EDITURA FUNDAȚIEI
„MOISE NICOARĂ”

ARSENOV BRANCO **ARSENOV SIMONA**
MAJOR CSABA **ŞTEFAN ALEXANDRU**

PROBLEME DE FIZICĂ

PENTRU CLASELE XI-XII

ARAD

2013

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României
Probleme de fizică pentru clasele a XI-XII / Arsenov Branco, Arsenov Simona, Major Csaba, Ştefan Alexandru. - Arad :
Editura Fundației "Moise Nicoară", 2013
ISBN 978-973-1721-06-4

I. Arsenov, Branco
II. Arsenov, Simona
III. Major, Csaba
IV. Ştefan, Alexandru

53(075.33)(076)

Cuprins

1. OSCILAȚII MECANICE

1.1 Legile de mişcare ale oscilatorului liniar armonic

1.1.1. Legea de mişcare a unui oscilator liniar armonic este $\mathbf{y=2\sin(100\pi t+\pi/3)}$ **cm**. În cât timp realizează o oscilație completă? Care este frecvența mişcării?

R: $T=0,02s$; $\nu=50Hz$.

1.1.2. Amplitudinea unui oscilator liniar armonic este de **5mm** iar perioada de oscilație este de **0,4s**. Cunoscând că la momentul inițial $\mathbf{t_0=0}$ elongația este de **5mm** scrieți legea lui de mişcare.

R: $y=5\sin(5\pi t+\pi/2)$ mm.

1.1.3. Amplitudinea unui oscilator liniar armonic este de **4cm** iar frecvența mişcării este de **0,5Hz**. Cunoscând că la momentul inițial $\mathbf{t_0=0}$ elongația este de **2cm** scrieți legea lui de mişcare.

R: $y=4\sin(\pi t+\pi/6)$ cm.

1.1.4. Legea de mişcare a unui oscilator liniar armonic este $\mathbf{y=10\sin(20t+\pi/6)}$ **cm**. Stabiliți expresia legii vitezei şi a accelerației.

R: $v=2\cos(20t+\pi/6)$ m/s; $a=-40\sin(20t+\pi/6)$ m/s^2.

1.1.5. Viteza unui oscilator liniar armonic depinde de timp conform ecuației $\mathbf{v=0,04\cos(10t+\pi/4)}$ m/s. Stabiliți dependența de timp a elongației şi a accelerației.

R: $y=4\sin(10t+\pi/4)$ mm; $a=-0,4\sin(10t+\pi/4)$ m/s^2.

1.1.6. Legea de mişcare a unui oscilator liniar armonic este $\mathbf{y=2\sin 10t}$ **cm**. Determinați elongația, viteza şi accelerația lui la momentul $\mathbf{t_1=T/12}$ (T este perioada mişcării).

R: $y_1=1$cm; $v_1=10\sqrt{3}$ cm/s; $a_1=-1$m/s^2.

1.1.7. Frecvența mişcării unui oscilator liniar armonic este **ν=5/π Hz**. Cunoscând că la momentul inițial elongația este jumătate din amplitudine şi că viteza inițială este $\sqrt{3}$ **/50 m/s** scrieți legea de mişcare.

R: $y=4\sin(10t+\pi/6)$ mm.

1.1.8. Un oscilator liniar armonic se găseşte la momentul inițial în poziția de echilibru şi are viteza **v_0=0,0314m/s**. Cunoscând că el face o oscilație completă în timp de **o secundă** scrieți legea lui de mişcare.

R: $y=5\sin(2\pi t)$ mm.

1.1.9. Un oscilator liniar armonic are la elongația **y_1=1cm** viteza **v_1=2cm/s** iar la elongația **y_2=3cm** viteza **v_2=1 cm/s**. Determinați pulsația şi amplitudinea mişcării.

R: ω=0,61rad/s; A=3,41cm.

1.1.10. Un oscilator armonic are viteza **v_1=5cm/s** la elongația **y_1=2cm** şi **v_2=4cm/s** la **y_2=3cm.** Calculați amplitudinea şi frecvența oscilațiilor libere.

R: ω=1,34rad/s; A=4,22cm.

1.1.11. Legea de mişcare a unui oscilator liniar armonic este **$y=20\sin(20\pi t+\pi/12)$ cm**. Determinați intervalul de timp necesar oscilatorului pentru a parcurge distanța de la **y_1=10cm** la **y_2=10 $\sqrt{3}$ cm**.

R: Δt=8,33ms.

1.2 Pendulul elastic

1.2.1. Un corp suspendat de un resort îl alungeşte cu **Δl=1cm**. Determinați perioada oscilațiilor libere ale acestui sistem.

R: T=0,2s.

1.2.2. Un corp suspendat de un resort oscilează cu frecvența **ν=1Hz**. Determinați deformarea resortului după încetarea oscilațiilor.

R: Δl=25cm.

1.2.3. Un corp cu masa **m=100g** este agățat de un resort vertical care are constanta elastică **k=40N/m**. Din poziția de echilibru i se imprimă corpului o viteză verticală **v_0=4cm/s**.

a) Scrieți legea de mişcare a oscilatorului;

b) Calculați accelerația în momentul în care elongația este jumătate din amplitudine.

R: a) y=2sin20t (mm); b) a=-0,4m/s^2.

1.2.4. Un corp cu masa **m=200g** este agățat de un resort vertical căruia îi provoacă o alungire statică de **10cm**. Din poziția de echilibru se trage corpul în jos pe distanța **y_0=8cm** după care se lasă liber.

a) Scrieți legea de mişcare a oscilatorului;

b) Calculați viteza maximă a oscilatorului.

R: a) y=8sin(10t+π/2) cm; b) v_{max}=0,8m/s.

1.2.5. Sistemul din figură este în stare de repaus. Se cunosc **k=20N/m**, **m_1=200g** şi **m_2=300g**. Să se scrie legea de mişcare a corpului cu masa m_1 dacă se taie firul ce leagă cele două corpuri.

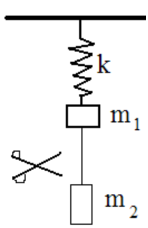

Figura 1.2.5

R: y=0,15sin(10t+π/2) m.

1.2.6. Un corp cu masa **m=100g** este atârnat de un resort cu **k=60N/m** şi oscilează pe o direcţie verticală cu **A=10cm**. Cât devine amplitudinea oscilaţiilor dacă se lipeşte de m, fără viteză iniţială, un al doilea corp cu masa **M=300g** în momentul în care viteza lui m se anulează în poziţia:

a) superioară;

b) inferioară.

R: a) 15cm; b) 5cm.

1.2.7. La capătul unui resort vertical, nedeformat, cu constanta elastică **k=40N/m** se agaţă un corp cu masa **m=100g**. Scrieţi legea de mişcare a corpului dacă acesta se eliberează brusc. Calculaţi viteza maximă atinsă de corp în timpul mişcării.

R: $y=2,5\sin(20t+\pi/2)$ cm; v_{max}=50cm/s.

1.2.8. Un corp de masă **m=0,1kg** suspendat de un resort cu constanta elastică **k=10N/m** este lăsat liber. Să se calculeze:

a) alungirea maximă a resortului dacă în momentul iniţial resortul este nedeformat;

b) viteza corpului la jumătatea elongaţiei maxime.

R: a) Δl_{max}=0,2m; b) v=0,86m/s.

1.2.9. Un corp cu masa **M=200g** este suspendat de un resort care se alungeşte cu **Δl=2cm**. Corpul este ridicat cu **1cm** şi lăsat liber. Se cere:

a) ecuaţia de mişcare a oscilatorului;

b) viteza maximă a corpului;

c) elongaţia în momentul în care viteza este jumătate din valoarea maximă.

R: a) $y=\sin(22,3t+\pi/2)$ cm; b) 22,3cm/s; c) 0,86cm.

1.2.10. Un taler cu masă neglijabilă este agăţat de un resort cu constanta **k=20N/m**. De la înălţimea **h=0,18m** cade liber pe taler un corp cu masa **m=200g**. Scrieţi legea de mişcare a corpului după ce acesta se lipeşte de taler. Care este viteza maximă atinsă?

R: $y=0,214\sin(10t-27^0 51')$ m; $v_{max}=2,14$m/s.

1.2.11. Un corp cu masa **M=2kg** se aşează pe un resort pe care îl comprimă cu **Δl=40cm**. De la înălțimea **h=0,2m** deasupra corpului cu masa M se lasă să cadă un al doilea corp cu masa **m=500g**. Scrieți legea de mişcare a sistemului format prin ciocnirea plastică a celor două corpuri.

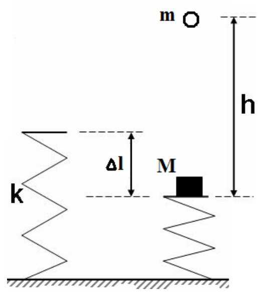

Figura 1.2.11.

R: $y=13,4\sin(4,47t-48^0 16')$ cm.

1.2.12. Dacă un corp de masă **m** este suspendat de un resort cu constanta elastică **k,** perioada oscilațiilor este **T=1s**. Ce perioadă are sistemul obținut prin legarea a două resorturi identice:

a) în serie;

b) în paralel.

R: a) 1,414s; b) 0,707s.

1.2.13. Un corp suspendat de un resort oscilează cu perioada **T_1=0,4s**. Acelaşi corp suspendat de un alt resort oscilează cu perioada **T_2=0,3s**. Determinați perioada de oscilație a corpului dacă este suspendat de cele două resorturi legate în:

a) serie;

b) paralel.

R: a) 0,5s; b) 0,24s.

1.3 Energia oscilatorului liniar armonic

1.3.1. Un corp cu masa **$m=100g$** oscilează conform legii **$y=10\sin(4\pi t+\pi/12)$ cm**. Determinați energia totală a oscilatorului şi primul moment de timp la care energia cinetică devine egală cu energia potențială.

R: $E=80mJ$; $t_1=1/24$ s.

1.3.2. Legea de mişcare a unui oscilator liniar armonic este **$y=5\sin(\pi t+\pi/8)$ cm**. Determinați elongația stării în care energia cinetică este **de 3 ori** mai mare decât energia potențială. Care este primul moment de timp la care se întâmplă acest lucru?

R: $y=2,5cm$; $t_1=1/24s$.

1.3.3. Un corp de masă **$m=25g$** efectuează o mişcare oscilatorie, având ecuația de mişcare **$y=2.10^{-2}\sin(20t+\pi/4)m$**. Se cere:

a) viteza maximă a corpului;
b) energia cinetică maximă;
c) viteza corpului la elongația **$y_1=1cm$**.

R: a) 0,4m/s; b) 2mJ; c) 0,34m/s.

1.3.4. Energia cinetică maximă a unui oscilator liniar armonic cu masa de **50g** este de **0,1J**. Cunoscând că în momentul în care elongația este maximă asupra corpului acționează o forță rezultantă de **5N,** determinați amplitudinea şi perioada mişcării.

R: $A=4cm$; $T=0,125s$.

1.3.5. Un corp cu masa **$m=3kg$** suspendat de un resort cu constanta **$k=100N/m$** oscilează cu amplitudinea **$A=4cm$**. Determinați energia cinetică şi viteza oscilatorului în momentul în care elongația este de **2cm**.

R: $E_c=0,06J$; $v=0,2m/s$.

1.3.6. Un corp cu masa **m=50g** oscilează cu perioada **T=2s** şi amplitudinea **A=6cm**. Determinaţi energia cinetică şi energia potenţială a corpului în punctul în care elongaţia este **x=4cm**.

R: E_c=0,5mJ; E_p=0,4mJ.

1.3.7. Un pendul elastic are energia cinetică **E_c=0,32J** în momentul în care elongaţia este **y=6cm**. Cunoscând constanta resortului **k=100N/m**, determinaţi amplitudinea mişcării.

R: A=10cm.

1.3.8. Un corp de masă **m=2g** efectuează oscilaţii armonice. Ştiind că în momentul iniţial elongaţia este maximă, şi că în această poziţie forţa de revenire este **F=1,15N** iar energia potenţială **$E_p=23\cdot10^{-3}$J**, determinaţi:

a) perioada oscilaţiilor;

b) ecuaţia de mişcare;

c) energia cinetică şi potenţială în momentul în care elongaţia este **y=2cm.**

R: a) 52ms;
b) y=4sin(119,8t+π/2) cm;
c) E_c=17,25mJ; E_p=5,75mJ.

1.3.9. Un corp cu masa **m=0,1kg** este fixat de un resort suspendat. Din poziţia de echilibru corpul este ridicat cu **x=2cm**, acţionând cu o forţă **F=2N**, şi este lăsat liber. Se cere:

a) perioada şi frecvenţa oscilaţiilor;

b) ecuaţia de mişcare a corpului;

c) raportul dintre energia potenţială şi energia cinetică la o elongaţie egală cu jumătatea amplitudinii.

R: a) T=0,2s; ν=5Hz; b) y=2sin(10πt+π/2) cm;
c) E_p/E_c=1/3.

1.4. Pendulul gravitațional.

1.4.1. Raportul perioadelor a două pendule gravitaționale este **2**. Care este raportul lungimilor.

R: 4.

1.4.2. Care este lungimea unui pendul gravitațional care are perioada de **2s**?

R: 1m.

1.4.3. Două pendule gravitaționale oscilează în acelaşi loc. Cunoscând că în acelaşi interval de timp unul efectuează 100 de oscilații iar celălalt 80 de oscilații şi că diferența de lungime dintre ele este de 72cm, determinați lungimile celor două pendule.

R: l_1=1,28m; l_2=2m.

1.4.4. Un corp de dimensiuni mici este suspendat de un fir inextensibil de lungime $\mathbf{l_1}$**=1m.** Firul este deviat până când formează un unghi de **30°** cu verticala şi este lăsat liber.

a) Care este viteza maximă a corpului.

b) Firul întâlneşte un cui aflat la **d=50cm** sub punctul de fixare al firului. La ce înălțime maximă se ridică corpul de partea cealaltă a cuiului?

c) Calculați perioada pendulului în cazului punctului b) dacă presupunem că oscilațiile sunt izocrone.

R: a) 1,63m/s; b) 0,13m; c) 1,4s.

1.4.5. Un ceas cu pendul indică ora corect într-un punct A în care accelerația gravitațională are valoarea $\mathbf{g_A=9,796m/s^2}$. Deplasat într-un punct B întârzie cu **Δt=40s** în **t=24h**. Determinați accelerația gravitațională în punctul B.

R: 9,791m/s^2.

1.4.6. Un ceas cu pendul merge corect la nivelul mării ($\mathbf{g_0=9,8m/s^2}$). Cu câte secunde se va modifica mersul ceasului în **t=24h** dacă este transportat într-o localitate aflată la altitudinea **h=1km** (raza Pământului **R=6400km**).

R: rămâne în urmă cu 13,49s.

1.4.7. Un ceas cu pendul aflat la nivelul mării ($\mathbf{g_0=9,8m/s^2}$) grăbeşte cu **Δt=20s** în **t=20h**. La ce altitudine ceasul va funcționa corect.

R: 1777,8m.

1.4.8. Un pendul cu lungimea **l=1m** se găseşte într-un ascensor. Determinați perioada pendulului atunci când ascensorul:

a) este în repaus (considerați $\mathbf{g=10m/s^2}$);
b) urcă cu accelerația $\mathbf{a=2m/s^2}$;
c) coboară cu accelerația $\mathbf{a=2m/s^2}$.

R: a) 2s; b) 1,81s; c) 2,22s.

1.4.9. Un ceas cu pendul care funcționează corect la suprafața Pământului este plasat într-o rachetă care urcă cu accelerația **a=4g**. Care va fi timpul indicat de ceasul cu pendul după **t=10s** de la plecarea rachetei.

R: 22,3s.

1.4.10. Un pendul gravitațional indică timpul corect la temperatura $\mathbf{\theta_0=0^0C}$. La temperatura $\mathbf{\theta=40^0C}$ rămâne în urmă cu **Δt=10s** în **t=24h**. Determinați coeficientul de dilatare liniară **α** al materialului din care este confecționat firul pendulului. *Indicație: dependența de temperatură a lungimii firului este $l=l_0(1+\alpha\theta)$ unde l_0 este lungimea la temperatura $\theta_0=0^0C$.*

R: $5,78\cdot10^{-6}grd^{-1}$.

1.4.11. O sferă de dimensiuni mici, aşezată pe o suprafață perfect orizontală ar trebui să efectueze mişcări oscilatorii în jurul punctului care se găseşte în mijlocul suprafeței. Cauza acestei mişcări este îndepărtarea sferei de centrul Pământului atunci când ea se rostogoleşte către margine. Să se calculeze perioada acestor oscilații ipotetice. (R_p=6400km, g=10m/s^2).

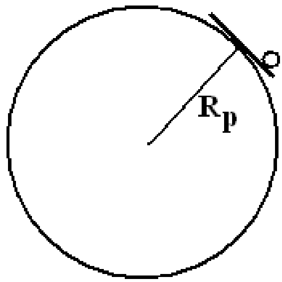

Fig. 1.4.11

R: 1h23min44s.

1.5 Compunerea oscilațiilor.

1.5.1. Un punct material este supus simultan la două mişcări oscilatorii armonice paralele, de ecuații:

a) $\mathbf{y_1=4\sin 100\pi t}$ **cm** şi $\mathbf{y_2=4\sin(100\pi t+\pi/2)}$ **cm**;

b) $\mathbf{y_1=\sqrt{2}\sin(30t+\pi/4)}$ **cm** şi $\mathbf{y_2=\sin(30t+\pi/2)}$ **cm**;

c) $\mathbf{y_1=\cos(\pi t+\pi)}$ **cm** şi $\mathbf{y_2=3\cos\pi t}$ **cm**;

d) $\mathbf{y_1=2\sin\pi(t+1)}$ **cm** şi $\mathbf{y_2=3\sin\pi t}$ **cm**;

e) $\mathbf{y_1=2\cos(100\pi t+\pi/6)}$ **cm** şi $\mathbf{y_2=2\cos(100\pi t+\pi/2)}$ **cm**.

Determinați ecuațiile mişcărilor oscilatoriii rezultante.

R: a) $y=4\sqrt{2}\sin(100\pi t+\pi/4)$ cm;

b) $y=\sqrt{5}\sin(100\pi t+\text{arctg}2)$ cm; c) $y=2\cos(\pi t)$ cm;

d) $y=\sin(\pi t)$ cm; e) $y=2\sqrt{3}\cos(100\pi t+\pi/3)$ cm.

1.5.2. Un punct material este supus simultan la două mişcări oscilatorii armonice paralele, de ecuații: $\mathbf{y_1=6sin(20t)\ cm}$ şi $\mathbf{y_2=8cos(20t)\ cm}$. Determinați ecuația mişcării oscilatorii rezultante şi calculați viteza maximă a oscilatorului.

R: $y=10\sin(20t+\mathrm{arctg}(4/3))$ cm; $v_{max}=2$m/s.

1.5.3. Un punct material este supus simultan la trei mişcări oscilatorii armonice paralele, de ecuații: $\mathbf{y_1=10sin(4\pi t)\ cm}$, $\mathbf{y_2=7sin(4\pi t+\pi)\ cm}$ şi $\mathbf{y_3=4sin(4\pi t+\pi/2)\ cm}$. Determinați ecuația mişcării oscilatorii rezultante şi calculați viteza maximă a oscilatorului.

R: $y=5\sin(4\pi t+\mathrm{arctg}(4/3))$ cm; $v_{max}=20\pi$cm/s.

1.5.4. Prin compunerea a două mişcări oscilatorii paralele cu amplitudinile $\mathbf{A_1=1cm}$ şi $\mathbf{A_2=2cm}$ se obține o oscilație armonică cu amplitudinea $\mathbf{A=\sqrt{3}\ cm}$. Să se calculeze diferența de fază dintre cele două mişcări oscilatorii care se compun.

R: 120^0.

1.5.5. Ecuația de mişcare a unui oscilator armonic este $\mathbf{y=5\sqrt{3}\cdot 10^{-2}(sin5\pi t-\frac{\sqrt{3}}{3}cos5\pi t)\ m.}$ Se cere:

a) faza inițială şi amplitudinea oscilațiilor;
b) viteza şi accelerația maximă.

R: a) $\varphi=-\pi/6$ rad; A=10cm;
b) $v_{max}=1{,}57$cm/s; $a_{max}=-25$m/s^2.

1.5.6. Un punct material este solicitat simultan la două mişcări oscilatorii armonice paralele, de aceeaşi amplitudine, cu frecvențele $\mathbf{\upsilon_1=28Hz}$, respectiv, $\mathbf{\upsilon_2=32Hz}$. Determinați frecvența oscilației rezultante şi frecvența bătăilor.

R: $\nu=30$Hz; $\nu_b=4$Hz.

1.5.7. Un punct material este solicitat simultan la două mişcări oscilatorii armonice paralele, de aceeaşi amplitudine, cu perioadele $\mathbf{T_1=0{,}4s}$, respectiv, $\mathbf{T_2=0{,}6s}$. Determinați perioada oscilației rezultante şi perioada bătăilor.

R: $T=0{,}48s$; $T_b=1{,}2s$.

1.5.8. Un punct material este supus simultan la două mişcări oscilatorii armonice perpendiculare, de ecuații:

a) $\mathbf{x=2\sin(100\pi t)\ cm}$ şi $\mathbf{y=4\sin(100\pi t)\ cm}$;

b) $\mathbf{x=\sin(30t)\ cm}$ şi $\mathbf{y=\cos(30t)\ cm}$;

c) $\mathbf{x=\sin(\pi t+\pi/2)\ cm}$ şi $\mathbf{y=3\sin(\pi t)\ cm}$;

d) $\mathbf{x=2\cos\pi(t+1)\ cm}$ şi $\mathbf{y=3\cos(\pi t)\ cm}$.

Determinați în fiecare caz ecuația traiectoriei punctului material.

R: a) $y=2x$; b) $x^2+y^2=1$;
c) $x^2+y^2/9=1$; d) $y=-3/2x$.

1.5.9. Un punct material este supus simultan la două mişcări oscilatorii armonice perpendiculare, de ecuații: $\mathbf{x=\sin(30t)\ cm}$ şi $\mathbf{y=3\cos(60t)\ cm}$. Determinați ecuația traiectoriei punctului material.

R: $y=3-6x^2$.

1.5.10. Un punct material este supus simultan la două mişcări oscilatorii armonice perpendiculare, de ecuații: $\mathbf{x=\cos(10t)\ cm}$ şi $\mathbf{y=\sin(20t)\ cm}$. Determinați ecuația traiectoriei punctului material.

R: $y=2x\sqrt{1-x^2}$.

2. UNDE MECANICE
2.1 Ecuația undei plane.

2.1.1. Într-un mediu elastic cu modulul de elasticitate $\mathbf{E=7{,}05\cdot10^{10}N/m^2}$ şi densitatea $\mathbf{\rho=2700kg/m^3}$ se propagă o undă longitudinală care are frecvența $\mathbf{\upsilon=511Hz}$. Calculați viteza undei şi lungimea de undă.

R: 5109m/s; $\approx$10m.

2.1.2. Determinați viteza de propagare sunetului într-un mediu în care un sunet cu perioada **T=5ms** produce o undă cu $\mathbf{\lambda=35m}$.

R: 7000m/s.

2.1.3. O undă sonoră cu $\mathbf{\lambda=32cm}$ în aer ($\mathbf{c_{aer}=320m/s}$) trece în apă ($\mathbf{c_{apă}=1407m/s}$). Calculați frecvența undei şi lungimea de undă în apă.

R**:** 1000Hz; 1,407m.

2.1.4. Într-o coardă cu masa **m=100g** şi lungimea **l=10m** se propagă o undă transversală cu frecvența $\mathbf{\upsilon=5Hz}$ şi $\mathbf{\lambda=2m}$. Calculați forța de tensiune din coardă.

