

UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI



**Probleme
de FIZICĂ**

CHIȘINĂU
2004

UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI
Facultatea de Radioelectronică și Telecomunicații
Catedra Fizică

Probleme
de
FIZICĂ

CHIȘINĂU
UTM
2004

Culegerea de probleme este destinată studenților anului întâi de la toate facultățile Universității Tehnice. Ea poate fi utilizată atât în cadrul lecțiilor de seminar și a lucrului individual a studenților de la secția zi, cât și în calitate de lucrări individuale pentru studenții de la secția fără frecvență.

Problemele au fost selectate în conformitate cu programa la fizică pentru învățământul superior tehnic din diferite surse indicate în bibliografie. Pentru comoditate, la sfârșitul culegerii sînt prezentate tabelele mărimilor fizice de bază, precum și unele formule matematice frecvent utilizate.

Alcătuitori: conf. univ., dr. Alexandru Rusu,
conf. univ., dr. Spiridon Rusu.

Redactor responsabil: prof. univ., dr. Mihai Marinciuc.

Recenzent: conf. univ., dr. Profirie Bardețchi

1. Mecanică

1. Mișcarea unui punct material este dată de ecuația: $\vec{r}(t) = 0,5(\vec{i} \cos 5t + \vec{j} \sin 5t)$. Determinați: **a)** traiectoria punctului $y(x)$; **b)** valorile vitezei liniare și a accelerației normale.

2. Mișcarea unui punct material este dată de ecuația: $\vec{r}(t) = (A + Bt^2)\vec{i} + Ct\vec{j}$, unde $A = 10$ m, $B = -0,5$ m/s² și $C = 10$ m/s. Determinați: **a)** traiectoria punctului $y(x)$, **b)** expresiile vitezei $v(t)$ și accelerației $a(t)$ ale punctului material; **c)** valorile vitezei, accelerației totale, tangențiale și normale.

3. Lângă un tren, pe dreapta ce trece prin amortizoarele din față a locomotivei, se află un om. La momentul când trenul începe mișcarea cu accelerația $a = 0,1$ m/s², omul începe să meargă cu viteza de 1,5 m/s în același sens cu trenul. Să se determine: **a)** timpul, în care trenul ajunge omul; **b)** viteza trenului la acest moment; **c)** drumul parcurs de om.

4. Mișcarea unui punct material este dată de ecuația: $x = At + Bt^2$, unde $A = 4$ m/s, $B = -0,05$ m/s². Să se afle: **a)** peste cât timp se va opri punctul; **b)** valorile coordonatei x și accelerației a la acest moment. Să se construiască graficele funcțiilor $v(t)$ și $a(t)$.

5. Mișcarea unui punct material este dată de ecuația: $x = At + Bt^3$, unde $A = 3$ m/s, $B = 0,06$ m/s³. Determinați: **a)** valorile vitezei și accelerației punctului material la momentele de timp $t_1 = 0$ și $t_2 = 3$ s; **b)** valorile medii ale vitezei $\langle v \rangle$ și ale accelerației $\langle a \rangle$ în primele trei secunde ale mișcării.

6. Mișcarea unui punct material este descrisă de ecuația: $s = 2t^3 - 10t^2 + 8$, (m). Determinați viteza și accelerația punctului material la momentul de timp $t = 4$ s. Construiți graficele dependențelor $v(t)$ și $a(t)$.

7. Două puncte materiale se mișcă conform ecuațiilor: $x_1 = A_1t + B_1t^2 + C_1t^3$, $x_2 = A_2t + B_2t^2 + C_2t^3$, unde $A_1 = 4$ m/s, $B_1 = 8$ m/s², $C_1 = -16$ m/s³, $A_2 = 2$ m/s, $B_2 = -4$ m/s², $C_2 = 1$ m/s³. Să se afle: **a)** momentul de timp, la care accelerațiile punctelor materiale vor fi egale; **b)** valorile vitezelor punctelor materiale la acest moment.

