modern l-au jucat elaborările din domeniul microelectronicii, al tehnicii de calcul, al tehnicii cuantice (inventarea laserului), al tehnicii electrocasnice etc. Este de ajuns să enumerăm doar unele aparate utilizate frecvent în viața cotidiană: telefonul mobil, televizoarele performante de generații tot mai noi, computerul (laptopul), sistemele muzicale ce utilizează purtători de informație de ultimă oră și multe alte aparate, a căror utilizare a devenit pentru noi o normă și un imperativ al timpului.

Savanții fizicieni continuă cercetările, atît fundamentale, cît și cele cu caracter aplicativ, căutînd noi domenii de aplicare a invențiilor și descoperirilor științifice.

Răspunsuri la probleme

Capitolul 1. OPTICA GEOMETRICĂ

- pag. 12 3. 60° . 4. 120° . 5. 130° . 7. 1 m; 2 m. 8. 40° . 9. $52,5^\circ$.
- pag. 16 4. 63° . 5. 26° . 6. 34° . 8. 49° . 9. Cuarțul.
- pag. 24 1. 0,3 m. 2. $f = 1$ m; $\beta = 2$; $D = 1$ m⁻¹. 3. $f = 1,5$ m; $\beta = 0,25$; $D = -0,5$ m⁻¹.
4. 32 cm. 5. $F = m$; $d = 2$ m; $f = 1$ m; $\beta = 0,5$. 6. $d = 0,8$ m; $D = 1,67$ m⁻¹.
8. $f = 40$ cm; $F = 20$ cm; $D = 5$ m⁻¹.

Capitolul 2. INTERACȚIUNI PRIN CÎMPURI

- pag. 43 1. 98,32 kg; 97,8 kg; 98,06 kg. 2. 4,997 kg. 3. $19 \cdot 10^{15}$ N. 4. $2,4 \cdot 10^{-5}$ N.
5. $5,99 \cdot 10^4$ N. 6. 570 de ori. 7. 24,5 N. 8. $F = 21,3 \cdot 10^{-11}$ N; $F_1 = 392,4$ N;
 $F_2 = 90,5$ N; $\approx 18,4 \cdot 10^{11}$ ori; $\approx 23 \cdot 10^{11}$ ori. 9. $F_1 = 1,56$ N; $F_2 = 9,78$ N;
 $= 6,25$ ori. 10. $2,9 \cdot 10^9$ ori. 11. 370 N.
- pag. 51 2. 6,3 N/kg. 3. 13 630 kg. 4. $2,7 \cdot 10^{15}$ N/kg. 5. 38 400 km.
6. 1,56 N/kg. 7. $\Gamma_1 = 3,67$ N/kg; $\Gamma_2 = 9,78$ N/kg; $\Gamma_3 = 1,56$ N/kg.
8. R – raza Pământului. Graficul va fi o parabolă.

Γ	$\Gamma/4$	$\Gamma/9$	$\Gamma/16$	$\Gamma/25$	$\Gamma/36$
R, km	2R	3R	4R	5R	6R

- pag. 55 1. 9 N. 2. 23,04 N. 3. $3 \cdot 10^{13}$ electroni. 4. $9,11 \cdot 10^{-20}$ kg. 5. $8,2 \cdot 10^{-8}$ N.
6. $2,28 \cdot 10^{39}$ kg. 7. 10^{-4} C; $3,6 \cdot 10^{-3}$ N. 8. $5 \cdot 10^{-8}$ C. 9. $r(\sqrt{2} - 1)$. 10. $1,24 \cdot 10^{37}$ ori.
- pag. 59 1. $14 \cdot 10^4$ N/C. 2. $4,8 \cdot 10^{-13}$ N. 3. $5 \cdot 10^{13}$ N/C. 5. $1,8 \cdot 10^7$ N/C; $3,6 \cdot 10^7$ N/C.
6. $7,3 \cdot 10^6$ N/C. 7. $4 \cdot 10^{-8}$ C. 8. $1,2 \cdot 10^{-4}$ N/C; 1,7 m. 9. 100 N/C; $9,5 \cdot 10^3$ m.
- pag. 63 2. $2 \cdot 10^{-4}$ T. 4. 20 A. 5. $1,5 \cdot 10^5$ A. 6. 14,4 N. 7. 80 N. 8. 1,25 N.
9. $12,56 \cdot 10^{-5}$ T. 10. $1,8 \cdot 10^{-4}$ T; $1,3 \cdot 10^{-3}$ T.
- pag. 66 2. $1,6 \cdot 10^{-14}$ N. 3. $4,8 \cdot 10^{-14}$ N. 4. $9 \cdot 10^{-31}$ kg; $1,6 \cdot 10^{-19}$ C. 5. $2,25 \cdot 10^{-2}$ T.

Capitolul 3. UNDE ELECTROMAGNETICE. INTERACȚIUNI NUCLEARE

- pag. 79 4. $v_{\text{el.mag.}} = 60$ MHz; $v_s \approx 66$ Hz. 5. 0,05 μ s; 15 m. 6. 30 MHz; 3 MHz.
- pag. 82 1. $3 \cdot 10^8$ m/s. 2. 384 000 km. 3. 228 mil. km. 4. ≈ 9 461 mld. km.
5. 43,2 min. 6. 32 121 rot./min.
- pag. 94 7. 4 protoni și 5 neutroni. 8. Nucleul de uraniu: ${}^{238}_{92}\text{U}$ 92 de protoni
și 143 de neutroni; nucleul de toriu: ${}^{234}_{90}\text{Th}$ 90 de protoni și 144 de neutroni.
- pag. 98 11. Magneziu ${}^{24}_{12}\text{Mg}$; toriu ${}^{234}_{90}\text{Th}$. 12. Poloniu ${}^{210}_{84}\text{Po}$.