R: 1N.

2.1.5. O sursă, având ecuația de oscilație $\mathbf{y=0{,}25\sin(100\pi t)}$ **mm**, emite unde plane cu viteza **v=400m/s**.

a) După cât timp începe să oscileze un punct aflat la $\mathbf{x_1=8m}$ de sursă?

b) Care este distanța dintre două puncte care oscilează cu o diferență de fază $\mathbf{\Delta\varphi=\pi/6}$?

R: a) 20ms; b) 2/3 m.

2.1.6. O sursă care oscilează conform ecuației $\mathbf{y=0{,}5\sin(10\pi t)}$ **cm** emite unde plane care se propagă cu viteza **c=600m/s**. Determinați:

a) lungimea de undă;

b) ecuația undei într-un punct A aflat la distanța **$x=5m$** de sursă;

c) momentul de timp la care elongația punctului A devine prima data egală cu **$0,25cm$**;

d) viteza maximă de oscilație a punctelor mediului;

e) defazajul dintre două puncte aflate la distanța **$\Delta x=20m$**.

R: a) 120m; b) $y_A=0,5\sin(10\pi t-\pi/12)$ cm; c) 25ms; d) $(\pi/20)$m/s; e) $\pi/3$.

2.1.7. O sursă care oscilează conform ecuației **$y=4\sin(\pi t)$ cm** emite unde plane cu lungimea de undă **$\lambda=3m$**. Determinați:

a) viteza undei;

b) ecuația undei într-un punct A aflat la distanța **$x=50cm$** de sursă;

c) momentul de timp la care elongația punctului A devine prima dată egală cu **$4cm$**;

d) viteza maximă de oscilație a punctelor mediului;

e) distanța dintre două puncte ale mediului între care defazajul este **$\Delta\varphi=2\pi/3$ rad.**

R: a) 1,5m/s; b) $y_A=4\sin(\pi t-\pi/3)$ cm; c) 0,83s; d) $(\pi/25)$m/s; e) 1m.

2.1.8. O sursă sonoră are perioada **$T=2ms$** şi emite unde plane cu amplitudinea **$A=0,1mm$** care se propagă cu viteza **$c=320m/s$**. Presupunând faza inițială a sursei nulă determinați:

a) ecuația de oscilație a unui punct A aflat la distanța **$x=8cm$** de sursă;

b) viteza de oscilație a punctului A la momentul **$t_1=0,5ms$**.

R: a) $y_A=0,1\sin(1000\pi t-\pi/4)$ mm; b) $\approx 0,22$m/s.

2.1.9. O sursă care oscilează conform ecuației $\mathbf{y=1{,}6sin(500\pi t)\ cm}$ emite unde plane într-un mediu cu densitatea $\mathbf{\rho=7800kg/m^3}$. Ştiind că între două puncte aflate la distanța $\mathbf{\Delta x=6{,}918m}$ diferența de fază este $\mathbf{\Delta\varphi=2\pi/3\ rad}$, determinați:

a) lungimea de undă;

b) modulul de elasticitate al mediului.

R: a) 20,754m; b) $\approx 21\cdot10^{10}N/m^2$.

2.1.10. O sursă care oscilează conform ecuației $\mathbf{y=2sin(1000\pi t)\ mm}$ emite unde plane într-un mediu care are modulul de elasticitate $\mathbf{E=12{,}3\cdot10^{10}N/m^2}$. Ştiind că la distanța $\mathbf{x=3{,}72m}$ de sursă ecuația undei este $\mathbf{y'=2sin2\pi(500t-0{,}5)\ mm}$ determinați:

a) lungimea de undă;

b) densitatea mediului.

R: a) 7,44m; b) $8888kg/m^3$.

2.1.11. Pe o bară cu densitatea $\mathbf{\rho=2700kg/m^3}$ şi modulul de elasticitate $\mathbf{E=6{,}75\cdot10^{10}N/m^2}$ este aşezată o sursă a cărei lege de oscilație este $\mathbf{y=2{,}3sin(500\pi t)\ mm}$. Cunoscând că ecuațiile de oscilație ale capetelor barei sunt $\mathbf{y_A=2{,}3sin(500\pi t-\pi/2)\ mm}$ şi $\mathbf{y_B=2{,}3sin(1570t-\pi/4)\ mm}$, determinați:

a) viteza undei;

b) lungimea barei.

R: a) 5000m/s; b) 7,5m.

2.2 Interferența undelor

2.2.1. Două surse care oscilează în fază cu perioada $\mathbf{T=0{,}3s}$ şi amplitudinile $\mathbf{A_1=1cm}$, respectiv $\mathbf{A_2=2cm}$, emit unde care se propagă cu viteza $\mathbf{c=1m/s}$. Determinați amplitudinea de oscilație a unui punct aflat la distanța $\mathbf{x_1=11cm}$ de prima sursă şi $\mathbf{x_2=12cm}$ de cea de a doua.

R: 2,98cm.

2.2.2. Două surse oscilează cu amplitudinile $\mathbf{A_1=2mm}$, respectiv $\mathbf{A_2=1mm}$, având aceeaşi fază inițială. Frecvența oscilațiilor este $\boldsymbol{\nu=2Hz}$, iar viteza de propagare a undei $\mathbf{c=0,3m/s}$. Ce amplitudine au oscilațiile în punctul care se află la distanțele $\mathbf{x_1=0,5m}$ şi respectiv la $\mathbf{x_2=0,4m}$ de cele două surse?

R: A=1,73cm.

2.2.3. Două surse S_1 şi S_2 oscilează în fază cu frecvența $\boldsymbol{\upsilon=2750Hz}$ şi amplitudini $\mathbf{A_1=1mm}$, respectiv $\mathbf{A_2=3mm}$. Viteza de propagare a undelor emise este $\mathbf{c=330m/s}$. Cunoscând distanța dintre cele două surse $\mathbf{d=3cm}$, determinați amplitudinea de oscilație a unui punct aflat la distanța $\mathbf{x_1=4cm}$ de sursa S_1 pe perpendiculara dusă din S_1 pe dreapta care uneşte cele două surse.

R: 3,89mm.

2.2.4. Două surse oscilează conform ecuațiilor $\mathbf{y_{S1}=y_{S2}=4sin(\boldsymbol{\pi} t)\ cm}$. Viteza de propagare a undelor emise este $\mathbf{c=3m/s}$. Determinați ecuația de oscilație a unui punct aflat la distanța $\mathbf{x_1=1m}$ de prima sursă şi $\mathbf{x_2=3m}$ de cea de a doua.

R: $y=4\sin(\pi t-2\pi/3)$ cm.

2.2.5. Două surse aflate la distanța $\mathbf{d=4,8m}$ emit unde conform ecuațiilor $\mathbf{y_{S1}=y_{S2}=2sin(100\boldsymbol{\pi} t)\ mm}$. Viteza de propagare a undelor emise este $\mathbf{c=320m/s}$. Determinați ecuația de oscilație a unui punct aflat între cele două surse, pe dreapta ce le uneşte, la distanța $\mathbf{x_1=1,6m}$ de una din ele.

R: $y=2\sqrt{2}\sin(100\pi t-3\pi/4)$ mm.

2.2.6. Ecuațiile de oscilație a două surse care emit unde ce se propagă cu viteza **c=5000m/s** sunt $\mathbf{y_{S1}=4\sin(1000\pi t)}$ **mm** şi $\mathbf{y_{S2}=3\sin(1000\pi t)}$ **mm**. Scrieți ecuația de oscilație a unui punct aflat la distanța $\mathbf{x_1=2,5m}$ de prima sursă şi $\mathbf{x_2=5m}$ de cea de a doua.

R: $y=5\sin(1000\pi t+\text{arctg}4/3)=5\sin(1000\pi t-126^0 52')$ mm.

2.2.7. Ecuațiile de oscilație a două surse care emit unde ce se propagă cu viteza **c=3000m/s** sunt $\mathbf{y_{S1}=2\sin(2000\pi t)}$ **mm** şi $\mathbf{y_{S2}=3\sin(2000\pi t)}$ **mm**. Scrieți ecuația de oscilație a unui punct aflat la distanța $\mathbf{x_1=75cm}$ de prima sursă şi $\mathbf{x_2=50cm}$ de cea de a doua.

R: $y\approx 4,83\sin(2000\pi t-71^0 55')$ mm.

2.2.8. Ecuațiile de oscilație a două surse care emit unde ce se propagă cu viteza **c=6m/s** sunt $\mathbf{y_{S1}=6\sin(10\pi t-\pi/4)}$ **mm** şi $\mathbf{y_{S2}=8\sin(10\pi t)}$ **mm**. Scrieți ecuația de oscilație a unui punct aflat la distanța $\mathbf{x_1=0,15m}$ de prima sursă şi $\mathbf{x_2=0,6m}$ de cea de a doua.

R: $y=\sin(10\pi t+\text{arctg}3/4)=\sin(10\pi t-143^0 07')$ cm.

2.2.9. Două difuzoare, conectate la acelaşi generator, sunt aşezate la distanța **D=4m** între ele. Dacă se deplasează lent un microfon de la un difuzor la celălalt, se constată că intensitatea sunetului se anulează de zece ori (**c=340m/s**).

a) Să se determine frecvența şi lungimea de undă a sunetului emis.

b) Microfonul este deplasat într-o direcție perpendiculară pe segmentul ce uneşte cele două difuzoare, la **1m** de unul din difuzoare. La ce distanța **h** de segment scade intensitatea sunetului la o valoare minimă prima dată?

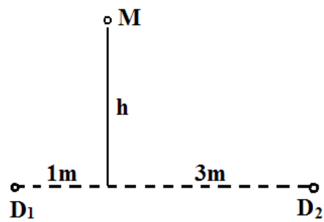

Figura 2.2.9.

R: a) 425Hz; 0,8m; b) 9,74m.

2.3 Unde staționare

2.3.1. O coardă AB este fixată la capătul B. Capătul A oscilează transversal cu amplitudinea **A=3cm** şi frecvența **υ=200Hz**. Se cunoaşte masa unității de lungime a corzii **μ=10^{-3}kg/m** şi forța de tensiune **T=10N**. Determinați:

a) viteza undei;

b) poziția nodurilor şi a ventrelor față de capătul fix;

c) amplitudinea oscilației a unui punct P aflat la distanța **x=6,25cm** de capătul fix.

R: a) 100m/s; b) x_k^{min}=k·0,25m, x_k^{MAX}=(2k+1)·0,125m, k$\in$N; c) $\approx$4,24cm.

2.3.2. O sursă de unde sonore cu frecvența **υ=1000Hz** se găseşte la distanța **d=1,32m** de un perete reflectător. Amplitudinea de oscilație a particulelor mediului este **A=1,2mm** iar viteza sunetului **c=330m/s**. Determinați ecuația de oscilație a unui punct aflat la distanța **x=11cm** de perete.

R: y=-1,2$\sqrt{3}$ sin(2000πt-π/2) mm.

2.3.3. O sfoară cu lungimea totală masa **m=2g** este legată ca în figura alăturată de una din ramurile unui diapazon. Lungimea părții orizontale a firului este **L=2m**, mult mai mare decât partea verticală de care este atârnat corpul cum masa **M=40g**. Ştiind că pe lungimea **L** apar unde staționare cu aspectul a **n=5** fusuri determinați frecvența diapazonului.

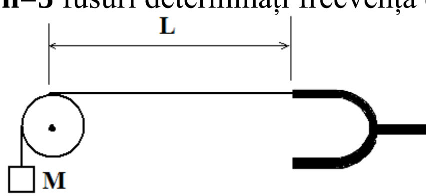

Figura 2.3.3

R: 25Hz.

2.3.4. Pe normala dusă la un perete reflectător se găsesc o sursă sonoră şi un receptor. Distanța de la sursă la perete este **d** iar de la receptor la perete **l**. Viteza de propagare a sunetelor este **c=320m/s**. Calculați primele trei frecvențe ale sursei pentru care în receptor se produc minime, dacă:

a) **d=4m** şi **l=6m**;

b) **d=4m** şi **l=2m**.

R: a) 40Hz; 80Hz; 120Hz; b) 80Hz; 160Hz; 240Hz.

2.3.5. O lamă din oțel cu lungimea **l=3,5m**, secțiunea **S=4mm**^{2} şi densitatea **ρ=7800kg/m**^{3} este fixată la un capăt, iar celălalt este pus în vibrație cu frecvența **υ=20Hz**. La ce forță de tensiune apar unde staționare cu un ventru în dreptul sursei şi **trei** noduri intermediare.

R: 49,92N.

2.3.6. Să se determine frecvențele proprii unui tub deschis cu lungimea **l=1,7m**. Viteza sunetului în aer este **c=340m/s**.

R: $n \cdot 100$Hz, unde $n \in N$.

2.3.7. Să se determine frecvențele proprii unui tub închis la un capăt cu lungimea **l=1,7m**. Viteza sunetului în aer este **c=340m/s**.

R: $(2n+1)\cdot 50$Hz, unde $n \in N$.

2.3.8. Un tub sonor închis la un capăt emite un sunet fundamental cu frecvența **ν=500Hz**. Cunoscând viteza sunetului în aer **c=320m/s** determinați lungimea tubului şi frecvența sunetului fundamental emis de acelaşi tub dacă îl deschidem.

R: 16cm; 1000Hz.

2.3.9. Lungimea unui tub sonor deschis este $\mathbf{l_1=1,2m}$. Determinați lungimea $\mathbf{l_2}$ a unui tub sonor închis la un capăt ştiind că armonica a cincea a tubului închis coincide cu armonica a treia a tubului deschis.

R: 1,8m.

2.3.10. O coarda vibrantă cu densitatea $\boldsymbol{\rho=7800kg/m^3}$, modulul de elasticitate $\mathbf{E=2\cdot10^{11}N/m^2}$ şi aria secțiunii transversale $\mathbf{S=1mm^2}$ oscilează transversal emițând un sunet cu frecvența $\boldsymbol{\nu=100Hz}$ sub acțiunea tensiunii **T=312N**. Care este lungimea corzii? Ce frecvență fundamentală vor avea oscilațiile longitudinale ale corzii?

R: 1m; 2531,8Hz.

2.3.11. Capătul unei corzi de pian se înfăşoară pe un butuc cilindric cu raza **R=5mm**. Ştiind că inițial coarda este nedeformată, având lungimea $\mathbf{l_0=1,2m}$, să se calculeze frecvența sunetului fundamental emis de coardă după o răsucire completă a butucului. Ce valoare are această frecvență după a doua răsucire? Se presupune că diametrul corzii nu se modifică în timpul întinderii. Se dau: $\mathbf{E=2,1\cdot10^{11}N/m^2}$, **r=0,2mm**, $\boldsymbol{\rho=8\cdot10^3kg/m^3}$.

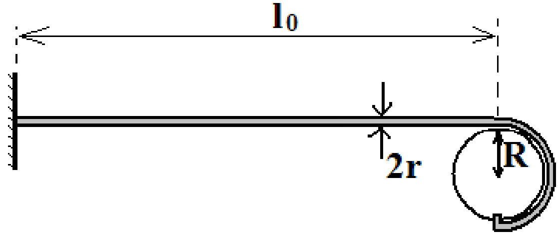

Fig. 2.3.11

R: 348,8Hz; 493,3Hz.

2.3.12. Sunetul fundamental produs de o coardă produce fenomenul de bătăi cu sunetul emis de un diapazon, frecvența acestora fiind $\boldsymbol{\nu_b=8,8Hz}$. Dacă se scurtează coarda cu o fracțiune **f=2%** din lungimea ei, ea intră în rezonanță cu diapazonul. Determinați frecvența diapazonului.

R: 440Hz.

2.4. Efectul Doppler

2.4.1. O maşină se deplasează cu viteza **v=108km/h**. Claxonul emite un sunet cu frecvența **ν=300Hz**. Care este frecvența recepționată de un observator aflat în stare de repaus pe marginea drumului (c=330m/s):

a) la apropierea maşinii;

b) la îndepărtarea ei.

R: 330Hz; 275Hz.

2.4.2. Două trenuri care se deplasează cu viteze egale **$v_1=v_2$=72km/h**. Unul din trenuri emite un semnal cu frecvența **ν=400Hz** (**c=320m/s**). Care va fi frecvența sunetului recepționat de un observator aflat în celălalt tren dacă:

a) trenurile se îndepărtează;

b) trenurile se apropie.

R: 353,94Hz; 453,33Hz.

2.4.3. Un automobil care se deplasează cu viteza **v_1=10m/s** este depăşit de o maşină de poliție care are viteza **v_2=30m/s**. În momentul depăşirii maşina de poliție începe să emită un semnal sonor. Frecvența inițială a semnalului este **ν=300Hz** şi creşte cu **10Hz** în fiecare secundă. Ce înălțime va avea sunetul auzit de pasagerii din autoturism după **zece secunde**? (Viteza sunetului în aer **c=330m/s**.)

R: 377,7Hz.

2.4.4. O sursă care emite un sunet cu frecvența **ν_0=10kHz** se deplasează cu viteza **v** față de un observator aflat în stare de repaus. Care ar trebui să fie valorile vitezei **v** pentru ca observatorul să nu audă sunetul? Viteza sunetului în aer **c=320m/s**. *Indicație: urechea umană percepe ca sunete undele care au frecvența cuprinsă între 20Hz şi 20kHz.*

R: $v_{apropiere}$>160m/s; $v_{îndepărtare}$>160km/s.

2.4.5. Un motociclist care se apropie cu viteza **v** de un perete reflectător claxonează. Cunoscând frecvența claxonului **ν_0=320Hz**, viteza sunetului în aer **c=325m/s** şi că motociclistul percepe variații ale intensității sunetului cu perioada **T=0,1s**, determinați viteza **v**.

R: 18km/h.

3. CURENTUL ALTERNATIV

3.1 Producerea curentului alternativ. Caracteristici.

3.1.1. O spiră plană cu aria **S=100cm^2** se roteşte uniform într-un câmp magnetic cu inducția **B=1,2T**, astfel încât o rotație completă se efectuează în **0,02s.** Aflați:

a) fluxul magnetic maxim prin spiră;

b) t.e.m. indusă în spiră.

R: a) $\Phi_{max}=1,2\cdot10^{-2}$Wb; b) $e=1,2\pi\sin(100\pi t)$ V.

3.1.2. O bobină cadru cu **N=100** spire care are laturile **a=20cm**, respectiv **b=10cm**, se află într-un câmp magnetic cu inducția **B=1,5T** şi se roteşte cu turația **ν=600rot/min**, în jurul unei axe perpendiculare pe liniile de câmp magnetic. Determinați t.e.m indusă.

R: $e=60\pi\sin(20\pi t)$ V.

3.1.3. O spiră care se roteşte uniform în câmp magnetic are rezistența **R=8Ω** şi inductanța neglijabilă. La capetele ei apare t.e.m. **$e=28,2\sin(400\pi t)$ V**. Aflați:

a) frecvența şi perioada de rotație;

b) valoarea efectivă a intensității curentului prin spiră.

R: a) ν=200Hz, T=5ms; b) I=2,5A.

3.1.4. Curentul alternativ de la rețeaua electrică are frecvența **ν=50Hz** şi tensiunea efectivă **U=220V**. Aflați:

a) perioada şi pulsaţia curentului;
b) tensiunea maximă.

R: a) T=0,02s; ω=100π rad/s; b) U_{max}=310V.

3.1.5. Pentru nodul de reţea din figură se cunosc expresiile intensităţilor $\mathbf{i_2=10\sqrt{2}\sin\omega t}$ **A** şi $\mathbf{i_3=10\sqrt{2}\sin(\omega t+2\pi/3)}$ **A**. Determinaţi expresia intensităţii $\mathbf{i_1}$.

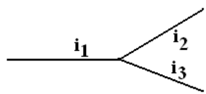

Fig. 3.1.5.

R: $i_1=\sqrt{2}\,10\sin(\omega t+\pi/3)$ A.

3.1.6. Determinaţi expresia căderii de tensiune la bornele circuitului din figură dacă se cunosc expresiile căderilor de tensiune pe fiecare element de circuit: $\mathbf{u_1=\sqrt{2}\sin(\omega t+\pi/6)}$**V**, $\mathbf{u_2=\sqrt{2}\sin(\omega t-\pi/3)}$ **V** şi $\mathbf{u_3=2\sin(\omega t-\pi/12)}$ **V**.

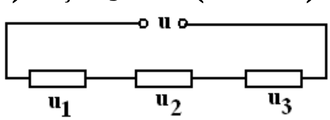

Fig. 3.1.6.

R: u=4sin(ωt-π/12) V.

3.2. Circuite serie.

3.2.1. Calculaţi reactanţa şi impedanţa unei bobine cu rezistenţa **R=3Ω** şi inductanţa **L=1/(25π)H** atunci când la bornele ei se aplică tensiunea $\mathbf{u=4\sqrt{2}\sin(100\pi t)}$ **V**. Determinaţi expresia intensităţii instantanee a curentului electric care străbate bobina.

R: X_L=4Ω; Z=5Ω; $i=0,8\sqrt{2}\sin(100\pi t-\mathrm{arctg}\frac{4}{3})$ A.

3.2.2. Tensiunea aplicată unui transformator care are rezistența **R=600Ω** şi inductanța **L=(8/π)H** are expresia $\mathbf{u=220\sqrt{2}\,sin(100\pi t)\ V}$. Determinați expresia intensității instantanee a curentului electric.

R: $i=0{,}22\sqrt{2}\sin(100\pi t-\mathrm{arctg}\frac{4}{3})$ A.

3.2.3. Un condensator are capacitatea **C=1/(12π)nF** şi rezistența **R=8Ω.** Calculați reactanța şi impedanța condensatorului atunci când este conectat la o tensiune alternativă cu tensiunea $\mathbf{u=3\sqrt{2}\,sin(2\cdot 10^9\pi t)\ V}$.

R: $X_C=6\Omega$; $Z=10\Omega$; $i=0{,}3\sqrt{2}\sin(2\cdot 10^9\pi t+\mathrm{arctg}\frac{3}{4})$ A.

3.2.4. O bobină cu inductanța **L=(30/π)H** şi rezistența $\mathbf{R=10^3\Omega}$ este conectată în serie cu un condensator de capacitate **C=(2,5/π)μF** la bornele unei surse de tensiune alternativă $\mathbf{u=220\sqrt{2}\,sin(100\pi t)V}$. Determinați: impedanța circuitului şi expresia intensității instantanee a curentului electric.

R: $Z=10^3\sqrt{2}\ \Omega$; $i=0{,}22\sin(100\pi t+\pi/4)$ A.

3.2.5. O bobină reală căreia i se aplică tensiunea $\mathbf{u=10\sqrt{2}\,sin(100\pi t)V}$ este parcursă de intensitatea $\mathbf{i=0{,}1\sqrt{2}\,sin(100\pi t-\pi/6)A}$. Calculați rezistența şi inductanța bobinei.

R: $R=50\sqrt{3}\ \Omega$; $L=1/(2\pi)$H.

3.2.6. Un rezistor şi un condensator sunt legate în serie la bornele unei surse cu tensiunea $\mathbf{u=\sqrt{2}\,sin(400\pi t)V}$. Cunoscând intensitatea $\mathbf{i=10\sqrt{2}\,sin(400\pi t+\pi/3)mA}$, determinați rezistența rezistorului şi capacitatea condensatorului.

R: $R=50\Omega$; $C=9{,}2\mu F$.

3.2.7. O bobină reală este legată la bornele unei surse cu tensiunea $\mathbf{u=10\sqrt{2}\sin(\omega t+\pi/8)V}$. Cunoscând expresia intensității curentului $\mathbf{i=5\sqrt{2}\sin(\omega t-\pi/8)A}$ determinați rezistența şi reactanța bobinei.