8. Două puncte materiale se mișcă rectiliniu conform ecuațiilor: $x_1 = A_1 + B_1t + C_1t^2$, $x_2 = A_2 + B_2t + C_2t^2$, unde $A_1 = 10$ m, $B_1 = 1$ m/s, $C_1 = 2$ m/s², $A_2 = 3$ m, $B_2 = 2$ m/s, $C_2 = 0,2$ m/s². Determinați momentul de timp, la care vitezele punctelor vor fi egale și valorile accelerațiilor acestor puncte la momentul de timp $t = 2$ s.

9. Un punct material se mișcă pe o circumferință de rază $R = 2$ m, conform ecuației $s = At^3$, unde $A = 2$ m/s². Să se afle momentul de timp, la care accelerațiile normală și tangențială sunt egale și accelerația totală la acest moment de timp.

10. Mișcarea unui punct material pe o circumferință de rază $R = 4$ m este descrisă de ecuația: $s = A + Bt + Ct^2$, unde $A = 10$ m, $B = -2$ m/s, $C_1 = 1$ m/s². Determinați valorile accelerațiilor normală, tangențială și totală ale punctului material la momentul $t = 2$ s.

11. Un punct material se mișcă pe o circumferință de rază $R = 4$ m. Viteza inițială a punctului material este $v_0 = 3$ m/s, iar accelerația sa tangențială $a_t = 1$ m/s². Să se afle la momentul de

timp $t = 2$ s: **a)** drumul parcurs de punctul material; **b)** valoarea deplasării $|\Delta\vec{r}|$; **c)** valoarea vitezei medii $|\langle\vec{v}\rangle|$ a drumului parcurs.

12. Determinați valorile vitezei $|v|$ și a accelerației $|a|$ a unui punct material în primele 2 s ale mișcării, dacă el descrie o circumferință de rază $R = 1$ m, conform ecuației $s = At + Bt^3$, unde $A = 8$ m/s, $B = -1$ m/s³.

13. O piatră aruncată orizontal de la înălțimea de 6 m a căzut pe pământ la distanța de 10 m (pe orizontală) de la punctul de aruncare. Să se afle: **a)** viteza inițială a pietrei; **b)** ecuația traiectoriei și unghiul de cădere; **c)** accelerațiile normală și tangențială ale pietrei după 0,2 s de la începutul mișcării; **d)** raza de curbură a traiectoriei la acest moment.

14. De pe un turn cu înălțimea de 25 m a fost aruncat un corp cu viteza de 15 m/s sub un unghi de 30° față de orizontală. Determinați: **a)** timpul de zbor al corpului; **b)** distanța de zbor a corpului în direcția orizontală, **c)** viteza corpului la momentul aterizării.

15. Un corp este aruncat cu viteza de 20 m/s sub un unghi de 30° față de orizont. Calculați viteza și accelerațiile normală și tangențială ale corpului după 1,5 s de la începutul mișcării. La ce distanță pe orizontală se va deplasa corpul în acest timp și la ce înălțime se va afla el?

16. Un corp a fost aruncat cu viteza de 10 m/s sub un unghi de 45° față de orizont. Determinați accelerațiile normală și tangențială ale acestui corp după 1 s de la începutul mișcării și raza de curbură a traiectoriei la acest moment.

17. O placă cu masa de 5 kg poate aluneca liber pe o suprafață orizontală netedă. Pe această placă se află un corp cu masa de 1 kg. Coeficientul de frecare dintre placă și corp

este $\mu = 0,3$. Să se afle valoarea minimă a forței aplicate asupra plăcii, la care începe alunecarea corpului.

18. Pe o suprafață orizontală se află o placă cu masa de 2 kg. Coeficientul de frecare dintre placă și suprafață $\mu_1 = 0,2$. Pe placă se află un corp cu masa de 8 kg. Coeficientul de frecare dintre placă și corp $\mu_2 = 0,3$. Asupra corpului este aplicată forța orizontală \vec{F} . Determinați: **a)** valoarea acestei forțe, pentru care începe alunecarea plăcii; **b)** valoarea forței, pentru care începe alunecarea corpului în raport cu placa.

19. Un corp alunecă cu viteză constantă în jos pe un plan cu unghiul de înclinare α față de orizont. Cu ce accelerație va aluneca corpul în jos, dacă planul va avea înclinația ϑ față de orizont ($\vartheta > \alpha$)?