AUTOEVALUARE

ACUM POT SĂ DEMONSTREZ URMĂTOARELE COMPETENȚE:

1. Competența de achiziții intelectuale

- să dau dovadă de cunoștințe fundamentale despre interacțiunile gravitaționale, electrostatice, magnetice și electromagnetice.

Exemplul nr. 1:

Explică sensul fizic al mărimilor fizice din expresiile matematice ale legii atracției universale a lui Newton, ale legii lui Coulomb și ale interacțiunii electromagnetice dintre două conductoare rectilinii parcurse de curent electric.

Exemplul nr. 2:

Analizează caracteristicile de bază ale forțelor gravitaționale, electrostatice, magnetice și electromagnetice.

2. Competența de investigație științifică.

- să realizeze observări științifice asupra unor fenomene privind mișcarea planetelor pe baza principiului cauză-efect.

Exemplu:

Elaborează planul de observare a fenomenului de schimbare a anotimpurilor, a succesiunii zilei și nopții, descriindu-le pe baza mișcării de revoluție și a mișcării de rotație a Pământului.

3. Competența de comunicare științifică.

- să utilizez terminologia științifică la explicarea fenomenelor și proceselor.

Exemplu:

Scrie un eseu pe o pagină despre caracteristicile de bază ale interacțiunilor electrostatice și ale celor electromagnetice.

4. Competența de achiziții practice.

- să soluționez probleme pe baza achizițiilor științifice dobândite.

Exemplul nr. 1:

Determină intensitatea câmpului gravitațional creat de Soare în spațiul cosmic ocupat de planetele din grupul terestru și forțele de atracție gravitațională dintre Soare și aceste planete, considerând traiectoriile circulare.

Exemplul nr. 2:

Calculează intensitatea câmpului electric creat de nucleul atomului de sodiu ($^{11}_{11}\text{Na}$) la distanța $r = 5,3 \cdot 10^{-11}$ m, unde se află electronul.

Exemplul nr. 3:

Găsește pe cale grafică vectorul intensității câmpului în trei puncte A, B și C (fig. 1), situate între două corpuri punctiforme cu sarcini egale, de același semn.

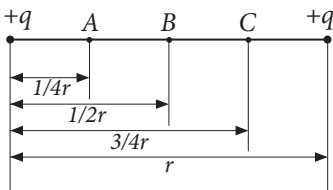


Fig. 1

EVALUARE SUMATIVĂ

Acest test se propune pentru verificarea nivelului de performanță pe care l-ai atins în studiul compartimentului „Interacțiuni prin câmpuri”.

I. În itemii 1-2 prezintă răspunsul succint.

1. Continuă următoarele propoziții astfel ca ele să fie corecte:
 - a) Forțele gravitaționale sînt forțe de și sînt proporționale de care sînt create. — 1 punct
 - b) Forțele electrostatice sînt forțe de sau de și sînt proporționale modulelor — 1 punct
 - c) Forțele magnetice acționează numai asupra sarcinilor electrice în și sînt mult mai decît forțele — 2 puncte
2. Reprezintă schematic liniile de câmp și poziția forței față de intensitatea câmpului:
 - a) în câmpul gravitațional; — 1 punct
 - b) în câmpul electrostatic creat de o sarcină pozitivă și de una negativă; — 2 puncte
 - c) în câmpul unui magnet ce acționează asupra unui conductor liniar parcurs de curent electric. — 2 puncte

II. În itemii 3-5 prezintă rezolvarea completă a problemelor.

3. Raza planetei Marte reprezintă ~ 0,5 din raza Pămîntului, iar masa ei ~ 0,1 din masa Pămîntului. De cîte ori greutatea unui elev pe Marte este mai mică decît greutatea acestuia pe Pămînt? — 4 puncte
4. Determină distanța dintre două sarcini punctiforme a cîte $1\mu\text{C}$ fiecare, dacă forța de interacțiune dintre ele este de 900 mN. ($k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$). Cum se va schimba interacțiunea dintre aceste sarcini electrice, dacă distanța dintre ele se va mări de 4, 9, 25 și 36 de ori? — 5 puncte
5. Protonul avînd o energie cinetică egală cu $8 \cdot 10^{-17}\text{J}$ intră într-un câmp magnetic omogen cu inducția magnetică de 10 T. Cu ce forță acționează câmpul magnetic asupra protonului, dacă liniile de câmp și viteza protonului formează un unghi drept? — 5 puncte

III. În itemii 6-7 prezintă răspunsul în formă liberă.

6. Enumeră cîteva caracteristici ale atmosferei și ale câmpului magnetic terestru care protejează viața de pe Terra de radiația solară, de radiația din Univers, de meteoriți, asteroizi etc. — 6 puncte
7. Scrie un eseu (15÷20 de propoziții) despre câmpul gravitațional, câmpul electrostatic, câmpul magnetic și câmpul electro-magnetic. Evidențiază deosebirile dintre aceste câmpuri. — 10 puncte