R: $R=\sqrt{2}\ \Omega$; $X_L=\sqrt{2}\ \Omega$.

3.2.8. Într-un circuit de curent alternativ cu frecvența $\mathbf{\nu=50Hz}$ se găseşte un reostat legat în serie cu o bobină ideală cu inductanța $\mathbf{L=0{,}1H}$. Defazajul dintre tensiunea generatorului şi intensitatea curentului este $\mathbf{\varphi=30^0}$.

a) Determinați rezistența reostatului.

b) Ce capacitate trebuie să aibă un condensator conectat în serie cu elementele date pentru a se obține rezonanța tensiunilor?

R: a) $54{,}38\Omega$; b) $100\mu F$.

3.2.9. Rezistența şi reactanța unei bobine la frecvența de **50Hz** sunt $\mathbf{R=20\Omega}$ şi $\mathbf{X_L=170\Omega}$. Bobina este legată în serie cu un condensator cu reactanța $\mathbf{X_C=105\Omega}$ şi alimentate la tensiunea de $\mathbf{U=110V}$. Să se determine impedanța circuitului şi intensitatea efectivă a curentului.

R: $Z=68\Omega$; $I=1{,}6A$.

3.2.10. Într-un circuit RLC serie se măsoară următoarele tensiuni: $\mathbf{U=50V}$, $\mathbf{U_L=40V}$, $\mathbf{U_R=40V}$. Calculați inductanța bobinei şi valorile posibile ale capacității condensatorului dacă rezistența circuitului este $\mathbf{R=80\Omega}$ iar $\mathbf{\nu=100Hz}$.

R: $L=0{,}4/\pi$ H; $C_1=250/\pi\ \mu F$; $C_2=500/(7\pi)\ \mu F$.

3.2.11. Identificați schema circuitului serie pentru care se cunoaşte diagrama fazorială din figura alăturată. Calculați valoarea efectivă a tensiunii la bornele circuitului, impedanța circuitului şi defazajul dintre tensiune şi intensitate pentru valorile următoare: **$I=2A$**, **$U_1=20V$**, **$U_2=15V$**, **$U_3=25V$**.

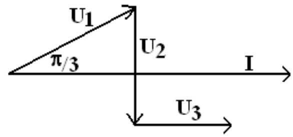

Fig. 3.2.21.

R: $U=42,6V$; $Z=21,3\Omega$; $tg\varphi=-0,118$.

3.2.12. Dacă se aplică unei bobine reale o tensiune continuă **$U_0=0,9V$**, aceasta este parcursă de un curent cu intensitatea **$I_0=100mA$**. Dacă bobina se conectează la o tensiune altenativă **$U=3V$** cu frecvența **$\nu=50Hz$** intensitatea curentului este **$I=0,2A$**. Să se calculeze inductanța bobinei şi defazajul circuitului de curent alternativ.

R: $L=120/\pi$ mH; $\varphi=arctg(4/3)$.

3.2.13. O bobină alimentată în curent continuu cu tensiunea **$U=120V$**, este parcursă de curentul **$I=10A$**. În regim de curent alternativ, pentru tensiunea efectivă **$U_1=120V$** şi frecvența **$\nu=50Hz$**, intensitatea devine **$I_1=6A$**. Aflați:

a) rezistența şi inductanța bobinei ;

b) reactanța şi impedanța circuitului la frecvențele **$\nu_1=50Hz$**, respectiv **$\nu_2=100Hz$**.

R: a) $R=12\Omega$; $L=(4/25\pi)$ H;
b) $X_1=16\Omega$; $Z_1=20\Omega$; $X_2=32\Omega$; $Z_2\approx34\Omega$.

3.2.14. Un rezistor cu rezistența electrică **$R=10\Omega$** este legată în serie cu o bobină reală care are rezistența **$R_B=6\Omega$** şi inductanța **$L=(3/25\pi)H$**. Acestui circuit i se aplică tensiunea **$u=\sqrt{2}\sin(100\pi t)$**V. Stabiliți expresiile intensității instantanee a curentului electric şi a tensiunii instantanee la bornele bobinei.

R: $i=0{,}05\sqrt{2}\sin(100\pi t-36^0 52')$ A;
$u=0{,}67\sqrt{2}\sin(100\pi t-26^0 34')$ V.

3.2.15. Un circuit RLC serie având **R=30Ω**, **L=60mH** şi **C=10μF** este conectat la un generator cu tensiunea **$u=4\sqrt{2}\sin(1000t)$V**. Stabiliţi expresiile intensităţii instantanee a curentului electric şi a tensiunii instantanee pe condensator.

R: $i=0{,}08\sqrt{2}\sin(1000t+\mathrm{arctg}(4/3))$ A;
$u_C=8\sqrt{2}\sin(1000t+\mathrm{arctg}(4/3)-\pi/2)$ V.

3.2.16. O bobină reală alimentată la un generator cu **U=200V** şi **ν=100Hz** este parcursă de curentul **I=2A**. Legând în serie cu bobina un condensator cu **C=20μF**, curentul din circuit rămâne nemodificat. Determinaţi rezistenţa şi inductanţa bobinei.

R: R=60,5Ω; L=0,125H.

3.2.17. Un circuit RLC serie are rezistenţa **R=5Ω** şi inductanţa **L=0,2H**. Tensiunea de alimentare este **$u=10\sqrt{2}\sin(100t)$ V**. Determinaţi:

a) valoarea capacităţii condensatorului pentru ca circuitul să fie la rezonanţă;

b) intensitatea instantanee a curentului în regim de rezonanţă;

c) tensiunea electrică efectivă pe condensator în regim de rezonanţă.

R: a) C=0,5mF; b) $i=2\sqrt{2}\sin(100t)$ A; c) U_C=40V.

3.2.18. Un circuit RLC serie alimentat la tensiunea **$u=15\sqrt{2}\sin(100\pi t)$ V** este alcătuit dintr-o bobină cu rezistenţa **R=100Ω**, o bobină cu reactanţa **X_L=100Ω** şi un condensator cu reactanţa **X_C=400Ω**. Determinaţi:

a) expresia intensității instantanee a curentului electric;

b) frecvența generatorului la care intensitatea curentului atinge valoarea maximă;

c) valoarea maximă a intensității efective (tensiunea efectivă a generatorului rămâne constantă);

d) factorul de calitate al circuitului.

R: a) $i=0{,}047\sqrt{2}\sin(100\pi t+\mathrm{arctg}3)$ A;
b) $\nu_0=20\pi$kHz; c) $I_m=0{,}15$A; d) Q=2.

3.2.19. Un circuit serie format dintr-un rezistor cu rezistența **R=2Ω,** o bobină cu inductanța **L=0,16H** şi un condensator cu capacitatea **C=60μF** este alimentat cu tensiunea $\mathbf{u=220\sqrt{2}\sin(400\pi t)}$ **V**. Determinați:

a) intensitatea curentului prin circuit;

b) frecvența la care intensitatea atinge valoarea maximă;

c) tensiunea la bornele elementelor reactive în regim de rezonanță.

R: 1,18A; 50Hz; 5500V.

3.2.20. Unui circuit RLC serie i se aplică tensiunea efectivă **U=12V**. La frecvența de rezonanță tensiunea la bornele condensatorului este $\mathbf{U_C=4V}$. Să se determine defazajul dintre intensitatea curentului şi tensiunea aplicată atunci când frecvența generatorului este de **n=2** ori mai mare decât frecvența de rezonanță.

R: $\varphi=30^0$.

3.2.21. Un circuit RLC serie are **R=10Ω**. Frecvența de rezonanță este $\mathbf{\nu_0=4kHz}$. Calculați inductanța bobinei dacă la frecvența **ν=1kHz** impedanța circuitului este **Z=1kΩ**.

R: 1,3H.

3.2.22. Pentru circuitul din figura alăturată se cunosc: $\mathbf{R_1=2\Omega}$, $\mathbf{R_2=5\Omega}$, $\mathbf{R_3=1\Omega}$, **L=(1/20π)H**, **C=(1/1100π)F** şi $\mathbf{u=20\sqrt{2}\sin(100\pi t)}$ **V**. Determinați expresia intensității instantanee a curentului electric şi expresia tensiunilor instantanee u', respectiv u''.

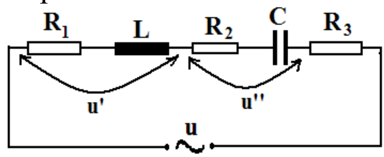

Figura 3.2.22

R: $i=2\sqrt{2}\sin(100\pi t+\mathrm{arctg}0,75)$ A;
$u'=10,7\sqrt{2}\sin(100\pi t+\mathrm{arctg}0,75+\mathrm{arctg}2,5)$ V;
$u''=12\sqrt{2}\sin(100\pi t+\mathrm{arctg}0,75-\mathrm{arctg}2,2)$ V.

3.2.23. Pentru circuitul din figura alăturată se cunosc: **$R_1=2\Omega$**, **$R_2=6\Omega$**, **$R_3=4\Omega$**, **$L_1=(60/\pi)$mH**, **$L_2=(1/20\pi)$H**, **$C=(1/2\pi)$mF şi $u=30\sqrt{2}\sin(100\pi t)$ V**. Determinați expresia intensității instantanee a curentului electric şi expresia tensiunilor instantanee u', respectiv u''.

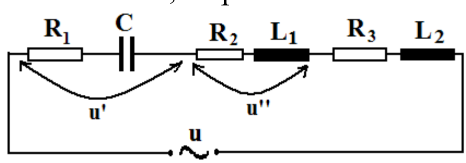

Figura 3.2.23

R: $i=2\sqrt{2}\sin(100\pi t-\mathrm{arctg}0,75)$ A;
$u'=8\sin(100\pi t-\mathrm{arctg}0,75-\pi/4)$ V;
$u''=24\sin(100\pi t-\mathrm{arctg}0,75+\pi/4)$ V.

3.3 Puteri în curent alternativ.

3.3.1. O bobină, cu rezistența **$R=30\Omega$** consumă **P=480W** când este conectată în circuit de curent alternativ. Ştiind factorul de putere **$\cos\varphi=0,8$,** aflați tensiunea rețelei.

R: U=150V.

3.3.2. Un circuit are la borne tensiunea $\mathbf{u=110\sqrt{2}\sin(100\pi t)V}$ şi primeşte puterea activă **P=88W**, respectiv reactivă $\mathbf{P_r=66VAR}$. Aflaţi:

a) intensitatea curentului;

b) impedanţa, rezistenţa şi reactanţa circuitului.

R: a) I=1A; b) Z=110Ω; R=88Ω; X=66Ω.

3.3.3. Un circuit serie RLC are următorii parametri: **R=4Ω**, **L=(10/π)mH**, **C=(2,5/π)mF**. La bornele circuitului se conectează o sursă de curent alternativ având tensiunea **U=10V** şi frecvenţa **ν=50Hz**. Calculaţi puterile activă, reactivă şi aparentă ale circuitului.

R: P=16W; P_r=12VAR; S=20VA.

3.3.4. Un circuit serie are la borne tensiunea $\mathbf{u=12\sqrt{2}\sin(\omega t+\pi/6)V}$ fiind parcurs de curentul cu intensitatea $\mathbf{i=3\sqrt{2}\sin(\omega t-\pi/6)A}$. Aflaţi:

a) impedanţa, rezistenţa şi reactanţa circuitului;

b) factorul de putere şi puterile activă, reactivă şi aparentă.

R: a) Z=4Ω; R=2Ω; X=$2\sqrt{3}$ Ω; b) cosφ=0,5;

P=18W; P_r=$18\sqrt{3}$ VAR; S=36VA.

3.3.5. Un circuit serie are la borne tensiunea $\mathbf{u=220\sqrt{2}\sin(\omega t)\ V}$ fiind parcurs de curentul cu intensitatea $\mathbf{i=22\sqrt{2}\sin(\omega t-\pi/6)\ A}$. Aflaţi:

a) impedanţa, rezistenţa şi reactanţa circuitului;

b) factorul de putere şi puterile activă, reactivă şi aparentă.

R: a) Z=10Ω; R=$5\sqrt{3}$ Ω; X=5Ω; b) cosφ=$\sqrt{3}$/2;

P=4191,5W;P_r=2420VAR; S=4840VA.

3.3.6. Un circuit serie are la borne $\mathbf{u=220\sqrt{2}\cos(\omega t)\ V}$ fiind parcurs de curentul cu intensitatea $\mathbf{i=22\sqrt{2}\sin(\omega t+\pi/6)\ A}$. Aflați:

a) impedanța, rezistența şi reactanța circuitului;
b) factorul de putere şi puterile activă, reactivă şi aparentă.

R: a) $Z=10\Omega$; $R=5\Omega$; $X=5\sqrt{3}\ \Omega$; b) $\cos\varphi=1/2$; $P=2420W$; $P_r=4191{,}5VAR$; $S=4840VA$.

3.3.7. Un circuit serie este alimentat de la o sursă cu $\mathbf{u=100\sqrt{2}\sin(\omega t)\ V}$. Impedanța circuitului este $\mathbf{Z=20\Omega}$, iar factorul de putere $\mathbf{\cos\varphi=0{,}5}$. Aflați:

a) rezistența şi reactanța circuitului;
b) puterile activă, reactivă şi aparentă.

R: a)$R=10\Omega$; $X=10\sqrt{3}\ \Omega$; b) $P=250W$; $P_r=250\sqrt{3}$ var; $S=500VA$.

3.3.8. Un circuit serie RLC este alimentat de la o sursă de tensiune **220V** şi frecvență **50Hz.** La frecvența dată reactanțele sunt $\mathbf{X_L=160\Omega}$, $\mathbf{X_C=120\Omega}$. Valoarea rezistenței este $\mathbf{R=30\Omega}$. Să se determine:

a) intensitatea efectivă a curentului;
b) factorul de putere şi factorul de calitate;
c) puterea reactivă a circuitului.

R: a) $I=4{,}4A$; b) $\cos\varphi=0{,}6$; $Q=4{,}6$; c) $P_r=774{,}4VAR$.

3.3.9. Un circuit serie cu factorul de calitate $\mathbf{Q=}\sqrt{2/3}$ are impedanța $\mathbf{Z=100\Omega}$ la frecvența $\mathbf{\nu=50Hz}$. Puterile activă a circuitului este $\mathbf{P=346{,}4W}$, iar cea reactivă $\mathbf{P_r=200VAR}$. Se cere:

a) defazajul dintre tensiune şi intensitate;
b) valorile efective ale intensității şi tensiunii;
c) inductanța bobinei.

R: a) $\varphi=30^0$; b) $I=2A$; $U=200V$; c) $L=0{,}23H$.

3.3.10. Un circuit serie are la borne tensiunea **$u=U_m\sin(\omega t)$** fiind parcurs de curentul cu intensitatea **$i=I_m\sin(\omega t-\pi/3)$**. Rezistența circuitului este **$R=60\Omega$** iar puterea activă absorbită de circuit este **$P=1500W$**. Determinați tensiunea maximă de la bornele circuitului, puterea reactivă şi puterea aparentă.

R: $U_m=600\sqrt{2}$ V; $P_r=1500\sqrt{3}$ VAR; S=3000VA.

3.3.11. Un circuit RLC serie are impedanța **$Z=800\Omega$**. Tensiunile efective pe elementele circuitului sunt **$U_R=100V$**, **$U_L=200V$** şi **$U_C=373V$**. Aflați puterile din circuit.

R: 25W; -43,3VAR; 50VA.

3.3.12. La o sursă cu tensiunea constantă şi frecvență variabilă se conectează un circuit. La o anumită frecvență pentru care defazajul este **$\varphi_1=30^0$** puterea dezvoltată în circuit este **$P_1=200W$**. Ce puterea va fi dezvoltată în circuit la o altă frecvență pentru care defazajul devine **$\varphi_2=60^0$**?

R: $P_2=P_1/3=66,6W$.

3.3.13. La o sursă cu tensiunea constantă şi frecvență variabilă se conectează o bobină reală. La o anumită frecvență **ν_1** pentru care defazajul este **$\varphi_1=30^0$** puterea dezvoltată în circuit este **$P_1=300W$**. Ce puterea va fi dezvoltată în circuit la o altă frecvență **$\nu_2=2\nu_1$**?

R: $P_2=4P_1/7=171,4W$.

3.3.14. Un circuit serie conține un rezistor cu **$R=10\Omega$**, o bobină ideală cu **$L=10mH$** şi un condensator cu **$C=100\mu F$** este conectat la un generator cu tensiune constantă şi frecvență variabilă. Determinați:

a) pulsația **ω_0** pentru care puterea activă este maximă;

b) pulsațiile **ω_1** şi **ω_2** pentru care puterea activă este jumătate din puterea maximă;

R: a) ω_0=1000rad/s; b) ω_1=618rad/s; ω_2=1618rad/s.

3.3.15. Un circuit serie este format dintr-o bobină reală şi un condensator. În regim de rezonanță puterea activă a circuitului este **P=20W**, valoarea tensiunii la bornele condensatorului **U_C=100V**, iar valoarea tensiunii la bornele circuitului **U=4V**. Determinați:

a) rezistența şi reactanțele circuitului la rezonanță;

b) factorul de putere al circuitului dacă frecvența se dublează.

R: a) R=0,8Ω; $X_C=X_L$=20Ω; b) cosφ=0,026.

3.3.16. Un circuit RLC serie cu **R=70Ω**, **L=0,1H** şi **C=100μF** este alimentat la un generator de tensiune alternativă cu frecvență variabilă. Să se calculeze valorile frecvenței pentru care puterea activă este egală cu puterea reactivă.

R: ν_1=19,3Hz; ν_2=130,8Hz.

3.3.17. O sursă cu tensiunea **$u=20\sqrt{2}\sin(200\pi t)$V** alimentează un circuit RLC serie pentru care puterea aparentă este egală cu dublul puterii reactive. Cunoscând intensitatea efectivă a curentului **I=0,01A** şi tensiunea efectivă la bornele condensatorului **U_C=24V** determinați valorile rezistenței R, inductanței L şi a capacității C.

R: $R=1000\sqrt{3}$ Ω; C=0,66μF; $L_1=17/\pi$ H; $L_2=7/\pi$ H.

3.3.18. Pentru circuitul din figura alăturată se cunosc: **R_1=10Ω**, **R_2=6Ω**, **L=(1/25π)H**, **C=(1/1600π)F şi $u=4\sqrt{2}\sin(100\pi t)$V**. Aflați puterile activă şi reactivă ale circuitului.

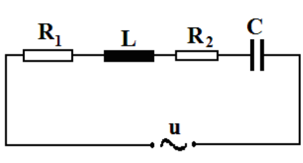

Figura 3.3.18

R: P=0,64W; P_r=0,48VAR.

3.4 Circuitul paralel.

3.4.1. Un rezistor cu **$R=3\Omega$** se leagă în paralel cu o bobină ideală cu inductanța **$L=(1/25\pi)mH$** la bornele unui generator cu tensiunea **$u=1,2\sqrt{2}\sin(100\pi t)V$**. Stabiliți expresia intensității instantanee a curentului electric prin generator şi calculați puterea activă absorbită de circuit.

R: $i=0,5\sqrt{2}\sin(100\pi t-\text{arctg}0,75)$ A; P=0,48W.

3.4.2. Un rezistor cu **$R=8\Omega$** se leagă în paralel cu un condensator cu capacitatea **$C=(1/600\pi)F$** la bornele unui generator cu tensiunea **$u=54\sqrt{2}\sin(100\pi t)V$**. Stabiliți expresia intensității instantanee a curentului electric prin generator şi calculați puterea reactivă a circuitului.

R: $i=7,5\sqrt{2}\sin(100\pi t+\text{arctg}0,5)$ A; P_r=181VAR.

3.4.3. Un circuit RLC paralel pentru care se cunosc **$R=9\Omega$**, **$X_L=6\Omega$** şi **$X_C=12\Omega$** este conectat la o sursă cu **$u=216\sqrt{2}\sin(100\pi t)$ V**. Stabiliți expresia intensității instantanee a curentului electric prin generator şi calculați energia electrică consumată de circuit în timp de 2 minute.

R: $i=30\sqrt{2}\sin(100\pi t-\text{arctg}0,75)$ A; W=622,08J.

3.4.4. Calculați pentru un circuit RLC paralel raportul **R/X_L** dacă se cunoaşte raportul puterilor **$P/P_r=-3/4$** şi raportul reactanțelor **$X_C/X_L=2$**.

R: 8/3.

3.4.5. Se conectează în paralel un condensator de capacitate **C** cu un rezistor de rezistență **$R=1k\Omega$**. Tensiunea sursei este **U=75V**, intensitatea curentului **I=0,2A** la frecvența de **ν=50Hz**. Calculați intensitățile efective prin rezistor şi prin condensator. Ce valoare are capacitate condensatorului?

R: I_R=0,075A; I_C=0,185A; C=7,8μF.

3.4.6. Un circuit paralel este format dintr-o bobină ideală şi un condensator ideal. Cunoscând valoarea efectivă a curentului prin generator **I=2A**, inductanța bobinei **L=(1/10π)H** şi tensiunea aplicată $\mathbf{u=4\sqrt{2}\sin(100\pi t)V}$ determinați:

a) capacitatea condensatorului;

b) frecvența la care se atinge rezonanța curenților;

c) intensitățile curenților din circuit în regim de rezonanță.

R: a) $C=6/\pi$ mF; b) $\nu_0=28{,}8$Hz; c) $I_L=I_C=0{,}69$A.

3.4.7. Tensiunea unei surse care alimentează un circuit RLC paralel este $\mathbf{u=50\sqrt{2}\sin(100\pi t)V}$. Cunoscând intensitatea prin ramura principală este $\mathbf{i=5\sqrt{2}\sin(100\pi t+\pi/4)A}$ şi reactanța inductivă a bobinei $\mathbf{X_L=10\Omega}$, determinați reactanța capacitivă a condensatorului.

R: $X_C=5{,}85\Omega$.

3.4.8. Un circuit RL serie are defazajul dintre tensiune şi intensitate $\boldsymbol{\varphi_S=\pi/4}$. Care va fi defazajul dintre tensiune şi intensitatea curentului prin ramura principală dacă rezistorul şi bobina ideală se conectează în paralel?

R: $\varphi=45^0$.

3.4.9. Tensiunea unei surse care alimentează un circuit RLC paralel este $\mathbf{u=20\sqrt{2}\sin(100\pi t)V}$. Cunoscând intensitatea curentului prin ramura principală este $\mathbf{i=\sqrt{2}\sin(100\pi t+\pi/6)A}$ şi că reactanța inductivă a bobinei este de **n=2** ori mai mare decât reactanța capacitivă a condensatorului, determinați rezistența şi reactanțele elementelor circuitului.

R: $X_C=20\Omega$; $X_L=40\Omega$.

3.4.10. Un circuit RLC paralel este alimentat de la un generator de curent constant **I=2A**. Cunoscând **R=100Ω**,

L=(2/9)H şi **C=10^{-4}F**, determinaţi:

a) pulsaţia generatorului pentru care tensiunea generatorului atinge valoarea maximă $\mathbf{U_0}$;

b) valoarea tensiunii $\mathbf{U_0}$;

c) diferenţa $\mathbf{\Delta\nu=\nu_2-\nu_1}$ dintre frecvenţele pentru care tensiunea la bornele circuitului este $\mathbf{U=U_0/}\sqrt{2}$.

R: a) ω_0=212rad/s; b) U_0=200V; $\Delta\nu=50/\pi$ Hz.