20. Un corp alunecă cu viteză constantă în jos pe un plan cu unghiul de înclinare α față de orizont. Determinați drumul parcurs de corpul lansat cu viteza inițială v_0 în sus pe planul înclinat până la oprire.

21. De ce forță orizontală \vec{F} este nevoie pentru a împinge un corp de masă m în sus pe suprafața unui plan de înclinație α cu accelerația a dacă coeficientul de frecare dintre corp și plan este μ ?

22. Un corp de masă m_1 ce se află pe o suprafață orizontală netedă este unit printr-un fir trecut peste un scripete cu un corp suspendat de masă m_2 . Care este accelerația sistemului și forța de tensiune în fir? Cum se vor schimba aceste rezultate dacă coeficientul de frecare dintre corpul de masă m_1 și suprafață este μ ?

23. Un corp de masă M care se află pe un plan înclinat neted, cu unghiul de înclinație α față de orizont, este unit printr-un fir trecut peste un scripete cu alt corp suspendat de masă m . Care este accelerația corpurilor și forța de tensiune din fir?

24. Un corp de masă $m = 20$ kg este târât pe o suprafață orizontală cu o forță $F = 120$ N. Dacă această forță este aplicată corpului sub unghiul $\alpha_1 = 60^\circ$ (față de orizont), atunci corpul se mișcă uniform. Cu ce accelerație se va mișca corpul, dacă aceeași forță este aplicată sub unghiul $\alpha_2 = 30^\circ$?

25. Pe o masă orizontală sunt legate unul de altul printr-un fir două corpuri de mase $m_1 = 5$ kg și $m_2 = 3$ kg. De corpul m_1 este legat un corp de masă $M = 2$ kg cu un fir trecut peste un scripete ideal, fixat la marginea mesei, astfel încât corpul de masă M este suspendat. Coeficientul de frecare la alunecare este $\mu = 0,2$. Să se afle accelerația sistemului și forțele de tensiune din fire. Ce forță de apăsare se exercită asupra scripetelui?

26. Un corp alunecă pe un plan înclinat de unghi $\alpha = 45^\circ$ fără viteză inițială. După ce parcurge o distanță $d = 0,36$ m, corpul capătă viteza de 2 m/s. Care este coeficientul de frecare?

27. Pentru ce valoare a coeficientului de frecare, un om poate să urce uniform accelerat (fără viteză inițială) pe un plan înclinat de înălțime $h = 10$ m și înclinație față de orizont $\alpha = 0,1$ rad în 10 s? Ce viteză minimă va avea omul care coboară uniform accelerat același plan înclinat, coeficientul de frecare fiind $\mu = 0,05$?

28. O platformă de masă $M = 140$ kg, alunecă liber în jos pe un plan de înclinație $\alpha = 6^\circ$ față de orizont, coeficientul de frecare fiind $\mu = 0,2$. Pe platformă stă un om de masă $m = 70$ kg. Cum trebuie să meargă omul pe platformă pentru ca ea să alunece uniform?

29. Pe un plan înclinat de unghi $\alpha = 30^\circ$ este așezat un corp de masă $M = 3$ kg. Coeficientul de frecare la alunecare este $\mu = 0,2$. De corp este legat un fir întins paralel cu planul, trecut peste un scripete ideal din vârful planului și legat de alt corp

suspendat, de masă $m = 4$ kg. Care este accelerația sistemului și tensiunea din fir? Ce forță de apăsare se exercită asupra scripetelui?

30. Un patinor are viteza de 36 km/h, coeficientul de frecare la alunecare fiind $\mu = 0,1$. Cu ce unghi maxim se poate înclina patinorul fără a cădea? Care este raza minimă de viraj?

31. Care este densitatea unui asteroid, pe care ziua și noaptea au durată $T = 2$ h, iar la ecuator corpurile nu au greutate?

32. La ecuatorul unei planete corpurile cântăresc de 3 ori mai puțin decât la poli. Densitatea medie a planetei este $\rho = 3,14$ g/cm³. Determinați perioada proprie de rotație a planetei?

33. Două bărci identice cu masele de 200 kg fiecare (împreună cu un om și greutatea din barcă), se mișcă paralel în sensuri opuse cu viteze de 1 m/s. Când bărcile se întâlnesc, din prima barcă în a doua și din a doua în prima se transmit greutăți egale cu masele de 20 kg. Să se afle vitezele bărcilor după transferul greutăților.