3.5 Circuite mixte

3.5.1. Pentru circuitul din figură se cunosc **R=8Ω**, $\mathbf{X_L}$**=4Ω**, $\mathbf{X_C}$**=10Ω** şi **u=8**$\sqrt{2}$ **sin(100πt)V**. Stabiliţi expresia intensităţii instantanee a curentului electric prin generator şi calculaţi puterea reactivă a circuitului.

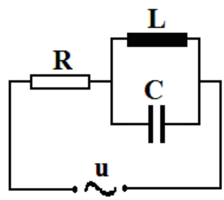

Figura 3.5.1

R: i=0,768$\sqrt{2}$ sin(100πt-arctg(5/6)) A; P_r=4,72VAR.

3.5.2. Pentru circuitul din figură se cunosc **R=1Ω**, $\mathbf{X_L}$**=0,5Ω**, $\mathbf{X_C}$**=2Ω** şi **u=**$\sqrt{2}$ **sin(100πt) V**. Stabiliţi expresia intensităţii instantanee a curentului electric prin generator.

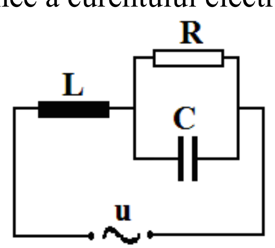

Figura 3.5.2

R: i=1,75sin(100πt-arctg(1/8)) A.

3.5.3. Pentru circuitul din figură stabiliți expresia frecvenței la care intensitatea curentului prin generator este în fază cu tensiunea. Se cunosc **R**, **L** şi **C**.

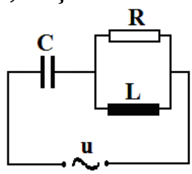

Figura 3.5.3

R: $\nu = \dfrac{R}{2\pi\sqrt{L(R^2C - L)}}$.

3.5.4. Pentru circuitul din figură se cunosc **R=2Ω**, $\mathbf{X_L}$**=1Ω,** $\mathbf{X_C}$**=2Ω** şi **u=4**$\sqrt{\mathbf{2}}$ **sin(100πt)V**. Stabiliți expresia intensității instantanee a curentului electric prin generator şi calculați puterea activă absorbită de circuit.

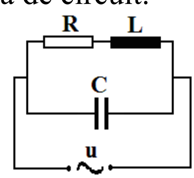

Figura 3.5.4

R: i=2$\sqrt{2}$ sin(100πt+arctg3/4) A; P=6,4W.

3.5.5. Pentru circuitul din figură stabiliți expresia frecvenței la care intensitatea curentului prin generator este în fază cu tensiunea. Se cunosc **R**, **L** şi **C**.

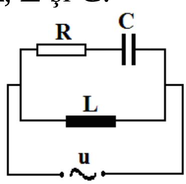

Figura 3.5.5

$$R:\ \nu = \frac{1}{2\pi\sqrt{(LC - R^2C^2)}}.$$

3.5.6. Presupunând cunoscute valorile rezistenței **R**, inductanței **L** şi a capacității **C**, pentru elementele de circuit din figură, stabiliți expresia frecvenței la care intensitatea curentului prin generator este în fază cu tensiunea.

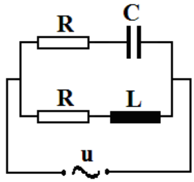

Figura 3.5.6

$$R:\ \nu = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}.$$

3.5.7. Pentru circuitul din figură se cunosc **R=1Ω**, **X_L=2Ω**, **X_C=1Ω** şi **u=3$\sqrt{2}$ sin(100πt)V**. Stabiliți expresia intensității instantanee a curentului electric prin generator şi calculați puterea reactivă a circuitului.

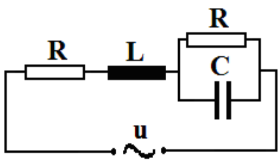

Figura 3.5.7

R: i=2sin(100πt-π/4) A; P=3VAR.

3.5.8. Pentru circuitul din figură se cunosc **R=2Ω**, **X_L=1Ω**, **X_C=4Ω** şi **u=$\sqrt{2}$ sin(100πt) V**. Stabiliți expresia intensității instantanee a curentului electric prin generator şi calculați puterea activă absorbită de circuit.

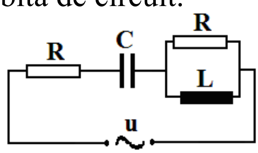

Figura 3.5.8

R: $i=0{,}25\sqrt{2}\,\sin(100\pi t+\mathrm{arctg}4/3)$ A; P=0,15W.

3.5.9. În circuitul de mai jos se cunosc următoarele valori: **U=60V**, **R_1=8Ω**, **R_2=50Ω**, **L=0,02H**, **C=30μF**, **ν=50Hz**. Să se determine intensităţile curenţilor din circuit şi defazajele dintre tensiunea aplicată şi intensităţi.

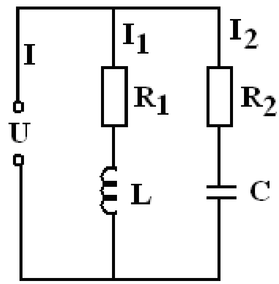

Figura 3.5.9

R: I_1=5,88A, $\varphi_1=38^0 08'$;
I_2=0,51A, $\varphi_2=64^0 46'$;
I=10,79A, $\varphi=79^0 30'$.

3.5.10. Pentru circuitul din figură se cunosc: **R=30Ω**, **L=0,4/π H** şi **υ=50Hz**. Să se determine valoarea capacităţii condensatorului C astfel încât la închiderea întrerupătorului K intensitatea efectivă a curentului prin generator să nu se modifice.

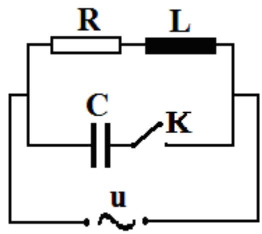

Figura 3.5.10

R: $C=2L/(R^2+\omega^2L^2)\approx 102\mu F$.

4. OSCILAȚII ŞI UNDE ELECTROMAGNETICE

4.1 Circuitul oscilant.

4.1.1. Ce inductanță trebuie să aibă un circuit oscilant ideal care conține un condensator cu capacitatea $\mathbf{C=1\mu F}$ pentru a produce oscilații cu frecvența $\boldsymbol{\upsilon}$**=1000Hz**.

R: L=25,33mH.

4.1.2. Care este variația relativă a perioadei unui circuit oscilant ideal dacă se măreşte distanța dintre armăturile condensatorului de patru ori?

R: δT=-50%.

4.1.3. Care este variația relativă a frecvenței unui circuit oscilant ideal dacă se extrage miezul de fier din interiorul bobinei ($\boldsymbol{\mu_r}$**=900**)?

R: $\delta\nu$=2900%.

4.1.4. De câte ori creşte perioada unui circuit oscilant ideal dacă spațiul dintre armăturile condensatorului se umple cu un dielectric cu permitivitatea electrică relativă $\boldsymbol{\varepsilon_r}$**=81**?

R: 9.

4.1.5. Două circuite oscilante L_1C_1 şi L_2C_2 au aceeaşi frecvență proprie $\boldsymbol{\nu_1=\nu_2=\nu}$. Care va fi frecvența proprie a circuitului oscilant obținut prin legarea în serie a celor patru elemente?

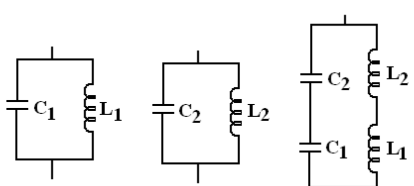

Figura 4.1.5.

R: $\nu_{serie}=\nu$.

4.1.6. Cum trebuie să fie rezistența unui circuit format dintr-un condensator cu capacitatea **C=20μF** şi o bobină cu inductanța **L=32mH** pentru a putea deveni circuit oscilant?

R: R<80Ω.

4.1.7. Din două condensatoare identice, fiecare cu capacitatea **C=2μF** şi o bobină reală cu inductanța **L=1mH** şi rezistența **R=50Ω**, se confecționează un circuit oscilant. Ce valoare va avea frecvența proprie dacă condensatoarele se leagă în:

a) serie;

b) paralel.

R: a) 63,24Hz; b) nu se produc oscilații elm.

4.1.8. Un condensator cu capacitatea **C=40μF** încărcat la tensiunea **U_m=5V** este conectat la bornele unei bobine cu inductanța **L=9mH**. Să se scrie expresiile instantanee ale tensiunii pe condensator şi intensității curentului după închiderea întrerupătorului K.

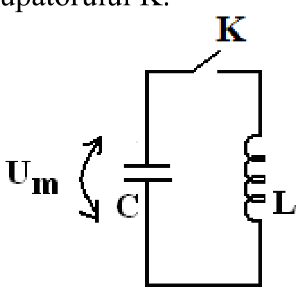

Figura 4.1.8.

R: $u=5\cos(\frac{5000}{3}t)$ V; $i=\frac{1}{3}\sin(\frac{5000}{3}t)$ A.

4.1.9. Pentru circuitul din figură se cunosc: **E=1,5V**, **r=0,5Ω**, **C=200μF** şi **L=5mH**. Să se scrie expresiile instantanee ale tensiunii pe condensator şi intensității curentului după deschiderea întrerupătorului K.

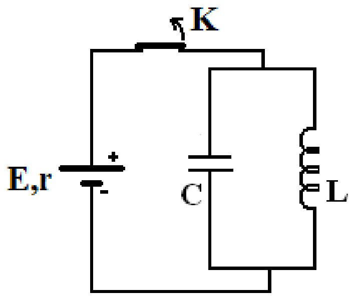

Figura 4.1.9.

R: u=15sin(1000t) V; i=3cos(1000t) A.

4.1.10. Intensitatea curentului într-un circuit oscilant ideal are expresia **i=0,1sin(2000t) A**. Cunoscând că inductanța bobinei este **L=0,01H** stabiliți:

a) valoarea capacității condensatorului;

b) expresia tensiunii instantanee pe condensator.

R: a) 25μF; b) u=2cos(2000t) V.

4.1.11. Un circuit oscilant ideal este format dintr-un condensator cu capacitatea **C=100nF** şi o bobină cu inductanța **L=25mH**. Cunoscând că la momentul inițial condensatorul sarcina electrică pe condensator este maximă, se cere:

a) intervalul de timp în care tensiunea scade la jumătatea valorii maxime;

b) intervalul de timp în care energia câmpului electric scade la jumătatea valorii maxime.

R: a) t_1=52,3μs; b) t_2=39,2μs.

4.1.12. Un condensator cu capacitatea **C=2μF** încărcat la tensiunea **U_m=2V** este conectat la bornele unei bobine cu inductanța **L=5mH**. Să se calculeze:

a) intensitatea maximă;

b) după cât timp de la conectare energia câmpului magnetic al bobinei devine egală cu energia electrică înmagazinată în condensator.

R: a) I_m=0,04A; b) t=78,5μs.

4.1.13. Tensiunea maximă într-un circuit oscilant ideal cu **L=9μH** şi **C=16pF** este **U_m=6V**. Determinați:

a) valoarea maximă a intensității curentului electric;

b) energia câmpului magnetic în momentul în care tensiunea pe condensator este **U=2V**.

R: a) I_m=8mA; b) W_m=256pJ.

4.1.14. Un condesator cu **C=10μF** este încărcat cu sarcina **q=40μC**. La bornele condensatorului se cuplează o bobină ideală cu **L=4mH**. Determinați:

a) valoarea maximă a intensității curentului electric;

b) energia câmpului electric în momentul în care intensitatea curentului electric este **I=100mA**.

R: a) I_m=0,2A; W_{el}=60μJ.

4.1.15. Condensatorul cu capacitatea **C_1=30μF** din figura alăturată este încărcat la tensiunea **U_{1m}=5V**. Cunoscând **C_2=60μF** şi **L=0,1H** determinați intensitatea maximă a curentului electric după închiderea întrerupătorului K.

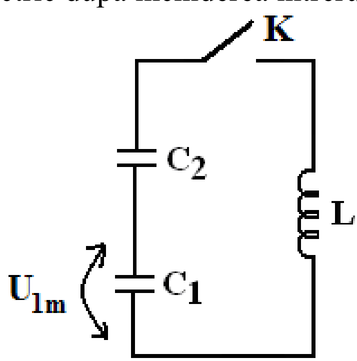

Figura 4.1.15.

R: I_m=0,07A

4.1.16. Un circuit oscilant ideal are energia magnetică maximă $\mathbf{W_{mag}=5mJ}$ şi tensiunea maximă pe condensator $\mathbf{U_m=4V}$. Cunoscând inductanța bobinei **L=0,25H**, determinați:

a) intensitatea maximă a curentului electric;

a) capacitatea condensatorului;

b) frecvența proprie de oscilație.

R: 0,2A; 625μF; 12,73Hz.

4.1.17. Pentru un circuit oscilant ideal cu **L=4mH** şi **C=10μF** tensiunea pe condensator la momentul inițial este maximă având valoarea $\mathbf{U_m=8V}$. Determinați valoarea intensității curentului electric şi a energiei electrice la momentul $\mathbf{t_1=T/8}$.

R: i_1=0,28A; W_{el1}=0,16mJ.

4.1.18. Tensiunea maximă într-un circuit oscilant ideal **LC** este $\mathbf{U_m=9V}$. În momentul în care tensiunea pe condensator este nulă se conectează în paralel cu condensatorul din circuit un al doilea condensator cu capacitatea **C'=8C**. Care va fi noua tensiune maximă?

R: 3V.

4.1.19. Într-un circuit oscilant, format din condensatorul de capacitate $\mathbf{C_1=20nF}$ şi bobina cu inductanța **L=20mH,** tensiunea maximă este $\mathbf{U_{m1}=15V}$. Să se determine:

a) frecvența oscilațiilor;

b) intensitatea maximă a curentului electric.

c) În momentul în care intensitatea este maximă se conectează în paralel un alt condensator de capacitate $\mathbf{C_2=30nF}$. La ce tensiune maximă se încarcă condensatoarele? Ce valoare va avea frecvența proprie?

R: a) ν=7957Hz;
b) I_m=15mA;
c) U_{m2}=9,48V; ν'=5033Hz.

4.1.20. Capacitatea condensatorului unui circuit oscilant este $\mathbf{C=20\mu F}$. Din cauza rezistenței bobinei ($\mathbf{R=10\Omega}$) tensiunea maximă scade de la $\mathbf{U_{m1}=50V}$ la $\mathbf{U_{m2}=45V}$ în timp de o perioadă. Să se determine:

a) căldura degajată în timp de o perioadă;

b) inductanța minimă la care se mai produc oscilații libere.

R: a) Q=4,75mJ; b) L_{min}=0,5mH.

4.1.21. Rezistența unui circuit oscilant în care intensitatea maximă are valoarea $\mathbf{I_m=20mA}$ este $\mathbf{R=2\Omega}$. Ce putere trebuie transmisă circuitului pentru ca oscilațiile să fie neamortizate ?

R: P=0,4mW.

4.1.22. Un circuit oscilant are următorii parametrii: $\mathbf{R=0,5\Omega}$, $\mathbf{L=16\mu H}$ şi $\mathbf{C=250nF}$. Cunoscând valoarea tensiunii maxime pe condensator $\mathbf{U_m=10V}$, determinați puterea care trebuie transmisă circuitului pentru ca oscilațiile să fie neamortizate.

R: P=0,39W.

4.2 Unde electromagnetice.

4.2.1. O undă electromagnetică cu frecvența $\mathbf{\nu=10^{10}Hz}$ se propagă într-un mediu cu viteza $\mathbf{v=0,9c}$. Determinați indicele de refracție al mediului, lungimea de undă şi distanța parcursă de undă în timpul $\mathbf{\Delta t=2\mu s}$.

R: n=1,11; λ=2,7cm; d=540m.

4.2.2. În cât timp parcurge o undă electromagnetică distanța **d=50m** într-un mediu dacă raportul dintre lungimea de undă în mediul considerat şi cea corespunzătoare în vid este **k=0,8**?

R: $t=2,08\cdot10^{-7}$s.

4.2.3. O undă electromagnetică cu frecvenţa **ν=10^{6}Hz** se propagă într-un mediu cu **ε_r=81** şi **μ_r=1**. Calculaţi valoarea lungimii de undă.

R: λ=33,3m.

4.2.4. În apropierea unei antene care emite cu frecvenţa **ν=500kHz** valoarea maximă a intensităţii câmpului electric este **E_0=0,6V/m**. Să se determine:

a) valoarea maximă a inducţiei câmpului magnetic;

b) densitatea medie de energie a undei electromagnetice (**ε_r=1**);

c) lungimea de undă.

R: a) B_0=2nT; b) $\langle w_{em}\rangle$=1,59·10^{-12}J/m^3; λ=600m.

4.2.5. Durata impulsului unei instalaţii radar este **τ=0,5μs** iar frecvenţa de repetiţie **ν=5000impulsuri/s**. Între ce distanţe operează radiolocatorul?

R: $d \in [75m; 30km]$

4.2.6. O instalaţie de radiolocaţie poate detecta obiecte aflate între distanţele **d_1=600m** şi **d_2=60km**. Calculaţi durata unui impuls şi frecvenţa de repetiţie a acestora.

R: τ=4μs; ν=2500impulsuri/s.

4.2.7. Pentru ce lungime de undă este adaptat un radioreceptor dacă circuitele sale oscilante au capacitatea **C=2nF** şi inductanţa **L= 12,5mH**?

R: λ=9424,77m.

4.2.8. Un circuit oscilant format dintr-un condensator plan şi o bobină de inductanţă **L=4mH** este cuplat cu o antenă care emite unde electromagnetice cu lungimea de undă **λ=200m**. Ştiind că aria armăturilor condensatorului este **S=100cm^2**, să se calculeze:

a) frecvenţa oscilaţiilor;

b) distanța dintre armături (**ε_r=1**).

R: a) ν=1,5MHz; b) d=3,14cm.

4.2.9. Capacitatea condensatorului dintr-un circuit oscilant poate varia între valorile **C_{min}=25pF** şi **C_{max}=250pF**. Între ce valori variază lungimea de undă a radiației emise de antena cuplată cu acest circuit oscilant dacă inductanța bobinei este **L=2,5mH**?

R: $\lambda \in [471,23 ; 1490]$m.

4.2.10. Condensatorul plan unui circuit oscilant are aria armăturilor **S=100cm^2** şi distanța dintre armături **d=0,2mm**. Cunoscând inductanța circuitului **L=0,04mH** şi lungimea de undă a radiației emise de antena cuplată inductiv cu acest circuit **λ=900m**, determinați constanta dielectrică a mediului dintre plăcile condensatorului.

R: ε_r=12,87.

4.2.11. O antenă semiundă recepționează unde electromagnetice cu frecvența **ν=92,1MHz**. Care este lungimea proprie a antenei?

R: l=1,62m.

4.2.12. O antenă cu priză la pământ recepționează unde electromagnetice cu frecvența **ν=91,8MHz**. Care este lungimea proprie a antenei?

R: l=0,816m.

4.2.13. O antenă semiundă are lungimea **l=40cm**.

a) Care este frecvența generatorului de oscilații cuplat inductiv cu antena?

b) Se introduce antena în apă (**ε_r=81**, **μ_r=1**). Câți centimetri trebuie tăiați din lungimea antenei pentru ca ea să rămână acordată pe frecvența de lucru a generatorului?

R: a) 375MHz; b) 35,55cm.

4.2.14. Capacitatea condensatorului circuitului oscilant a unui radioreceptor poate fi variată în domeniul $\mathbf{C} \in [60;600]\mathbf{pF}$. Ştiind că trebuie recepţionate unde cu lungimea de undă cuprinsă în intervalul $\boldsymbol{\lambda} \in [20;1000]\mathbf{m}$, determinaţi domeniul de valori în care trebuie să poată fi variată inductanţa circuitului oscilant.

R: $L \in [1{,}87;469]\,\mu H$.

5. OPTICĂ ONDULATORIE

5.1. Interferenţa luminii. Dispozitivul Young.

5.1.1. Cum se modifică frecvenţa respectiv lungimea de undă a unei radiaţii monocromatice la trecerea din aer în apă ($\mathbf{v_{apă}=0{,}75c}$)?

R: Frecvenţa nu se modifică. $\lambda=0{,}75\lambda_0$.

5.1.2. Două unde luminoase coerente, cu $\boldsymbol{\lambda}$**=600nm** în vid, se propagă prin apă ($\mathbf{n_a=1{,}33}$) respectiv sticlă ($\mathbf{n_s=1{,}5}$). Dacă diferenţa de drum geometric între ele este $\mathbf{\Delta x=1{,}8\mu m}$ ce se observă în punctul de întâlnire (maxim sau minim de interferenţă)?

R: $\Delta d=(n_s-n_a)\Delta x=300nm$, minim de interferenţă.

5.1.3. Fantele unui dispozitiv Young se acoperă simultan cu două filtre colorate diferit (de exemplu roşu şi verde). Cum vor apărea franjele de interferenţă?

R: Colorate, verde spre interior.

5.1.4. Ce se întâmplă cu franjele de interferenţă obţinute cu un dispozitiv Young dacă:

a) Se deplasează sursa S pe o direcţie paralelă cu planul fantelor;
b) Se acoperă o fantă cu o lamelă subţire de grosime **d** şi indice de refracţie **n**;
c) Se umple spaţiul dintre planul sursei S şi planul fantelor cu un lichid cu **n>1**;
d) Se umple spaţiul dintre planul fantelor şi ecran cu un lichid cu **n>1**.

R: a) Se măreşte interfranja; b) se deplasează franjele; c) nu se modifică; d) se micşorează interfranja.

5.1.5. Distanţa dintre fantele unui dispozitiv Young este **2l=1mm**. Pe un ecran aflat la **D=4m** de planul fantelor se observă figura de interferenţă. La distanţa **x=6mm** faţă de axa de simetrie se obţine maximul de ordinul **3**. Ce diferenţă de drum există între raze? Calculaţi interfranja.

R: δ=1,5μm, i=2mm.

5.1.6. Un dispozitiv Young are **2l=1mm**, **D=2m**. Pe ecran se numără **N=20** de franje luminoase pe **Δx=2,2cm**. Aflaţi:

a) interfranja şi lungimea de undă;

b) raportul dintre intensitatea **I** a punctului situat la **x=2,75mm** de axa de simetrie şi intensitatea $\mathbf{I_0}$ care se obţine în punctul respectiv pe ecran după înlăturarea fantelor.

R: a) i=1,1mm, λ=579nm;
b) în acel punct este minim de interferenţă, $I/I_0=0$.

5.1.7. Un dispozitiv Young situat în aer având **2l=0,2mm** şi **D=2m** produce pe ecran primul minim la **x=2,75mm** de axa de simetrie a dispozitivului. Aflaţi:

a) lungimea de undă;

b) distanţa dintre maximul central şi al cincelea minim.

R: a) 550nm; b) 24,75mm.

5.1.8 La un experiment cu dispozitivul lui Young se foloseşte o radiație cu lungimea de undă **λ=450nm**. Dacă ecranul se îndepărtează cu **ΔD=1m**, distanța dintre cele două maxime de ordinul doi creşte cu **Δx=1,5mm**. Calculați distanța dintre fante.

R: 2l=1,2mm.

5.1.9. Un dispozitiv Young plasat în aer are **2l=0,2mm**, **D=4m** şi este iluminat cu radiația cu lungimea de undă **λ=480nm**. Se reduce distanța **D** la jumătate şi se introduce dispozitivul în apă (**n=4/3**). Aflați:

a) distanța dintre 2 minime consecutive (ambele cazuri);

b) distanța dintre maximul de ordinul **2** şi minimul de ordinul **4** aflate de-o parte şi de alta a maximului central în cele două cazuri.

R: a) 9,6mm, 7,2mm; b) 52,8mm, 39,6mm.

5.1.10. Se realizează un dispozitiv Young care are **2l=0,5mm**, **D=2,5m** şi se utilizează două radiații cu **λ_1=720nm**, respectiv **λ_2=480nm**. Aflați :

a) raportul interfranjelor corespunzătoare celor două lungimi de undă;

b) distanța față de axa de simetrie a locului în care se realizează pentru prima dată suprapunerea franjelor luminoase corespunzătoare celor două lungimi de undă.

R: a) 1,5; b) 7,2mm.

5.1.11. Se realizează un dispozitiv Young care are **2l=0,5mm**, **D=2,5m** şi se utilizează două radiații cu **λ_1=500nm**, respectiv **λ_2=600nm**. Aflați distanța față de axa de simetrie a locului în care se realizează pentru prima dată suprapunerea:

a) maximelor luminoase corespunzătoare celor două lungimi de undă;

b) minimelor corespunzătoare celor două lungimi de undă;

c) maximului primei radiații cu minimul celei de a doua;

d) minimului primei radiații cu maximul celei de a doua.

R: a) 15mm; b) nu există; c) 7,5mm; d) nu există.

5.1.12. Se realizează un dispozitiv Young care are **2l=0,5mm**, **D=2,5m** şi se utilizează două radiații cu **λ_1=500nm**, respectiv **λ_2=750nm**. Aflați distanța față de axa de simetrie a locului în care se realizează pentru prima dată suprapunerea:

a) maximelor luminoase corespunzătoare celor două lungimi de undă;

b) minimelor corespunzătoare celor două lungimi de undă;

c) maximului primei radiații cu minimul celei de a doua;

d) minimului primei radiații cu maximul celei de a doua.

R: a) 7,5mm; b) nu există;
c) nu există; d) 11,25mm.

5.1.13. Distanța dintre fantele unui dispozitiv Young este **2l=1,5mm** iar ecranul se află la **D=3m** de planul fantelor. Sursa de lumină emite radiații cu lungimile de undă **λ_1=400nm** şi **λ_2=600nm**. Să se determine:

a) distanța dintre două maxime consecutive pentru cele două culori;

b) la ce distanță de axa de simetrie se observă aceeaşi culoare pe care o emite sursa?

R: a) i_1=0,8mm, i_2=1,2mm; x=2,4mm.

5.1.14. O sursa S care emite o radiație cu **λ=500nm** se plasează la distanța **d=50cm** de planul fantelor unui dispozitiv Young, pe axa de simetrie. Dacă ecranul se plasează la **D=2m** de planul fantelor se obține o figură de interferență cu interfranja **i=1mm**. Aflați :

a) distanța dintre fante;

b) poziția maximului central dacă sursa se deplasează în sus cu **y=1cm**, paralel cu planul fantelor.

R: a) 1mm; b) 4cm.

5.1.15. Sursa S din dispozitivul Young se deplasează transversal în sus cu o viteză **v**. După **Δt=0,5s** pe ecran se observă că maximul central a ajuns în locul celei de-a cincea franje întunecoase. Ştiind distanța **d** dintre S şi planul fantelor egală cu jumătate din distanța **D** dintre ecran şi acest plan, aflați viteza sursei. Distanța dintre două maxime consecutive este **1mm**.

R: **4,**5mm/s.

5.1.16. Dacă în fața unei fante a dispozitivului Young se aşează o lamelă cu **n=1,55**, în punctul central se formează franja luminoasă de ordinul **7**. Radiația folosită are **λ=550nm**. Aflați:

a) grosimea lamelei;

b) interfranja, dacă distanța dintre al doilea minim şi maximul de ordinul **4** este **Δx=2,5mm**.

R: a) 7μm; b) 1mm; c) 2l=1,1mm.

5.1.17. Un dispozitiv Young plasat în aer are **2l=0,8mm** şi **D=2m**. Lungimea de undă a radiației folosite este **λ=570nm**. Aflați:

a) interfranja;

b) cu câte interfranje se deplasează franja centrală dacă una dintre fante se acoperă cu o lamelă cu grosimea **e=0,1mm** şi **n=1,57**? În ce sens?

R: 1,425mm; b) Δx=14,25cm,
înspre fanta acoperită.

1.2 Dispozitive interferențiale.
Lama cu fețe plan paralele.

5.2.1. Pe o ramă subțire se realizează o peliculă de săpun. Ce grosime are pelicula dacă iluminată cu radiație de lungime de undă **590nm,** are culoarea neagră (**n=1,38**)?

R: 213,7k nm în cazul reflexiei,
213,7 (2k+1)nm în cazul transmisiei, $k \in N^*$.

5.2.2. O lamă de sticlă cu **n=1,5** este iluminată normal cu lumină albastră (**λ=450nm**). Ce grosime minimă trebuie să aibă lama pentru a se vedea în această culoare prin reflexie?

R: 75nm.

5.2.3. O peliculă subțire de grosime **d=1,5μm** şi cu **n=1,4** este privită în reflexie, fiind iluminată simultan sub incidență normală cu radiație verde $\boldsymbol{\lambda_1}$**=560nm** respectiv roşie cu $\boldsymbol{\lambda_2}$**=700nm**. Cum va apărea pelicula?

R: verde.

5.2.4. O lamelă de sticlă (**n=1,5**) cu grosimea **d=0,5μm** este iluminată normal cu lumină albă (**λ∈[400;750]nm**). Pentru ce culori se obțin maxime de interferență?

R: în reflexie:428nm (violet), 600nm (roşu);
în transmisie: 500nm (albastru),
750nm (roşu închis).

5.2.5. Care este grosimea minimă a unei pelicule de săpun (**n=4/3**) pentru ca să apară neagră când este iluminată cu radiație cu **λ=600nm** în următoarele cazuri (în reflexie, respectiv în transmisie)?

a) la incidență normală;
b) sub un unghi de incidență $\mathbf{i=60^0}$.

R: a) 225nm, 112,5nm; b) 296nm, 148nm.

5.2.6. O peliculă subțire (**d=1μm**; **n=** $\sqrt{2}$)este iluminată cu o radiație **λ** sub incidența **i=30^{0}**. Aflați **λ** pentru a obține la suprafața de incidență maxime de interferență de ordinul **4**.

R: : λ=756nm.

5.2.7. Pe o placă de sticlă (**n=1,5**) se depune un strat transparent cu **n´=2**. Găsiți grosimea stratului pentru a obține la incidență normală :

a) maximum de reflexie pentru **λ=500nm**;
b) minimum de reflexie pentru acelaşi λ.

R: a) 62,5(2k-1) nm; b) 125k nm ($k\in N^*$).

5.2.8. O peliculă subțire de ulei (**n=1,25**) acoperă o placă de sticlă (**n´=1,5**). Lumina albă (**λ∈[400;750]nm**) cade normal pe peliculă. Ce lungimi de undă vor apărea în fascicolul reflectat în cazul în care grosimea peliculei de ulei este: a) **d=0,4μm**; b) **d=1,2μm**?

R: a) λ=500nm; b) λ_1=750nm; λ_2=600; λ_3=500nm; λ_4=428nm.

Pana optică.

5.2.9. O pană optică din sticlă cu **n=1,5** este iluminată cu **λ=600nm**. Aflați unghiul penei dacă pe o lungime **l=1cm** se formează **20** de franje.

R: $4\cdot10^{-4}$rad.

5.2.10. O peliculă de săpun (**n=1,33**) formează o pană cu **α=30”**. Privită printr-un filtru verde (**λ=550nm**) se observă franjele de interferență. Câte franje se pot observa pe o lungime **l=2cm** a penei?

R: 14.

5.2.11. O pană optică este confecționată din sticlă cu indicele de refracție **$n=1,5$**. Dacă se iluminează cu radiația cu lungimea de undă **$\lambda=600nm$**, distanța dintre franjele de interferență este **0,5mm**. Calculați unghiul penei.

R: $4\cdot10^{-4}$rad=82”.

5.2.12. O peliculă de detergent se scurge pe o sticlă roşie (**$\lambda_r=630nm$**) respectiv pe o sticlă albastră (**$\lambda_a=420nm$**). Considerând că în fiecare experiment pana optică formată are aceleaşi caracteristici, aflați raportul interfranjelor.

R: $i_r/i_a=1,5$.

5.2.13. Două lame plan-paralele din sticlă (**$n_s=1,5$**) sunt suprapuse astfel încât între ele se formează o pană de aer. Iluminând acest sistem cu lumină de lungime de undă **$\lambda=450nm$**, pe o distanță de **1,5cm** se observă **12** maxime. Calculați unghiul penei. Cum se modifică interfranja dacă spațiul dintre sticle se umple cu un lichid cu indicele de refracție **$n=1,3$**?

R: $16,5.10^{-5}$rad=34,65”, scade de 1,3ori.

5.2.14. Două lamele de sticlă formează între ele o pană optică introducând un mic corp între capetele acestora. Ce grosime are acest corp dacă se obțin **20** franje de interferență în reflexie folosind radiație **$\lambda=500nm$**?

R: $d=10\lambda=5\cdot10^{-6}$m.

Inelele lui Newton.

5.2.15. O lentilă plan convexă cu raza de curbură **$R=10m$** este aşezată pe o placă plan paralelă cu partea convexă în jos. Pe fața plană a lentilei este incident normal un fascicul de lumină cu lungimea de undă **$\lambda=500nm$**. Determinați raza celui de al cincelea inel întunecat care se observă în reflexie.

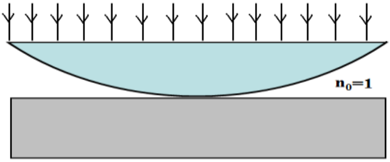

Figura 5.2.15.

R: 5mm.

5.2.16. La fotografii color realizate de amatori se pot observe cercuri mici, concentrice, colorate în culorile curcubeului. Acest fenomen se produce în cazul în care între pelicula fotografică şi sticla din aparatul de mărit rămân pene de aer care duc la apariția interferenței. Ştiind că diametrul celui de al patrulea inel roşu este de **3mm**, calculați raza de curbură a peliculei (**λ=670nm**).

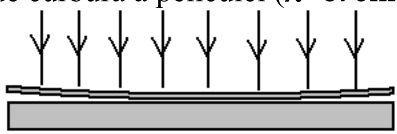

Figura 5.2.16.

R: 3,8m.

Oglinda Lloyd.

5.2.17. O sursă punctiformă S care emite radiație cu lungimea de undă **λ=650nm**, se află la înălțimea **h=0,5mm** de suprafața unei plăci de sticlă orizontale. Un ecran vertical este aşezat la distanța **D=1,5m** de sursă. Calculați înălțimea **x** (măsurată de la suprafața plăcii) a primelor trei maxime.

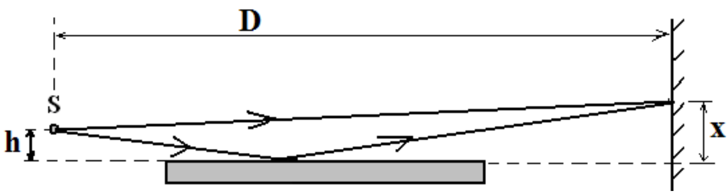

Figura 5.2.17

R: 0,48mm, 1,4mm, 2,4mm.

5.2.18. Într-un experiment de tip Lloyd (vezi Figura 5.2.17) franjele de interferență se formează pe un ecran aflat la distanța **D=1m** de sursă. Pentru o distanță **h** a sursei față de planul oglinzii interfranja este **i=0,5mm**. Dacă se îndepărtează sursa de planul oglinzii cu **Δh=0,5mm** interfranja scade de **n=2** ori. Să se calculeze lungimea de undă a luminii emise de sursa S.

R: 500nm.

5.3 Difracția luminii.

5.3.1. Pe o fantă dreptunghiulară cu deschiderea **a=0,5mm** cade un fascicol paralel de lumină cu **λ=600nm**. Figura de difracție este proiectată pe un ecran în planul focal al unei lentile (***f*=40cm**). Aflați lărgimea maximului central.

R: 0,96mm.

5.3.2. Pe o rețea plană cade perpendicular un fascicol cu **λ=550nm**. Maximul de ordinul **2** se formează sub unghiul **φ=12^{0}**. Aflați constanta rețelei.

R: 190tr/mm.

5.3.3. Pe o rețea cu **625** de trăsături pe milimetru cade normal lumină galbenă (**λ=589nm**). Câte maxime de difracție se pot observa?

R: 5.

5.3.4. În spectrul vizibil al mercurului lungimea de undă a radiației verzi este **λ=516,1nm**. Într-un experiment de difracție, distanța dintre cele două maxime de ordinul întâi este **x=20cm**, pe un ecran aflat la **D=3,5m** de rețea. Calculați constanta rețelei presupunând că lumina este incidentă normal pe aceasta.

R: 54tr/mm.

5.3.5. Două radiații cu **λ_1=625nm** şi **λ_2=500nm** cad normal pe o rețea de difracție. Maximele celor două radiații coincid pentru prima dată în direcția **$\varphi=30^0$**. Determinați constanta rețelei.

R: l=5μm.

5.3.6. Studiind spectrul vizibil al mercurului cu rețea optică (**i=0**), se constată că maximul de ordinul trei al luminii galbene cu lungimea de undă **λ=587nm** se suprapune peste maximul de ordinul patru al luminii albastre. Calculați lungimea de undă a acestei radiații.

R: 440nm.

5.3.7. Pe o rețea cu **750** trăsături pe milimetru cade normal un fascicul monocromatic. Unghiul dintre maximele de ordinul **1** şi **2** este de **30^0**. Aflați lungimea de undă a radiației folosite.

R: 538nm.

5.3.8. O rețea de difracție are **8000** linii şi lățimea de **2cm**. Se iluminează rețeaua sub unghiul de incidența **$i=30^0$** cu o radiație cu **λ=600nm**. Aflați :

a) unghiul sub care se formează maximul central;
b) unghiul sub care se formează maximul de ordin 2;
c) numărul total de maxime.

R: a) 30^o ; b) $78{,}5^o$, $-1{,}14^o$; c) 9.

5.3.9. Să se determine ordinul cel mai mare al spectrului de difracție pe care-l poate da o rețea cu **6000** de trăsături pe centimetru în lumină galbenă (**λ=589nm**) în două situații :

a) lumina cade normal;
b) lumina cade sub **$i=30^0$**.

R: a) 2; b) 4.

5.3.10. Pe o rețea cu **1000** de zgârieturi pe milimetru cade sub un unghi de incidență $\mathbf{i=25^0}$ lumină albastră cu lungimea de undă $\boldsymbol{\lambda}$**=500nm**.

a) Care este unghiul format de direcțiile celor două maxime de ordinul întâi?

b) Câte maxime se pot observa în total?

R: a) $71,7^o$; b) 4.

5.3.11. Pe o rețea cu **5000** de trăsături şi lățimea de **4cm** cade normal lumină albă ($\boldsymbol{\lambda_R}$**=760nm** şi $\boldsymbol{\lambda_V}$**=380nm**). Aflați:

a) unghiul sub care se formează maximul de ordinul **2** pentru violet;

b) ştiind că figura de difracție se obține în planul focal al unei lentile cu **f=50cm**, aflați distanța față de maximul central de la care încep să se suprapună maximele luminoase.

R: a) $5,45^0$; b) 4,75cm.

5.3.12. O rețea de difracție are **2000** trăsături pe centimetru. Lumina cu $\boldsymbol{\lambda}$**=500nm** cade perpendicular pe această rețea, iar figura se observă pe un ecran aflat în planul focal al unei lentile cu ***f*=50cm**. Aflați distanța dintre maximele de ordinul 1 de o parte şi de alta a maximului central de difracției.

R: 10cm.

5.3.13. O lentilă cu convergența **C=1δ** proiectează figura de difracție dată de o rețea, luminată normal cu $\boldsymbol{\lambda}$**=480nm**, pe un ecran aflat în planul focal al lentilei. Distanța dintre maximele de ordinul **2** este **Δx=16cm**. Aflați:

a) constanta rețelei;

b) numărul total de maxime;

R: a) $l=1,2\cdot 10^{-5}$m; b) N=51.

5.3.14. O rețea cu constanta **l=2,5μm** este iluminată sub un unghi de incidență **i** cu **λ=650nm**. Maximul de ordin al doilea se formează sub unghiul **$\varphi = i$**. Aflați:

a) unghiul de incidență;

b) numărul total de maxime.

R: a) $i=15^{o}$; b) N=7.

5.3.15. O rețea cu **2000** de zgârieturi pe o lungime de **1cm** este iluminată normal cu o radiație monocromatică. Folosind o lentilă cu convergența **C=1δ**, maximul de ordinul întâi se află la distanța de **8cm** de axa de simetrie. Să se determine:

a) lungimea de undă a luminii incidente;

b) lățimea maximului de ordinul întâi dacă rețeaua este iluminată normal cu lumină albă (**$\lambda \in$[400;700]nm**).

R: a) 400nm; b) 6cm.

5.3.16. Vaporii de sodiu emit radiații de culoare galbenă având lungimile de undă **λ_1=589nm**, respectiv **λ_2=589,6nm**. Această radiație este studiată cu rețea optică. O lentilă cu convergența **C=2δ** proiectează imaginea pe un ecran pe care se pot distinge două maxime dacă distanța dintre centrele lor este de cel puțin **0,5mm**. Calculați constanta rețelei dacă această condiție se realizează pentru maximul de ordinul doi.

R: 4,8μm.

5.4. Polarizarea luminii.

5.4.1. Lumina venită de la Soare cade pe suprafața unui lac (**$n_{apă}$=4/3**). Care este unghiul format de razele Soarelui cu suprafața apei dacă lumina reflectată este total polarizată?

R: $\alpha=36,87^{0}$.

5.4.2. Un fascicul de lumină naturală cade pe fața unei placi de sticlă de flint (**n=1,65**) care este scufundată într-un lichid (**n'=4/3**). Aflați unghiul Brewster (de polarizare totală).

R: $i_B=51^0$.

5.4.3. Un fascicul de lumină naturală cade pe o placă de sticlă cu **n=1,5** aflată în aer şi suferă polarizare totală. Aflați unghiul de refracție în acest caz.

R: $r=33{,}7^0$.

5.4.4. O lamelă de sticlă flint (**n=1,6**) este scufundată în apă (**n'=4/3**) astfel că face unghiul **α** cu suprafața apei. Aflați unghiul **α** dacă există un unghi de incidență **i** pentru care razele reflectate **(a)** şi **(b)** din figură sunt total polarizate. Ce se întâmplă cu raza reflectată de lamelă ?

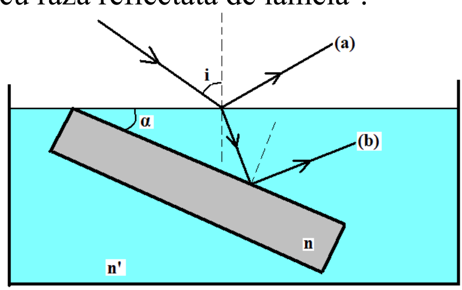

Figura 5.4.4

R: $\alpha=13{,}32^0$. Se reflectă total pe suprafața apei.

5.4.5. Pe o prismă optică cu **n=** $\sqrt{3}$ cade un fascicul de lumină sub unghiul Brewster. Aflați unghiul prismei dacă acesta este egal cu cel de deviație minimă.

R: $A=60^0$.

5.4.6. În cazul unei prisme din sticlă (**n=1,6**) unghiul de incidență este egal cu cel de emergență şi cu unghiul corespunzător polarizării totale a razei reflectate. Aflați :

a) unghiul prismei A;

b) unghiul de deviație minimă.

R: a) $A=64^0$; b) $\delta_{min}=52^0$.

5.4.7. O prismă cu secțiunea triunghi isoscel dreptunghic (**$A=90^0$**) se află scufundată într-un lichid. Fasciculul paralel cu baza prismei se reflectă pe o față a prismei şi este total polarizat. Aflați indicele de refracție al prismei în raport cu al lichidului.

R: $n_l=n_s$.

5.4.8. Într-un lichid se realizează o cavitate sub formă de prismă echilateră. Ce indice de refracție are lichidul dacă lumina paralelă cu baza prismei este total polarizată prin reflexie pe una din fețele acesteia ?

R: $n_l=\sqrt{3}$.

6. TEORIA RELATIVITĂȚII RESTRÂNSE

6.1. Cinematică relativistă.

6.1.1. O tijă cu lungimea proprie **$l_0=0,25m$** se deplasează în direcție longitudinală față de un sistem de referință. Cunoscând că lungimea măsurată față de acest sistem este **$l=20cm$**, determinați viteza tijei.

R: $v=0,6c$.

6.1.2. O riglă A se deplasează cu viteză **$v=0,6c$** paralel cu rigla B fixă. Cele două rigle au aceeaşi lungime proprie **$l_0=1m$**. Calculați din sistemul riglei B intervalul de timp dintre coincidențele extremităților stângi şi drepte ale celor două rigle.

R: $\Delta t=10^{-8}s$.

6.1.3. Două rachete se deplasează pe aceeaşi direcţie, în acelaşi sens şi cu aceeaşi viteză $\mathbf{v=\frac{24}{25}c}$ faţă de un observator. Acesta măsoară intervalul de timp **Δt=10s** între trecerea navelor prin dreptul său. Care este distanţa dintre rachete măsurată:

a) în sistemul de referinţă al observatorului;

b) în sistemul de referinţă al rachetelor.

R: a) $28{,}8\cdot10^8$m; b) $367{,}3\cdot10^8$m.

6.1.4. O particulă cu timpul de viaţă propriu $\boldsymbol{\tau=10^{-8}}$**s** se deplasează cu viteza **v=0,8c** faţă de laborator. Determinaţi:

a) timpul de viaţă al particulei şi distanţa parcursă faţă de laborator;

b) distanţa parcursă de particulă din sistemul ei propriu.

R: a) $\Delta t=1{,}6\cdot10^{-8}$s; d=4m; b) d'=2,4m.

6.1.5. O particulă elementară având viteza **v=0,9c** parcurge distanţa **x=1,5m** faţă de laborator. Calculaţi timpul de viaţă propriu al particulei.

R: $0{,}24\cdot10^{-8}$s.

6.1.6. Un mezon care se deplasează cu viteza **v=0,98c** parcurge faţă de Pământ distanţa **d=20km** de la locul de formare până la cel de dezintegrare. Determinaţi timpul de viaţă al mezonului:

a) faţă de Pământ;

b) faţă de sistemul lui propriu.

R: a) 68μs; b) 13,5μs.

6.1.7. Un astronaut este trimis pe o planetă X aflată la distanţa **d=10 ani lumină** faţă de Pământ. Viteza navei este **v=0,99c**. Presupunând neglijabili timpii de accelerare şi cel de staţionare pe planeta X, determinaţi după cât timp de la plecare se întoarce astronautul pe Pământ:

a) din sistemul de referință al Pământului;

b) din sistemul de referință al astronautului.

R: a) 20,2ani; b) 2,85ani.

6.1.8. Pe peretele lateral al unei rachete aflată în repaus este trasată o dreaptă care face un unghi $\boldsymbol{\alpha=45^0}$ cu axa longitudinală. Ce viteză trebuie să aibă racheta față de un observator pentru ca acest unghi să fie $\boldsymbol{\alpha'=60^0}$?

R: v=0,816c.

6.1.9. O minge aflată în stare de repaus are raza **r=14,5cm**. Ce formă va avea pentru un observator față de care se deplasează cu viteza **v=0,8c**?

R: Un elipsoid de rotație cu axa longitudinală față de direcția mişcării mai mică (r_l=8,7cm).

6.1.10. Două particule având vitezele **0,5c** fiecare, se mişcă una spre cealaltă. Cu ce viteză relativă se apropie o particulă de cealaltă?

R: 0,8c.

6.1.11. Față de un observator, două tije cu lungimea proprie $\boldsymbol{l_0}$**=2m** se deplasează una către cealaltă cu viteza **v=0,8c** orientată longitudinal. Determinați:

a) lungimea tijelor față de observator;

b) viteza unei tije față de cealaltă;

c) lungimea unei tije din sistemul de referință al celeilalte tije.

R: a) l=1,2m; b) v_r=0,9756c; c) l'=0,44m.

6.1.12. În dreptul unei surse de lumină, la distanță mică, trece un corp cu viteză foarte mare **v**. Proiectând umbra corpului pe un ecran, aceasta la un moment dat se deplasează cu o viteză **v'** mai mare decât viteza luminii. Contrazice această observație postulatul lui Einstein?

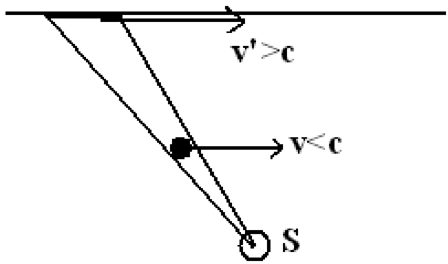

Figura 6.1.12

6.2 Dinamică relativistă.

6.2.1. Care este viteza unei particule a cărei masă este de două ori mai mare decât masa sa de repaus?

R:v=0,86c.

6.2.2. Un proton cu masa de repaus $\mathbf{m_0=1,66\cdot10^{-27}kg}$ se deplasează cu viteza $\mathbf{v=0,8c}$. Calculați energia cinetică a protonului.

R: $E_c=9,96\cdot10^{-11}$J.

6.2.3. Ce lucru mecanic se efectuează la accelerarea unui electron ($\mathbf{m_0=9,1\cdot10^{-31}kg}$) de la viteza $\mathbf{v_1=0,7c}$ la viteza $\mathbf{v_2=0,99c}$?

R: $46,6\cdot10^{-16}$J.

6.2.4. Determinați viteza unei particule a cărei energie cinetică este egală cu **75%** din energia sa de repaus.

R: 0,82c.

6.2.5. Calculați viteza unui ion de hidrogen a cărei energie cinetică este egală cu energia de repaus a atomului de heliu. Se cunoaşte că $\mathbf{m_{0H}=1,66.10^{-27}kg}$ iar $\mathbf{m_{0He}\approx 4\cdot m_{0H}}$.

R: 0,94c.

6.2.6. Într-un accelerator de particule se accelerează protoni şi particule α. Calculaţi valoarea tensiunii de accelerare la care raportul maselor celor două particule va deveni $\mathbf{m_\alpha/m_p=3}$. Se cunoaşte: $\mathbf{m_{0\alpha} \approx 4m_{0p}}$, $\mathbf{q_\alpha=2q_p}$.

R: $U=9{,}33\cdot10^8$V.

6.2.7. Un electron se mişcă într-un câmp magnetic omogen de inducţie **B=2mT**, pe o traiectorie circulară cu raza **R=10cm**. Planul traiectoriei este perpendicular pe liniile de câmp. Calculaţi viteza şi energia cinetică a electronului.

R: $v=3{,}5\cdot10^7$m/s, $E_c=3{,}6\cdot10^{-16}$j

6.2.8. Un proton cu masa de repaus $\mathbf{m_0=1{,}66\cdot10^{-27}kg}$ are energia cinetică $\mathbf{E_c=76GeV}$. Calculaţi energia şi impulsul protonului.

R: W=76,93GeV; $p=41\cdot10^{-18}$Ns.

6.2.9. O particulă are impulsul $\mathbf{p=8\cdot10^{-20}Ns}$ şi energia cinetică $\mathbf{E_c=50MeV}$. Calculaţi masa de repaus a particulei.

R: $3{,}55\cdot10^{-28}$kg.

6.2.10. Un electron ($\mathbf{m_0=9{,}1\cdot10^{-31}kg}$) este accelerat sub o tensiune **U=1,8MV**. Calculaţi viteza şi impulsul lui.

R: v=0,975c; $p=12\cdot10^{-22}$Ns.

6.2.11. Calculaţi impulsul unui electron pentru care energia cinetică este egală cu energia de repaus ($\mathbf{m_0=9{,}1\cdot10^{-31}kg}$).

R: $p=4{,}72\cdot10^{-22}$Ns.

6.2.12. Un mezon $\boldsymbol{\pi}$ aflat în stare de repaus se dezintegrează într-un miuon $\boldsymbol{\mu}$ şi un neutrin $\boldsymbol{\nu}$. Cunoscând energiile de repaus ale celor trei particule elementare ($\mathbf{W_{0\pi}=135MeV}$, $\mathbf{W_{0\mu}=105{,}6MeV}$ şi $\mathbf{W_{0\nu} \approx 0}$) exprimaţi energiile cinetice ale mezonului şi neutrinului.

R: $E_{c\mu}=3{,}2$MeV; $E_{c\nu}=26{,}2$MeV.

6.3.13. O particulă cu masa de repaus $\mathbf{m_0}$ şi energia cinetică $\mathbf{E_c}$ ciocneşte plastic o altă particulă identică aflată în stare de repaus. Exprimați masa de repaus şi viteza particulei rezultate din ciocnire.

R: $M_0=\frac{1}{c}\sqrt{2m_0(E_c+2m_0c^2)}$; $v=c\sqrt{\frac{E_c}{E_c+2m_0c^2}}$.

7. ELEMENTE DE FIZICĂ CUANTICĂ.

7.1. Mărimi caracteristice fotonilor.

7.1.1. Să se determine energia, impulsul şi masa unui foton a cărui lungime de undă corespunde radiației violet din spectrul vizibil (**λ=600nm**).

R: ε=2,07eV; p=$1,1\cdot10^{-27}$Ns; m=$3,68\cdot10^{-36}$kg.

7.1.2. Câți fotoni a căror lungime de undă în vid este **λ=500nm** au energia totală **W=0,02j**?

R: $6,54\cdot10^{16}$fotoni.

7.1.3. Câți fotoni emite în fiecare secundă un indicator laser care emite pe lungimea de undă **λ=650nm** şi are puterea **P=1mW**.

R: $3,27\cdot10^{15}$fotoni/s.

7.1.4. Câți fotoni emite în fiecare secundă un bec care are puterea **P=75W**, dacă se ştie că randamentul de conversie a energiei electrice în energie luminoasă este **η=4%**. Lungimea de undă medie a radiației vizibile este $\boldsymbol{\lambda_{mediu}}$**=550nm**.

R: $8,3\cdot10^{18}$fotoni/s.

7.1.5. Determinați numărul mediu de fotoni care pătrund în ochi în timp de o secundă dacă se priveşte de la distanța **D=100m** un bec cu puterea **P=100W**, ştiind că randamentul de conversie a energiei electrice în energie luminoasă este **η=4%**. Lungimea de undă medie a radiației emise de bec este $\boldsymbol{\lambda_{mediu}}$**=600nm** iar diametrul pupilei ochiului este **d=2mm**.

R: $3\cdot10^{8}$fotoni/s.

7.1.6. O plăcuță metalică cu suprafața **S=1cm²** are o față este perfect reflectătoare iar cealaltă perfect absorbantă. Calculați diferența de presiune exercitată pe cele două fețe dacă acestea sunt iluminate cu aceeaşi radiație având puterea **P=50mW** şi lungimea de undă **λ=600nm**. Ce forță este necesară pentru a menține plăcuța în echilibru?

R: $\Delta p=1,66\cdot10^{-6}N/m^{2}$; $F=1,66\cdot10^{-10}N$.

7.1.7. Calculați variația relativă a lungimii de undă a unui foton care:

a) este emis de la suprafața unei stele cu masa $\mathbf{M_1=2\cdot10^{30}kg}$ şi raza $\mathbf{R_1=7\cdot10^{8}km}$ (Soarele);

b) se apropie de o planetă cu masa $\mathbf{M_2=6\cdot10^{24}kg}$ şi raza $\mathbf{R_2=6400km}$ (Pământul).

R: a) $\delta\lambda=2,1\cdot10^{-7}\%$; b) $\delta\lambda=-6,94\cdot10^{-8}\%$.

7.2. Efectul fotoelectric extern.

7.2.1. Frecvența de prag pentru un metal este $\boldsymbol{\nu_0=6\cdot10^{14}Hz}$. Ştiind că frecvența radiației incidente este $\boldsymbol{\nu=9\cdot10^{14}Hz}$, să se calculeze:

a) viteza maximă a fotoelectronilor extraşi;

b) lucrul mecanic de extracție;

c) tensiunea cu care se poate anula fotocurentul.

R: a) $v_{max}=6,5\cdot10^{5}m/s$; b) L=2,48eV;
c) $U_s=1,242V$.

7.2.2. O radiație luminoasă care cade pe o placă metalică produce efect fotoelectric. Energia unuia dintre fotonii radiației incidente este $\mathbf{3{,}6 \cdot 10^{-19} J}$, iar energia cinetică maximă a unui fotoelectron emis are valoarea $\mathbf{8 \cdot 10^{-20}\ J}$. Determinați:

a) frecvența radiației incidente pe placă;

b) numărul de fotoelectroni pe care ar trebui să-i emită placa în timp de **1s** pentru ca aceştia să genereze un curent electric cu intensitatea de **1mA**;

c) lucrul mecanic de extracție a electronilor din metal;

d) lungimea de undă de prag caracteristică metalului din care este făcută placa.

R: a) $5{,}45 \cdot 10^{14}$Hz; b) $6{,}25 \cdot 10^{15}$ electroni/s;
c) $2{,}8 \cdot 10^{-19}$j; d) 707nm.

7.2.3. Catodul din aluminiu al unui dispozitiv experimental pentru studiul efectului fotoelectric extern este expus unei radiații ultraviolete de frecvență $\mathbf{\nu = 1{,}5 \cdot 10^{15} Hz}$. Frecvența de prag pentru aluminiu are valoarea $\mathbf{\nu_0 = 10^{15} Hz}$.

a) Determinați valoarea lucrului mecanic de extracție.

b) Calculați valoarea energiei unui foton din fasciculul incident.

c) Determinați valoarea tensiunii de stopare.

d) Calculați valoarea vitezei celui mai rapid electron extras.

R: a) $6{,}6 \cdot 10^{-19}$J; b) $9{,}9 \cdot 10^{-19}$J;
c) 2,06V; d) $8{,}5 \cdot 10^{5}$m/s.

7.2.4. Pe suprafața unui metal cad radiații ultraviolete cu lungimea de undă $\mathbf{\lambda = 279 nm}$. Curentul fotoelectric se anulează pentru tensiunea de stopare $\mathbf{U_s = 0{,}66 V}$. Determinați:

a) lucrul mecanic de extracție pentru acest metal;

b) valoarea frecvenței de prag pentru acest metal;

c) viteza maximă a electronilor extraşi;

d) lungimea de undă maximă la care mai apare efect fotoelectric.

R: a) $6{,}04 \cdot 10^{-19}$J; b) $9{,}1 \cdot 10^{14}$Hz;
c) $4{,}8 \cdot 10^{5}$m/s; d) 329,7nm.

7.2.5. Pe suprafața unui metal se trimit succesiv două radiații electromagnetice cu lungimile de undă $\boldsymbol{\lambda_1}$**=350nm** şi respectiv $\boldsymbol{\lambda_2}$**=540nm**. Viteza maximă a fotoelectronilor emişi în al doilea caz este de **k=2** ori mai mică decât în cazul iluminării cu radiația cu lungimea de undă $\boldsymbol{\lambda_1}$. Determinați valoarea frecvenței de prag.

R: $4{,}55 \cdot 10^{14}$Hz.

7.2.6. Pe catodul din cesiu al unui fotomultiplicator se trimite un fascicul de fotoni având lungimea de undă $\boldsymbol{\lambda}$**=600nm**. Numărul de fotoni care cad pe unitatea de suprafață a catodului în unitatea de timp este $\mathbf{N=10^{10}}$ **fotoni/($\mathbf{m^2}$s)**. Lucrul mecanic de extracție a unui electron de la suprafața cesiului este $\mathbf{L_{Cs}}$**=1,89eV**. Determinați:

a) frecvența de prag pentru cesiu;

b) numărul de fotoelectroni emişi în **Δt=10s** de către catod, dacă suprafața iluminată are aria $\mathbf{S=2cm^2}$ şi presupunem că fiecare foton eliberează un electron;

c) energia cinetică maximă a fotoelectronilor emişi;

d) valoarea tensiunii de stopare a fotoelectronilor emişi.

R: a) $4{,}58 \cdot 10^{14}$Hz; b) $2 \cdot 10^{7}$; c) $2{,}76 \cdot 10^{-20}$j; d) 0,17V.

7.2.7. O celulă fotoelectrică este iluminată prima dată cu o radiație verde de lungime de undă $\boldsymbol{\lambda_1}$**=546nm**, pe urmă cu o radiație violetă cu lungimea de undă $\boldsymbol{\lambda_2}$**=405nm**. Dacă tensiunea de stopare pentru radiația verde este $\mathbf{U_1}$**=1V**, ce tensiune este necesară în cazul radiației violete? Calculați raportul vitezelor maxime ale electronilor în cazul celor două radiații.

R: U_2=1,79V; v_2/v_1=1,33.

7.2.8. O radiație cu lungimea de undă **λ=450nm** cade pe un fotocatod cu lungimea de undă prag **λ_0=600nm.** Se cere:

a) viteza maximă a fotoelectronilor;

b) tensiunea de stopare.

c) valoarea intensității curentului de saturație dacă puterea radiației incidente este **P=25mW** iar randamentul fotocelulei este **η=75%**?

R: a) $4{,}9\cdot10^5$m/s; b) 0,69V; c) 6,8mA.

7.2.9. O radiație cu lungimea de undă **λ=250nm** cade perpendicular pe suprafața unui fotocatod. Electronii sunt emişi perpendicular pe suprafața metalului, acesta având lucrul mecanic de extracție **$L=6\cdot10^{-19}$J**. Să se determine:

a) impulsul fotoelectronilor şi al fotonilor;

b) impulsul primit de catod la fiecare electron emis.

c) Ce energie minimă trebuie să aibă radiația incidentă pentru a observa o deplasare a catodului, dacă masa lui este **M=1g** şi se poate observa o mişcare cu viteza minimă de **1mm/s**?

R: a) $p_e=5{,}96\cdot10^{-25}$Ns, $p_f=2{,}65\cdot10^{-27}$Ns;
b) $p_t=p_e+p_f=5{,}98\cdot10^{-25}$Ns; c) W=1,35j.

7.2.10. Între armăturile unui condensator plan se află o mică sferă metalică cu masa **m=1g**. Distanța dintre armăturile orizontale este **d=2cm**, tensiunea aplicată **U=5V**. Cât timp ar trebui iluminată sfera cu o radiație de lungime de undă **λ=540nm**, emisă de un laser de putere **P=1mW**, pentru ca sfera să plutească între armături (se presupune că fiecare foton eliberează un electron)?

R: 92ms.

7.2.11. Între armăturile unui condensator plan se află un fotocatod care are lucrul mecanic de extracție **L=2,5eV**. Distanța dintre armături este **d=4cm** iar tensiunea aplicată **U=2V**. Se cere:

a) lungimea de undă a radiației incidente dacă fotoelectronii emişi paralel cu armăturile sunt deviați cu **y=2cm** pe o distanță de **l=10cm**;

b) după cât timp loveşte un electron emis în planul median armătura pozitivă?

R: a) 142nm; b) $6{,}7\cdot10^{-8}$s.

7.3 Efectul Compton.

7.3.1. Un foton cu energia $\boldsymbol{\varepsilon_0}$**=300keV** este împrăştiat sub un unghi $\boldsymbol{\theta=90^0}$ de un electron liber aflat în stare de repaus. Determinați energia fotonului împrăştiat.

R: 189keV.

7.3.2. Un foton cu energia $\boldsymbol{\varepsilon_0=10^4}$**eV** este împrăştiat sub un unghi $\boldsymbol{\theta=120^0}$ de un electron liber aflat în stare de repaus. Determinați energia cinetică a electronului de recul.

R: 284,5eV.

7.3.3. Să se determine unghiul dintre direcția fotonului împrăştiat şi direcția de mişcare a electronului de recul pentru un foton incident cu lungimea de undă $\boldsymbol{\lambda_0}$**=5pm** ştiind că variația lungimii de undă în urma împrăştierii este $\boldsymbol{\Delta\lambda}$**=1,2pm**.

R: $109^0$30’.

7.3.4. Un foton cu frecvența $\boldsymbol{\upsilon=10^{21}}$**Hz** este împrăştiat Compton sub unghiul $\boldsymbol{\theta=180^0}$ de un electron liber aflat în stare de repaus. Determinați viteza electronului.

R: v=0,9932c.

7.3.5. Determinați lungimea de undă a fotonului incident ştiind că energia fotonului împrăştiat este egală cu energia cinetică a electronului de recul şi că se mişcă pe direcții perpendiculare.

R: 1,213nm.

7.3.6. Un foton se ciocneşte succesiv de doi electroni liberi, aflați în repaus. După fiecare ciocnire fotonul este deviat cu $\mathbf{90^0}$ față de direcția inițială.

a) Calculați lungimea de undă finală a fotonului dacă lungimea de undă inițială este **2,4pm**.

b) Calculați raportul energiilor cinetice a electronilor de recul.

R: a) 7,252pm; b) E_{c1}/E_{c2}=3,02.

7.3.7. Un foton se ciocneşte cu un electron aflat în repaus. Calculați lungimea de undă a fotonului incident şi viteza electronului de recul ştiind că energia fotonului înainte de ciocnire este egală cu jumătate din energia de repaus a electronului şi că fotonul este deviat cu $\mathbf{180^0}$.

R: λ_0=4,852pm; v=0,6c.

7.3.8. Unghiul de împrăştiere al fotonului în efectul Compton este $\boldsymbol{\theta=90^0}$ iar unghiul de deplasare al electronului de recul $\boldsymbol{\varphi=45^0}$. Determinați energia fotonului incident.

R: 375keV.

7.4 Natura ondulatorie a microparticulelor.

7.4.1. Care trebuie să fie raportul vitezelor unui electron şi a unui proton pentru a avea aceeaşi lungime de undă de Broglie? Pentru ce raport al tensiunilor de accelerare se obține acest caz?

R: $v_e/v_p=U_e/U_p$=1838,4.

7.4.2. Un electron având viteza inițială $\mathbf{v_0=10^6 m/s}$, este accelerat sub tensiunea **U=30V**. Calculați variația lungimii de undă asociate.

R: $\Delta\lambda=-5,14\cdot10^{-10}$m.

7.4.3. Ce valoare are tensiunea de accelerare pentru a micşora lungimea de undă asociată unui electron de la **120pm** la **70pm**?

R: 203V.

7.4.4. Între doi electrozi aflați la distanța **d=10cm** se produce o descărcare electrică. Ştiind că tensiunea dintre electrozi este **U=100kV**, determinați:

a) viteza maximă a electronilor;

b) dependența de timp şi de distanța parcursă a lungimii de undă de Broglie a electronilor (se presupune că viteza inițială a electronilor este neglijabilă).

R: a) $1,32\cdot10^{8}$m/s; b) $\lambda=8,28\cdot10^{-21}/t$;

c) $\lambda=1,73\cdot10^{-12}/\sqrt{x}$.

7.4.5. Un proton se mişcă pe traiectorie circulară într-un câmp magnetic uniform. Calculați lungimea de undă asociată dacă raza traiectoriei este **r=5cm** iar inducția magnetică **B=0,025T**.

R: $3,313\cdot10^{-12}$m.

7.4.6. Calculați lungimea de undă asociată electronilor dintr-un nor electronic în care electronii se comportă ca atomii unui gaz ideal la temperatura **T=2000K** ($E_c=(3/2)k_B\cdot T$).

R: $2,41\cdot10^{-9}$m.

7.4.7. Calculați lungimea de undă asociată unui proton a cărui energie cinetică este de 10 ori mai mare decât energia lei de repaus.

R: $1,2\cdot10^{-16}$m.

7.4.8. Constanta rețelei unui cristal de aluminiu este **0,2nm.** Într-o experiență de difracție s-au utilizat electroni accelerați la o tensiune **U=1kV**. Să se determine:

a) unghiul format de direcția razei incidente cu planele cristaline ale cristalului pentru a obține maximul de ordinul doi;

b) unghiul cu care trebuie rotit cristalul pentru a observa maximul de ordinul întâi;

c) unghiul cu care trebuie rotit cristalul în cazul punctului a) dacă este încălzit la $\mathbf{t=500^0C}$ ($\boldsymbol{\alpha=2{,}3\cdot10^{-5}K^{-1}}$).

R: a) $11^0 11'$; b) $5^0 07'$; c) $0^0 08'$.

7.4.9. Într-un experiment de difracție a electronilor maximul de ordinul patru se formează sub unghiul $\boldsymbol{\theta=60^0}$ față de direcția de mişcare a electronilor incidenți. Cunoscând energia cinetică a electronilor $\mathbf{E_c=200eV}$, determinați distanța dintre planele cristaline corespunzătoare reflexiei date şi unghiul pe care aceste plane cristaline îl fac cu suprafața monocristalului.

R: $a=2\cdot10^{-10}$m; $\alpha=30^0$.

8. FIZICĂ ATOMICĂ.

8.1 Spectre atomice.

8.1.1. Calculați lungimile de undă minime din seriile Lyman şi Balmer ale atomului de hidrogen.

R: λ_{Lmin}=91,7nm; λ_{Bmin}=367nm.

8.1.2. Calculați lungimea de undă a celei de a doua linii din seria Paschen.

R: 1281nm.

8.1.3. Calculați lungimile de undă maximă şi minimă a liniilor spectrale ale atomului de hidrogen din regiunea vizibilă a spectrului.

R: λ_{min}=365nm; λ_{max}=656nm.

8.1.4. Exprimați cea mai mică lungime de undă din seria Balmer în funcție de cea mai mică lungime de undă din seria Lyman.

R: $\lambda_{Bmin}= 5{,}4\lambda_{Lmin}$.

8.2 Modele ale atomului de hidrogen.

8.2.1. Particule alfa se ciocnesc cu nuclee de cupru, aflate în repaus. Ştiind că energia cinetică a particulelor este **E_0=5MeV** şi că energia particulelor deviate cu **180°** este mai mică cu **ΔE=1,1Mev,** calculați raportul maselor atomilor de cupru şi heliu.

R: M/m=16,88.

8.2.2. Două particule alfa se îndreaptă una spre cealaltă astfel încât în momentul în care se găsesc la distanța **r=**10^{-9} **m**, viteza lor este **v=10^6m/s** iar vectorul viteză formează unghiul **α=30^0** cu segmentul **r** pentru ambele particule (ca în figură). Determinați distanța minimă la care se apropie cele două particule.

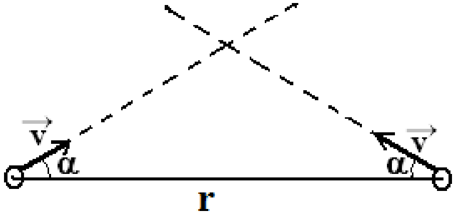

Figura 8.2.2.

R: $r_{min}=1{,}84\cdot10^{-13}$m.

8.2.3. Electronul atomului de hidrogen se mişcă în câmpul coulombian al nucleului pe o orbită circulară cu raza **r=**10^{-10} **m**. Calculaţi energia totală, potenţială şi cinetică a electronului pe o astfel de orbită.

R: E_t=-1,15·10^{-18}J; E_p=-2,3·10^{-18}J; E_c=1,15·10^{-18}J.

8.2.4. Calculaţi razele primelor trei orbite Bohr pentru atomul de hidrogen , şi vitezele electronilor pe aceste orbite. Se cunosc constantele: **h**, $\mathbf{m_0}$, **e** şi $\boldsymbol{\varepsilon_0}$.

R: 0,53·10^{-10}m; 2,12·10^{-10}m; 4,77·10^{-10}m.
2,18·10^{8}m/s; 1,09·10^{8}m/s; 0,73·10^{8}m/s.

8.2.5. Calculaţi perioada de rotaţie a electronului atomului de hidrogen pe prima orbită Bohr. Exprimaţi perioada de rotaţie a electronului pe orbita cu numărul cuantic **n** în funcţie de perioada de rotaţie pe prima orbită.

R: 1,52·10^{-16}s; T_n=T_1·n^3.

8.2.6. Timpul mediu de viaţă a unei stări excitate este $\boldsymbol{\tau}$**=**10^{-8} **s**. Calculaţi numărul de rotaţii efectuate de electron în prima şi a doua stare excitată ($\mathbf{r_1=0,53\cdot 10^{-10}m}$).

R: n_2=8,2·10^6, n_3=2,3·10^6.

8.2.7. Calculaţi energia cinetică a electronului atomului de hidrogen pe primele trei orbite Bohr.

R: 13,6eV; 3,4eV; 1,51eV.

8.2.8. Un atom de hidrogen absoarbe un foton cu lungimea de undă $\boldsymbol{\lambda_1}$**=103,2nm**. Calculaţi lungimea de undă a fotonilor ce se pot emite.

R: 103,2nm, 122,3nm, 656nm.

8.2.9. Într-un balon de sticlă închis se află hidrogen. Cu un procedeu oarecare atomii sunt aduşi în a treia stare excitată. Se cere:

a) lungimea de undă a fotonilor emişi;

b) ce se modifică în timpul excitării şi emisiei: volumul atomilor, volumul gazului, densitatea gazului, presiunea gazului?

R: a) 1887nm; 656nm; 486nm;
122, 3nm; 103,2nm; 97,8nm;
b) volumul atomilor şi presiunea gazului.

8.2.10. Ce lungime de undă trebuie să aibă fotonii care excitând atomii de hidrogen din starea fundamentală, vor emite a doua linie din seria Balmer? Ce alte linii vor emite atomii în acest caz?

R: λ=97,8nm, liniile emise sunt
cele de la problema precedentă.

8.2.11. Ce energie are atomul de hidrogen în starea excitată pentru care revenirea în starea fundamentală se face prin emisia a doi fotoni cu lungimile de undă $\boldsymbol{\lambda_1}$**=651,3nm** şi $\boldsymbol{\lambda_2}$**=121,5nm**.

R: E=-1,05.10^{-19}J=-1,68eV.

8.2.12. Cu ce tensiune trebuie accelerat un fascicul de electroni pentru ca prin ciocnirea electronilor cu atomii de hidrogen, aceştia să emită două linii spectrale în domeniul vizibil?

R: U=12,75V.

8.2.13. Cu ce viteză minimă trebuie să se ciocnească electronii cu atomi de hidrogen aflați în stare de repaus, pentru ca aceştia să emită în domeniul vizibil? Cu ce tensiune de accelerare se realizează acest fenomen? La ce tensiune de accelerare a electronilor se produce ionizarea atomilor?

R: v_{min}=2,06·10^6m/s, U=12,1V, U'=13,6V.

8.2.14. La ce temperatură trebuie încălzit un rezervor ce conține atomi de hidrogen pentru ca prin ciocniri să ajungă în prima stare excitată? *Indicație:* $E_c=(3/2)k_B \cdot T$.

R: $23{,}6 \cdot 10^4$K.

8.2.15. Calculați variația momentului cinetic al electronului unui atom de hidrogen care emite un foton cu lungimea de undă de **656,3nm**.

R: $\Delta L=1{,}05.10^{-34}$kgm^2/s.

8.2.16. Cunoscând timpul mediu de viață al stării excitate, aproximativ $\mathbf{10^{-8}s}$, calculați lățimea minimă a primei linii a seriei Balmer pentru atomul de hidrogen.

R: $\Delta\lambda=2{,}17 \cdot 10^{-14}$m.

8.2.17. Calculați lungimea de undă a fotonului emis la tranziția de pe nivelul cu $\mathbf{n_i=3}$ pe cel cu $\mathbf{n_f=1}$. Presupunând că atomul excitat se află în repaus, calculați lungimea de undă a fotonului emis şi viteza de recul a atomului.

R: $\lambda=102{,}78$nm; $\Delta\lambda=6{,}7 \cdot 10^{-16}$m.

8.2.18. Într-un balon de sticlă se produc vapori de sodiu. Deşi vaporii sunt perfect transparenți, dacă se interpune balonul între o sursă de lumină cu vapori de sodiu şi un ecran, pe acesta se va observa umbra balonului. Cum se explică acest fenomen?

8.2.19. Studiind spectrele de emisie la sisteme atomice, se constată că liniile spectrale se lărgesc pe măsură ce creşte temperatura substanței. Cum se explică acest lucru?

8.2.20. Constanta Rydberg are valoarea $\mathbf{10973730m^{-1}}$ dacă se consideră masa protonului infinit de mare şi este $\mathbf{10967757m^{-1}}$ dacă masa protonului are valoare finită. De unde rezultă această diferență?

8.3 Radiații X

8.3.1. Lungimea de undă minimă a radiației X de frânare este $\mathbf{0{,}2\cdot 10^{-10}m}$. Să se calculeze:

a) tensiunea de accelerare a electronilor;

b) lungimea de undă asociată electronilor;

c) de câte ori trebuie mărită tensiunea de accelerare pentru a reduce lungimea de undă minimă la jumătate?

R: a) $U=6{,}2\cdot 10^4$V; b) $\lambda=4{,}9$pm; c) U'=2U.

8.3.2. Calculați tensiunea minimă de accelerare a electronilor care vor excita linia $\mathbf{K_\alpha}$ a anodului de cupru (**Z=29, σ=1**).

R: $U\approx 9{,}9$kV.

8.3.3. Calculați tensiunea minimă de accelerare a electronilor care vor excita linia $\mathbf{L_\alpha}$ a anodului de argint (**Z=47, σ=1**).

R: $U\approx 5{,}4$kV.

8.3.4. Într-un tub de raze X anodul este confecționat din argint (**Z=47**, **σ=1**). Dacă tensiunea de accelerare este **U=10kV**, diferența dintre lungimea de undă minimă a spectrului continuu şi lungimea de undă a liniei $\mathbf{K_\alpha}$ este **Δλ**. Cu cât trebuie mărită tensiunea de accelerare pentru ca această diferență să scadă de trei ori?

R: ΔU=5,9kV.

8.3.5. Într-un tub de raze X anodul este confecționat din aluminiu (**Z=13**, **σ=1**). Este suficientă pentru apariția liniei $\mathbf{K_\alpha}$ o tensiune de accelerare pentru care lungimea de undă minimă a spectrului continuu este $\mathbf{\lambda_{min}=0{,}4nm}$?

R: $E_{incidentă}=3{,}09$keV>$E_{necesară}=1{,}74$keV.

8.3.6. Identificați atomul pentru care diferența frecvențelor minime ale seriilor K şi L este $\boldsymbol{\Delta\nu=7{,}214\cdot10^{17}}$ **Hz** ($\boldsymbol{\sigma=1}$).

R: Z=20 Calciu.

8.3.7. Să se determine elementul pentru care diferența dintre frecvențele maxime ale seriilor K şi L este $\boldsymbol{\Delta\nu=1{,}492\cdot10^{19}}$ **Hz** ($\boldsymbol{\sigma=1}$).

R: Z=79 Aur.

9. SEMICONDUCTOARE. APLICAȚII.

9.1. Conducția electrică în metale şi în semiconductori.

9.1.1. Să se determine viteza de transport a electronilor într-un fir de argint cu diametrul **d=1mm** prin care trece curentul **I=50mA**. Se cunosc pentru argint: masa molară **M=108kg/kmol**, valența **n=1** şi densitatea $\boldsymbol{\rho=10490kg/m^3}$.

R: $6{,}8\cdot10^{-6}$m/s.

9.1.2. Unui conductor de aluminiu cu lungimea **l=2m** i se aplică tensiunea **U=1V**. Pentru aluminiu se cunosc: conductivitatea electrică $\boldsymbol{\sigma=4\cdot10^7\Omega^{-1}m^{-1}}$, densitatea $\boldsymbol{\rho=2700kg/m^3}$, masa molară **M=27kg/kmol** şi valența **n=3**. Să se calculeze:

a) mobilitatea electronilor;

b) timpul mediu dintre două ciocniri ale electronilor cu ionii rețelei;

c) densitatea curentului electric care străbate conductorul.

R: a) $\mu=1{,}38\cdot10^{-3}m^2/Vs$;
b) t_c==$1{,}57\cdot10^{-14}$s; c) j=20A/mm^2.

9.1.3. Într-un circuit de curent continuu lungimea totală conductorului de cupru care asigură legătura dintre sursă şi consumator este **l=5m**. Cunoscând căderea de tensiune pe conductor **U=2V**, să se calculeze:

a) forța ce acționează asupra electronilor;

b) viteza de transport a electronilor ($\mathbf{\mu=4,8\cdot10^{-3}m^2/Vs}$);

c) timpul în care un electron străbate circuitul.

R: a) $F= 0,64\cdot10^{-19}N$; b) v=1,92mm/s; c) t=2600s.

9.1.4. Într-un cristal de germaniu intrinsec concentrația purtătorilor de sarcină este $\mathbf{n_i=2,5\cdot10^{19}m^{-3}}$, iar mobilitățile lor $\mathbf{\mu_n=0,36m^2/Vs}$, respectiv $\mathbf{\mu_p=0,17m^2/Vs}$. Să se calculeze:

a) rezistivitatea electrică a cristalului;

b) viteza purtătorilor de sarcină şi densitatea de curent dacă intensitatea câmpului electric este **E=200V/m**.

R: a) $\rho=0,47\Omega m$; b) $v_n=72m/s$;
$v_p=34m/s$; $j=424A/m^2$.

9.1.5. Unui cristal de siliciu intrinsec cu lungimea **l=1cm** şi secțiunea $\mathbf{S=1mm^2}$ i se aplică tensiunea **U=4V**. Cunoscând mobilitățile purtătorilor de sarcină $\mathbf{\mu_n=0,13m^2/Vs}$, respectiv $\mathbf{\mu_p=0,05m^2/Vs}$ şi concentrația intrinsecă $\mathbf{n_i=2,5\cdot10^{16}m^{-3}}$ să se calculeze:

a) vitezele de transport ale electronilor şi ale golurilor;

b) rezistivitatea cristalului de Si;

c) intensitatea curentului electric.

R: a) $v_n=52m/s$, $v_p=20m/s$;
b) $\rho=1390\Omega m$; c) $I=8,64\cdot10^{-7}A$.

9.1.6. Un cristal de siliciu este dopat cu atomi donori astfel încât concentrația electronilor creşte de **k=1,02** ori față de concentrația electronilor din semiconductorul intrinsec. Cunoscând concentrația intrinsecă a purtătorilor de sarcină $\mathbf{n_i=2\cdot10^{16}m^{-3}}$, calculați:

a) concentrația golurilor;

b) concentrația atomilor donori.

R: a) $p=1{,}96\cdot10^{16}m^{-3}$; b) $N_d=8\cdot10^{14}m^{-3}$.

9.1.7. Unui cristal de siliciu cu conducție de tip p care are lungimea **$l=1cm$** şi secțiunea **$S=4mm^2$** i se aplică tensiunea **$U=2V$**. Cunoscând concentrația acceptorilor complet ionizați **$Na=4\cdot10^{17}m^{-3}$**, mobilitățile purtătorilor de sarcină **$\mu_n=0{,}13m^2/Vs$**, respectiv **$\mu_p=0{,}05m^2/Vs$** şi concentrația intrinsecă a purtătorilor de sarcină **$n_i=2{,}5\cdot10^{16}m^{-3}$**, calculați:

a) concentrațiile golurilor şi electronilor;

b) raportul dintre conductivitatea de goluri şi cea electronică;

c) densitatea de curent electric prin semiconductor.

R: a) $p=4{,}015\cdot10^{17}m^{-3}$, $n=1{,}55\cdot10^{15}m^{-3}$;
b) $\sigma_p/\sigma_n=99{,}23$; c) $j=0{,}64a/m^2$.

9.1.8. Un cristal de germaniu este dopat cu atomi donori în concentrație de **$N_d=10^{15}cm^{-3}$** şi cu atomi acceptori în concentrație de **$N_a=4\cdot10^{15}cm^{-3}$**. Ştiind că rezistivitatea cristalului intrinsec este **$80\Omega m$**, calculați:

a) concentrația electronilor din semiconductorul intrinsec;

b) densitatea de curent din semiconductorul dopat dacă intensitatea câmpului electric este **$E=2V/cm$**.

Se cunosc: **$\mu_n=3800cm^2/Vs$, $\mu_p=1800cm^2/Vs$**.

R: a) $n=3{,}52\cdot10^{21}m^{-3}$; b) $j=4{,}55\cdot10^5A/m^2$.

9.1.9. Rezistența unui element neliniar depinde de intensitate după legea **$r=r_0+B\cdot I$**, unde **$B=0{,}5\Omega/A$** şi **$r_0=20\Omega$**. Acest element este legat în serie cu un rezistor de rezistență **R** la o sursă cu tensiunea **$U=50V$**. Calculați intensitatea curentului şi căderile de tensiune pe cele două elemente de circuit.

R: $I=1{,}4A$; $U_R=21V$; $U_r=29V$.

9.2. Joncțiunea p-n. Dioda semiconductoare.

9.2.1. Caracteristica curent tensiune a unei diode este descrisă de relația $I = I_s(e^{\frac{eU}{k_B T}} - 1)$. La temperatura **T=300K** o diodă are intensitatea curentului invers de saturație **I_s=0,6nA**. Să se determine intensitățile curenților care trec prin diodă dacă aceasta este polarizată direct şi apoi invers cu tensiunea **U=0,2V**.

R: I_d=0,148A; I_{inv}=-0,599nA.

9.2.2. Printr-o diodă trece intensitatea **I_1=150mA** atunci când este polarizată direct cu tensiunea **U_1=0,3V**. Calculați intensitatea curentului electric care trece prin diodă atunci când este polarizată invers cu tensiunea **U_2=-1V**. Se cunoaşte mărimea **$U_T=k_BT/e$=0,025V**.

R: I_2=-921nA.

9.2.3. Cu cât trebuie mărită tensiunea directă pe o joncțiune p-n pentru ca intensitatea curentului să crească de **e=2,71 ori**? Temperatura cristalului este **T=300K** (pentru polarizarea directă se poate aproxima dependența intensității curentului de tensiune aplicată prin relația $I \approx I_s e^{\frac{eU}{k_B T}}$).

R: ΔU=0,025V.

9.2.4. În unele cazuri caracteristica diodei semiconductoare se poate aproxima cu o dreaptă ce trece prin origine, în alte cazuri această dreaptă intersectează axa tensiunii în punctul **U_0**.

a) Care este semnificația fizică a tensiunii **U_0**?

b) Dacă intensitatea prin diodă este **I=10mA**, ce valoare are căderea de tensiune pe diodă în cele două cazuri?

c) Determinați rezistența dinamică (**R_d=ΔU/ΔI**) a diodei pentru cele două caracteristici.

d) Calculați rezistența statică a diodei în cele două cazuri pentru tensiunea **U=0,6V**.

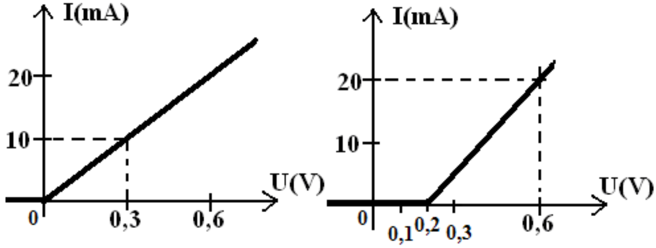

Figura 9.2.4.

R: b) U_{d1}=0,3V, U_{d2}=0,4V;

c) R_{d1}=30Ω, R_{d2}=20Ω; d) R_{s1}=30Ω, R_{s2}=30Ω.

9.2.5. Determinați intensitatea curentului în circuitul din *Figura 9.2.5.* Pentru caracteristica diodei considerați cele două cazuri din *Figura 9.2.4.*

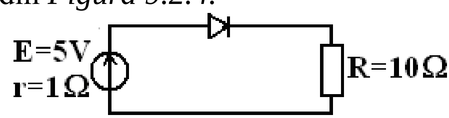

Figura 9.2.5.

R: I_1=0,12A, I_2=0,15A.

9.2.6. În *Figura 9.2.6.* este reprezentat un circuit care conține o diodă ideală şi caracteristica curent-tensiune a acestei diode. Cunoscând **E_1=12V**, **E_2=9V**, **R_1=18kΩ** şi **R_2=12kΩ** calculați căderea de tensiune pe rezistorul R_2.

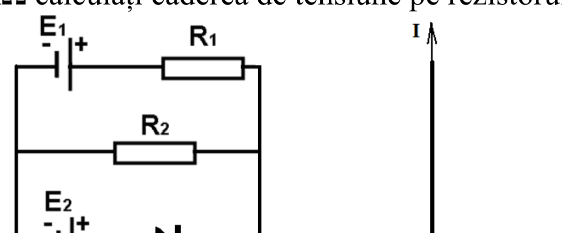

Figura 9.2.6.

R: 4,8V.

9.2.7. În *Figura 9.2.6.* este reprezentat un circuit care conține o diodă ideală şi caracteristica curent-tensiune a acestei diode. Cunoscând **E_1=10V**, **E_2=2V**, **R_1=6kΩ** şi **R_2=4kΩ** calculați căderea de tensiune pe rezistorul R_2.

R: 3,25V.

9.2.8. În *Figura 9.2.8.* este reprezentat un circuit care conține o diodă ideală şi caracteristica curent-tensiune a acestei diode. Cunoscând **E_1=6V**, **E_2=2V**, **R_1=6kΩ** şi **R_2=4kΩ** calculați intensitatea curentului electric care trece prin diodă.

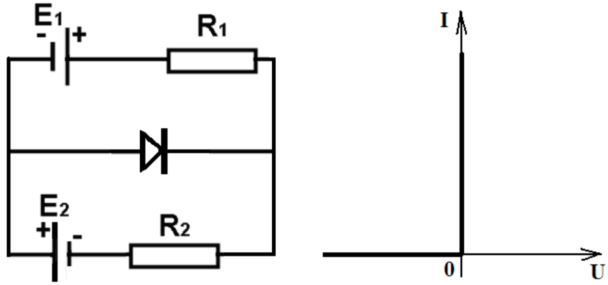

Figura 9.2.8.

R: 0A.

9.2.9. În *Figura 9.2.8.* este reprezentat un circuit care conține o diodă ideală şi caracteristica curent-tensiune a acestei diode. Cunoscând **E_1=3V**, **E_2=2V**, **R_1=4kΩ** şi **R_2=1kΩ** calculați intensitatea curentului electric care trece prin diodă.

R: 1,25mA.

9.2.10. În *Figura 9.2.10.* este reprezentat un circuit care conține o diodă ideală şi caracteristica curent-tensiune a acestei diode. Cunoscând **R_1=4kΩ** şi **R_2=1kΩ** calculați intensitatea curentului electric care trece prin diodă şi prin rezistorul R_2 atunci când tensiunea aplicată este: a) **U=2,5V**; b) **U=4,5V**.

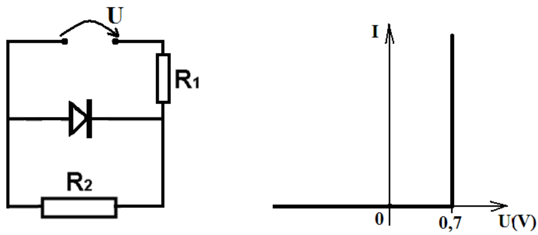

Figura 9.2.10.

R: a) 0A şi 0,5mA; b) 0,25mA şi 0,7mA

9.2.11. În instrumentele universale, care conțin microampermetre, sunt conectate două diode din germaniu de putere mică, în paralel cu microampermetrul. Care este rolul acestor diode? Dacă tensiunea de deschidere a diodei este **0,3V** şi rezistența instrumentului **50Ω**, calculați valoarea maximă a intensității ce poate trece prin microampermetru.

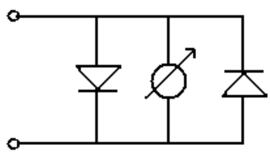

Figura 9.2.11.

R: I_m=6mA.

9.2.12. O diodă semiconductoare care are caracteristica din *Figura 9.2.12.* este legată în serie cu o sursă de curent alternativ şi un rezistor de rezistență **R=20Ω**. Cunoscând tensiunea electromotoare a sursei **e=5sin100πt (V)**, determinați valoarea maximă a intensității curentului.

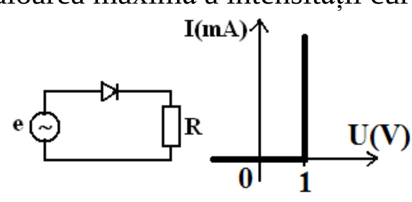

Figura 9.2.12.

R: I_m=0,2A.

9.3 Tranzistorul.

9.3.1. În montajul din figură $\mathbf{E_C=25V}$, $\mathbf{E_E=5V}$, $\mathbf{R_E=1000\Omega}$, $\mathbf{R_C=5000\Omega}$ iar parametrii tranzistorului sunt $\boldsymbol{\beta}\mathbf{=200}$ şi $\mathbf{I_{CB0}=1\mu A}$. Cunoscând tensiunea dintre bază şi emitor $\mathbf{U_{BE}=0{,}5V}$, determinați valorile intensităților curenților şi tensiunea $\mathbf{U_{CB}}$.

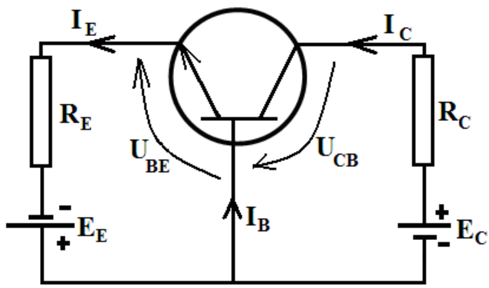

Figura 9.3.1.

R: I_E=4,499mA; I_B=21,38μA; I_C=4,478mA; U_{CB}=2,61V.

9.3.2. Tranzistorul din figură are factorul de amplificare în curent $\boldsymbol{\beta}\mathbf{=400}$ şi curentul rezidual de colector $\mathbf{I_{CB0}=2\mu A}$. Cunoscând $\mathbf{E_B=2V}$, $\mathbf{E_C=14V}$, $\mathbf{R_E=1000\Omega}$, $\mathbf{R_B=50k\Omega}$, $\mathbf{R_C=5000\Omega}$ şi $\mathbf{U_{BE}=1V}$, determinați $\mathbf{I_C}$ şi $\mathbf{U_{CE}}$.

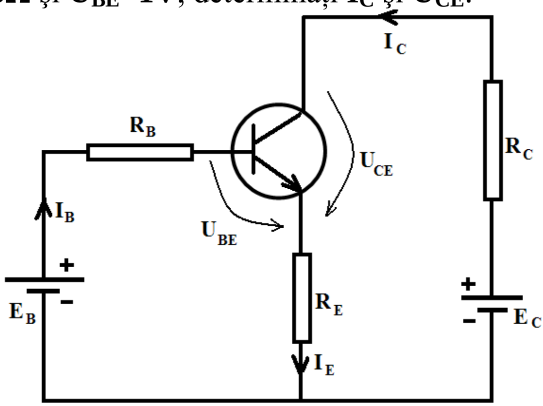

Figura 9.3.2.

R: I_C=0,977mA; U_{CE}=8,13V.

9.3.3. Parametrii punctului static de funcționare pentru un tranzistor **npn** sunt: $\mathbf{I_B=0,1mA}$, $\boldsymbol{\alpha}$**=0,98**, $\mathbf{U_{BE}=0,4V}$ şi $\mathbf{I_{CB0}=0}$. Tensiunea electromotoare a sursei este **E=20V** iar $\mathbf{R_C=2k\Omega}$. Se cere:

a) intensitatea curentului de colector;

b) rezistența $\mathbf{R_B}$**;**

c) puterea cedată de sursă şi puterea primită de tranzistor.

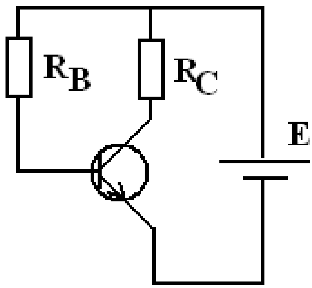

Figura 9.3.3.

R: a) I_C=4,9mA; b) R_B=196kΩ; c) P_t=0,1W, P=0,05W.

9.3.4. Determinați pentru amplificatorul următor parametrii punctului static de funcționare ($\mathbf{I_C}$, $\mathbf{U_{CE}}$). Se cunosc: $\mathbf{R_1=50k\Omega}$, $\mathbf{R_2=5k\Omega}$, $\mathbf{R_E=100\Omega}$, $\mathbf{R_C=2k\Omega}$, **ß=120**, $\mathbf{E_C=9V}$, $\mathbf{U_{BE}=0,6V}$ şi $\mathbf{I_{CB0}=0}$.

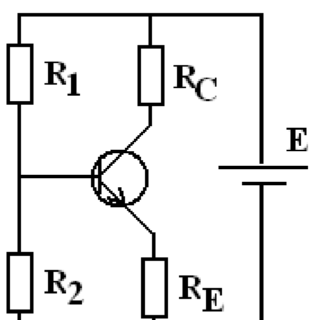

Figura 9.3.4.

R: I_C=2,2mA, U_{CE}=4,38V, I_B=18μA.

9.3.5. În montajul din figura alăturată $\mathbf{E_C=6V}$, $\mathbf{E_E=1,5V}$ iar parametrii tranzistorului $\boldsymbol{\alpha}$**=0,9** şi $\mathbf{I_{CB0}=1\mu A}$. Determinaţi valorile rezistenţelor $\mathbf{R_E}$ şi $\mathbf{R_C}$ astfel încât tranzistorul să lucreze în punctul static de funcţionare $\mathbf{U_{EB}=0,39V}$, $\mathbf{I_C=1mA}$, $\mathbf{U_{CB}=-2,5V}$.

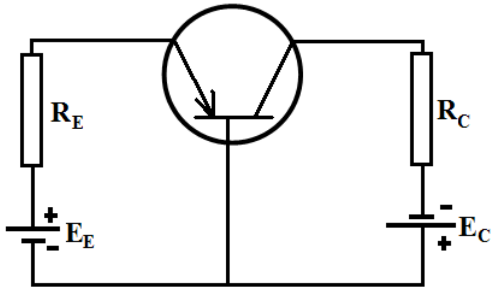

Figura 9.3.5.

R: $R_E=1000\Omega$ şi $R_C=3500\Omega$.

10. FIZICĂ NUCLEARĂ.

10.1 Proprietăţile nucleului atomic.

10.1.1. Calculaţi razele traiectoriilor izotopilor de ${}^{79}_{35}Br$ şi ${}^{81}_{35}Br$ care se mişcă într-un câmp magnetic de inducţie **B=0,01T**. Amândoi izotopi sunt ionizaţi o singură dată şi acceleraţi la aceeaşi tensiune **U=10kV**.

R: 12,8m, 12,96m.

10.1.2. Izotopii ${}^{16}_{8}O$, ${}^{17}_{8}O$ **şi** ${}^{18}_{8}O$ ionizaţi o singură dată se studiază cu ajutorul unui spectrometru de masă. După accelerare ionii trec nedeviaţi printr-o zonă în care există un câmp magnetic uniform de inducţie **B=0,0125T** şi un câmp electric uniform cu intensitatea **E=50V/cm**, perpendiculare între ele şi ambele perpendiculare pe direcţia de propagare a fascicolului (*filtru de viteze*). După traversarea filtrului de viteze ionii pătrund perpendicular pe liniile unui câmp magnetic uniform cu inducția **B'=0,1T**. Să se calculeze:

a) viteza ionilor;

b) distanțele dintre urmele izotopilor pe placa fotografică.

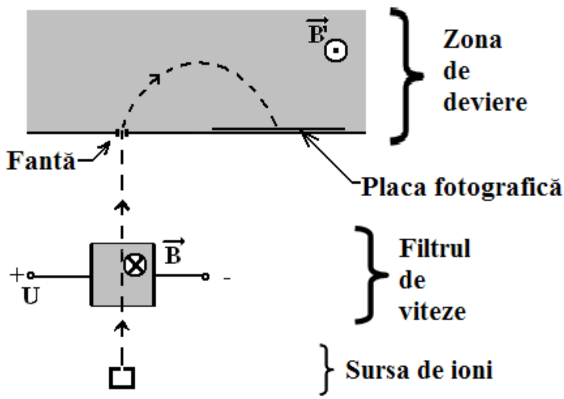

Figura 10.1.2.

R: a) v=400km/s; b) Δx=8,3cm.

10.1.3. Calculați energia de legătură şi energia de legătură pe nucleon pentru: a) ${}_{2}^{3}He$; b) ${}_{2}^{4}He$.

R: a) W_{leg}= 7,71MeV, B=2,57MeV;
b) W_{leg}=28,29MeV, B=7,07MeV.

10.1.4. Calculați energia de legătură şi energia de legătură pe nucleon pentru: a) ${}_{19}^{40}K$; b) ${}_{20}^{40}Ca$.

R: a) W_{leg}=341,52MeV, B=8,53MeV;
b) W_{leg}=342,05MeV, B=8,55MeV.

10.1.5. Calculați energia de legătură şi energia de legătură pe nucleon pentru: a) ${}_{92}^{238}U$; b) ${}_{94}^{238}Pu$.

R: a) W_{leg}=1801,71MeV, B=7,57MeV;
b) W_{leg}=1801,28MeV, B=7,56MeV.

10.1.6. Calculați energia de legătură a particulei alfa în nuclee de: a) ${}^{18}_{8}O$; b) ${}^{16}_{8}O$.

R: a) 6,278MeV; b) 7,162MeV.

10.1.7. Calculați energia de legătură a particulei alfa în nuclee de: a) ${}^{210}_{84}Po$; b) ${}^{238}_{94}Pu$.

R: a) -5,4MeV; b) -5,59MeV.

10.1.8. Calculați energia de legătură a unui neutron în nuclee de: a) ${}^{21}_{10}Ne$; b) ${}^{236}_{92}U$.

R: a) 6,76MeV; b) 6,54MeV.

10.2 Reacții nucleare

10.2.1. Identificați elementul necunoscut din următoarele reacții nucleare:

a) ${}^{210}_{84}Po \rightarrow$ X+${}^{4}_{2}He$;

b) X$\rightarrow {}^{237}_{93}Np + {}^{4}_{2}He$;

c) ${}^{227}_{89}Ac \rightarrow {}^{227}_{90}Th$ +X;

d) ${}^{58}_{26}Fe + 2\,{}^{1}_{0}n \rightarrow$X+2 ${}^{0}_{-1}e$

R: a) Pb; b) Am; c) e; d) Co.

10.2.2. Calculați energia de reacție în reacțiile următoare, iar în cazul reacțiilor endoenergetice determinați energia de prag şi stabiliți dacă acestea sunt suficiente pentru a învinge bariera electrostatică:

a) ${}^{12}_{6}C + {}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{16}_{8}O + \gamma$

b) ${}^{12}_{6}C + {}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{15}_{8}O + {}^{1}_{0}n$

c) ${}^{12}_{6}C + {}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{14}_{7}N + {}^{2}_{1}H$.

Indicație: înălțimea barierei electrostatice este dată de relația $C=\dfrac{Z_1Z_2e^2}{4\pi\varepsilon_0(R_1+R_2)}$*, unde R reprezintă razele nucleare date de relația empirică* $R = R_0A^{1/3}$ *cu* $R_0=1,45\cdot10^{-15}$*m.*

R: a) Q=7,16MeV;
b) Q=-8,5MeV; E_{prag}=11,34MeV; C=3,07MeV da;
c) Q=-13,57MeV; E_{prag}=18,09MeV; da.

10.2.3. Ce energie are fotonul emis din reacția de captură a unui neutron lent de către nucleul $^{59}_{27}Co$ ($^{59}_{27}Co+{}^{1}_{0}n={}^{60}_{27}Co+\gamma$)?

R: 7,5MeV.

10.2.4. Presupunând nucleul inițial în stare de repaus, calculați energia de reacție, energiile cinetice ale produșilor dezintegrării și înălțimea barierei electrostatice pentru procesele:

a) $^{226}_{88}Ra \rightarrow {}^{222}_{86}Rn + {}^{4}_{2}He$;

b) $^{232}_{90}Th \rightarrow {}^{228}_{88}Ra + {}^{4}_{2}He$.

R: a) Q=4,86MeV; $E_{c\,Rn}$=0,09MeV;
$E_{c\,He}$=4,77MeV; C=22,35MeV.
b) Q=4,08MeV; $E_{c\,Ra}$=0,07MeV;
$E_{c\,He}$=4,01MeV; C=22,71MeV.

10.2.5. Calculați vitezele nucleelor rezultate din reacția $^{1}_{0}n+{}^{10}_{5}B\rightarrow{}^{7}_{3}Li+{}^{4}_{2}He$ dacă neutronii sunt lenți iar nucleele de $^{10}_{5}B$ sunt în repaus.

R: $v_{He}=9,25\cdot10^{6}$m/s; $v_{Li}=5,27\cdot10^{6}$m/s.

10.2.6. Calculați energia de reacție, energia de prag și înălțimea barierei electrostatice pentru reacția

${}_{2}^{4}\alpha + {}_{7}^{14}N \rightarrow {}_{8}^{17}O + {}_{1}^{1}p$ (nucleele de ${}_{7}^{14}N$ sunt inițial în repaus). Concluzie.

R: Q=-1,19MeV; E_{prag}=0,92MeV; C=6,95MeV; Energia minimă pentru producerea reacției este C.

10.2.7. Calculați energia de reacție, energia de prag şi înălțimea barierei electrostatice pentru reacția ${}_{42}^{97}Mo + {}_{1}^{2}H \rightarrow {}_{43}^{97}Tc + 2\,{}_{0}^{1}n$ (nucleele de ${}_{42}^{97}Mo$ sunt inițial în repaus). Concluzie.

R: Q=-3,32MeV; E_{prag}=3,26MeV; C=7,12MeV; Energia minimă pentru producerea reacției este C.

10.2.8. Dacă se bombardează nuclee de ${}_{3}^{7}Li$ cu protoni, se obțin nuclee de heliu. Calculați energia de reacție dacă energia de legătură medie pe nucleon în litiu este $\mathbf{B_{Li}=5,6MeV}$, iar în heliu $\mathbf{B_{He}=7,06MeV}$.

R: Q=8,52MeV.

10.2.9. De câte ori scade energia cinetică a neutronilor dacă se foloseşte grafitul ca substanță moderatoare? Presupunem că nucleele de ${}_{6}^{12}C$ se află în repaus înainte de ciocnire.

R: k=1,4.

10.2.10. Pentru reacția ${}_{4}^{9}Be + {}_{2}^{4}\alpha \rightarrow {}_{6}^{12}C + {}_{0}^{1}n$ (nucleele de ${}_{4}^{9}Be$ sunt inițial în repaus):

a) calculați energia de reacție, energia de prag şi înălțimea barierei electrostatice;

b) energia cinetică a neutronilor emişi sub unghiul $\mathbf{\theta=90^0}$ în cazul în care energia cinetică a particulelor proiectil este $\mathbf{E_{c\alpha}=6,3MeV}$.

R: a) Q=-5,7MeV; E_{prag}=3,94MeV; C=2,16MeV; b) 9,12MeV.

10.2.11. Pentru reacția ${}^{24}_{12}Mg + {}^{4}_{2}\alpha \rightarrow {}^{27}_{13}Al + {}^{1}_{1}p$ (nucleele de ${}^{24}_{12}Mg$ sunt inițial în repaus):

a) calculați energia de reacție, energia de prag şi înălțimea barierei electrostatice;

b) energia cinetică a protonilor emişi sub unghiul $\theta = 90^0$ în cazul în care energia cinetică a particulelor proiectil este $E_{c\alpha} = 8{,}4\,\text{MeV}$.

R: a) Q=-1,6MeV; E_{prag}=1,37MeV; C=5,33MeV; b) 8,43MeV.

10.2.12. Calculați energia de reacție pentru următoarele posibilități de fisiune ale ${}^{235}_{92}U$:

a) ${}^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{146}_{57}La + {}^{87}_{35}Br + 3\,{}^{1}_{0}n$;

b) ${}^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{90}_{38}Sr + {}^{144}_{54}Xe + 2\,{}^{1}_{0}n$.

R: a) 167,72MeV; b) 175,67MeV.

10.2.13. Izotopul ${}^{212}_{84}Po$ al poloniului, aflat în stare de repaus, se dezintegrează prin emisia unei particule **α**. Să se calculeze:

a) energia cinetică a particulei **α;**

b) energia cinetică de recul a nucleului de plumb.

R: a) E_{cHe}=8,81MeV; b) E_{cPb}=0,17MeV.

10.3 Radiații nucleare.

10.3.1. Ce izotop se va forma din ${}^{244}_{94}Pu$ după opt dezintegrări **α** şi şapte dezintegrări $\boldsymbol{\beta}^-$?

R: astatin.

10.3.2. Seria radioactivă a toriului începe cu $^{232}_{90}Th$ şi se termină cu nucleul stabil $^{208}_{82}Pb$. Calculaţi numărul dezintegrărilor **α** şi **β⁻** pentru a ajunge de la nucleu iniţial la cel final.

R: 6; 4.

10.3.3. Seria radioactivă a uraniului $^{238}_{92}U$ se termină cu nucleul stabil $^{206}_{82}Pb$. Calculaţi numărul dezintegrărilor **α** şi **β⁻** pentru a ajunge de la nucleu iniţial la cel final.

R: 8; 6.

10.3.4. Calculaţi activitatea unui gram de $^{238}_{92}U$ dacă se cunoaşte timpul de înjumătăţire $\mathbf{T_{1/2}=14,6\cdot10^{16}s}$.

R: $\Lambda=1,21\cdot10^{4}s^{-1}$.

10.3.5. Un preparat radioactiv emite particule alfa şi beta. Dacă radiaţia trece printr-un câmp magnetic se desface în două fascicule. S-a constatat că traiectoriile particulelor alfa formează un fascicul îngust pe când traiectoriile particulelor beta se deschid în formă de evantai. Care este explicaţia fenomenului?

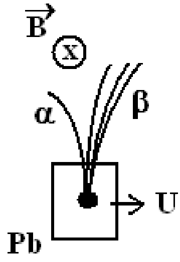

Figura 10.3.5.

10.3.6. Calculaţi constanta de dezintegrare a nucleului $^{55}_{27}Co$ ştiind că activitatea scade cu **4%** în fiecare oră.

R: $\lambda=1,13\cdot10^{-5}s^{-1}$.

10.3.7. Determinați vârsta unei fosile ştiind că activitatea carbonului radioactiv ${}^{14}_{6}C$ este **65%** din cea a unui țesut identic prelevat recent. Timpul de înjumătățire este $\mathbf{T_{1/2}}$ **=5730ani.**

R: 3577ani.

10.3.8. Calculați activitatea unui gram de ${}^{238}_{92}U$ dacă se cunoaşte timpul de înjumătățire $\mathbf{T_{1/2}=14{,}6\cdot10^{16}s}$.

R: $\Lambda=1{,}21\cdot10^{4}s^{-1}$.

10.3.9. Arheologii au descoperit pe *Insula Comorilor* osemintele unui pirat pe lângă o ladă plină cu monede de aur. Efectuând măsurări, au constatat că aceste rămăşite conțin carbon ${}^{14}_{6}C$ ($\mathbf{T_{1/2}=5730ani}$) cu concentrația de **97%** din concentrația carbonului radioactiv a unui țesut osos prelevat recent. Ce vechime au osemintele?

R: 557ani.

10.3.10. După câți timpi de înjumătățire activitatea unei surse radioactive scade de 1000 de ori?

R: 9,965.

10.3.11. Câte nuclee radioactive conține o sursă de ${}^{24}_{11}Na$ care are activitatea $\mathbf{\Lambda=5mCi}$ ($1Ci=3{,}7\cdot10^{10}$dez/s). Se cunoaşte timpul de înjumătățire pentru ${}^{24}_{11}Na$: $\mathbf{T_{1/2}=15h}$. Care va fi activitatea sursei după **t=7zile**.

R: $1{,}44\cdot10^{13}$nuclee; 2,12μCi.

Anexă

Z	*Simbol*	*A*	*Masa atomică*
0	n	1	1,008665
1	H	1	1,007 825 032 07(10)
	D	2	2,014 101 777 8(4)
	T	3	3,016 049 2777(25)
2	He	3	3.016 029 3191(26)
		4	4,002 603 254 15(6)
3	Li	7	7,016 004 55(8)
4	Be	9	9,012 182 2(4)
5	B	10	10,012 937 0(4)
6	C	12	12,000 000 0(0)
		14	14,003 241 989(4)
7	N	14	14,003 074 004 8(6)
8	O	15	15,003072
		16	15,994 914 619 56(16)
		17	16,999133
		18	17,999 161 0(7)
10	Ne	20	19,992 440 1754(19)
		21	20,993 846 68(4)
11	Na	23	22,989 769 2809(29)
12	Mg	24	23,985 041 700(14)
13	Al	27	26,981 538 63(12)
19	K	40	39,963 998 48(21)
20	Ca	40	39,962 590 98(22)
27	Co	59	58,933 195 0(7)
		60	59,933806
35	Br	87	86,92067402
38	Sr	90	89,907729529
42	Mo	97	96,906 0215(21)
43	Tc	97	96,906 365(5)
54	Xe	144	143,9389451
56	Ba	146	145,9258727
82	Pb	206	205,974 4653(13)
		208	207,976 6521(13)

Z	*Simbol*	*A*	*Masa atomică*
84	Po	210	209,982 8737(13)
		212	211,98887
86	Rn	222	222,0175777(25)
88	Ra	223	223,018 5022(27)
		224	224,020 2118(24)
		226	226,025 4098(25)
		228	228,031 0703(26)
90	Th	232	232,038 0553(21)
92	U	233	233,039 6352(29)
		234	234,040 9521(20)
		235	235,043 9299(20)
		236	236,045 5680(20)
		238	238,050 7882(20)
94	Pu	238	238,049 5599(20)
		239	239,052 1634(20)

1 H 1,0079								
3 Li 6.941	4 Be 9,01218							
11 Na 22,9897	12 Mg 24,305							
19 K 39.0983	20 Ca 40.078	21 Sc 44,9559	22 Ti 47.867	23 V 50.9415	24 Cr 51.9961	25 Mn 54,938	26 Fe 55.845	27 Co 58,9332
37 Rb 85.4678	38 Sr 87.62	39 Y 88.90585	40 Zr 91.224	41 Nb 92.90638	42 Mo 95.94	43 Tc (98)	44 Ru 101.07	45 Rh 102,9055
55 Cs 132,9054	56 Ba 137.327	Lanthanide Series	72 Hf 178.49	73 Ta 180.9479	74 W 183.84	75 Re 186.207	76 Os 190.23	77 Ir 192.217
87 Fr (223)	88 Ra (226)	Actinide Series	104 Rf (261)	105 Db (262)	106 Sg (266)	107 Bh (264)	108 Hs (277)	109 Mt (268)

Lanthanides	57 La 138.9055	58 Ce 140.116	59 Pr 140,908	60 Nd 144.24	61 Pm (145)	62 Sm 150.36
Actinides	89 Ac (227)	90 Th 232.0381	91 Pa 231,036	92 U 238,029	93 Np (237)	94 Pu (244)

								2 He 4,0026
			5 B 10.811	6 C 12.0107	7 N 14.0067	8 O 15.9994	9 F 18,9984	10 Ne 20.1797
			13 Al 26,9815	14 Si 28.0855	15 P 30.97361	16 S 32.065	17 Cl 35.453	18 Ar 39.948
28 Ni 58.6934	29 Cu 63.546	30 Zn 65.409	31 Ga 69,723	32 Ge 72.64	33 As 74,9216	34 Se 78.96	35 Br 79,904	36 Kr 83.798
46 Pd 106.42	47 Ag 107.8682	48 Cd 112.411	49 In 114.818	50 Sn 118,71	51 Sb 121,76	52 Te 127,6	53 I 126,9044	54 Xe 131.293
78 Pt 195.078	79 Au 196,9665	80 Hg 200.59	81 Tl 204.3833	82 Pb 207.2	83 Bi 208,9803	84 Po (209)	85 At (210)	86 Rn (222)
110 Ds (281)	111 Rg (272)	112 Cn (285)	113 Uut	114 Uuq (289)	115 Uup	116 Uuh (292)	117 Uus	118 Uuo

63 Eu 151.964	64 Gd 157.25	65 Tb 158,925	66 Dy 162,5	67 Ho 164,93	68 Er 167.259	69 Tm 168,934	70 Yb 173.04	71 Lu 174.967
95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (252)	100 Fm (257)	101 Md (258)	102 No (259)	103 Lr (262)

- Viteza luminii în vid: $c=3\cdot 10^8$m/s.
- Constanta lui Planck: $h=6,625\cdot 10^{-34}$Js.
- Lungimea de undă Compton pentru împrăştierea fotonului pe electron: $\Lambda=\frac{h}{m_0 c}$=2,426pm.
- Permitivitatea electrică a vidului: $\varepsilon_0=8,856\cdot 10^{-12}$F/m,

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}=9\cdot 10^9\ \mathrm{Nm^2/C^2}.$$

- Permeabilitatea magnetică a vidului: $\mu_0=4\pi\cdot 10^{-7}$H/m.
- Numărul lui Avogadro: $N_A= 6,023\cdot 10^{26}$ particule/kmol.
- Constanta lui Boltzmann: $k_B=1,38.10^{-23}$J/K.
- Unitatea atomică de masă: $u=1,67\cdot 10^{-27}$kg.
- Sarcina electrică elementară: $q_0=e=1,6\cdot 10^{-19}$C.
- Numărul lui Rydberg: $R_H=1,09\cdot 10^7\mathrm{m}^{-1}$.
- Sarcina electrică şi masa electronului:
  $q_e=-e=-1,6\cdot 10^{-19}$C $m_e=9,1\cdot 10^{-31}$kg.
- Sarcina electrică şi masa protonului:
  $q_p=e=1,6\cdot 10^{-19}$C $m_p=1,007825$u.
- Sarcina electrică şi masa neutronului:
  $q_n=0$ $m_n=1,008665$u.

- $uc^2=931,5$MeV
- $eV=1,6\cdot 10^{-19}$J
-

SUBMULTIPLI		
deci	d	10^{-1}
centi	c	10^{-2}
mili	m	10^{-3}
micro	μ	10^{-6}
nano	n	10^{-9}
pico	p	10^{-12}

MULTIPLI		
deca	da	10
hecto	h	10^2
kilo	k	10^3
mega	M	10^6
giga	G	10^9
tera	T	10^{12}