34. O barcă cu masa de 150 kg și lungimea de 2 m se află în apă stătătoare. În una din extremitățile bărcii se află un om cu masa de 80 kg. Cu ce viteză minimă și sub ce unghi față de orizont trebuie să sară omul pentru a ateriza în extremitatea opusă?

35. O bară de lungime l alunecă fără frecare pe o suprafață orizontală cu viteza v . Bara trece pe o altă suprafață, care este o continuare a primei. Coeficientul de frecare la alunecarea pe suprafața a doua este μ . Ce distanță s va parcurge bara pe suprafața a doua dacă se știe: **a)** $s > l$; **b)** $s < l$?

36. O greutate pusă pe extremitatea superioară a unui arc vertical, îl comprimă cu $x_0 = 1$ mm. Cu cât se va comprima acest arc de aceeași greutate, lansată vertical în jos de la înălțimea $h = 0,262$ m cu viteza inițială $v_0 = 1$ m/s?

37. Din vârful (punctul superior) unei emisfere alunecă fără frecare un corp mic. De la ce înălțime corpul se va separa de la emisferă? Raza emisferei este $R = 0,3 \text{ m}$.

38. O navă cosmică zboară la o înălțime h de la suprafața Pământului și în urma acțiunii de scurtă durată a instalației de frânare, se oprește. Cu ce viteză va cădea ea pe Pământ? Rezistența aerului se neglijează.

39. După ciocnirea absolut elastică a unui neutron cu un nucleu de carbon, neutronul zboară în direcție perpendiculară direcției inițiale. Considerând că masa nucleului de carbon M este de 12 ori mai mare decât masa m a neutronului, să se afle de câte ori se va micșora energia neutronului în rezultatul ciocnirii.

40. Un ciocan de masă $m = 5 \text{ kg}$, mișcându-se cu viteza $v = 4 \text{ m/s}$, lovește un detaliu de fier ce se află pe o nicovală. Masa nicovalei împreună cu detaliul este $M = 95 \text{ kg}$. Considerând lovitura absolut neelastică, să se afle energia consumată la forjarea detaliului. Care este randamentul procesului de forjare în aceste condiții?

41. Un punct material de masă $m = 2 \text{ kg}$ se mișcă sub acțiunea unei forțe conform ecuației: $x = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$, unde $A = 10 \text{ m}$, $B = -2 \text{ m/s}$, $C = 1 \text{ m/s}^2$, $D = -0,2 \text{ m/s}^3$. Determinați puterea consumată pentru mișcarea punctului material la momentele de timp $t_1 = 2 \text{ s}$ și $t_2 = 5 \text{ s}$.

42. Două corpuri se mișcă pe o suprafață orizontală de-a lungul unei drepte. Unul de masă $m_1 = 2 \text{ kg}$ se mișcă cu viteza $v_1 = 5 \text{ m/s}$ și îl ajunge din urmă pe al doilea de masă $m_2 = 6 \text{ kg}$, ce se mișcă cu viteza $v_2 = 3 \text{ m/s}$. Care sunt vitezele corpurilor după ciocnirea lor **a)** elastică și **b)** neelastică? Determinați energia cinetică a primului corp după ciocnire. Rezistența aerului și frecarea se neglijează.

43. O sferă de masă $m_1 = 2$ kg se ciocnește cu alta imobilă de masă $m_2 = 8$ kg. Impulsul sferei mobile este $p_1 = 10$ kg·m/s. Ciocnirea sferelor este centrală și elastică. Să se afle imediat după ciocnire: **a)** impulsurile sferelor; **b)** variația impulsului Δp_1 a primei sfere; **c)** energiile cinetice ale sferelor; **d)** variația energiei cinetice a primei bile; **e)** partea energiei cinetice transmisă de către prima bilă celei de-a doua.

44. O bilă, ce se mișca orizontal, s-a ciocnit cu altă bilă imobilă, transmițându-i 64 % din energia sa cinetică. Bilele sunt absolut elastice, iar ciocnirea este directă și centrală. De câte ori masa bilei a doua este mai mare decât masa primei bile?

45. O bilă, mișcându-se cu viteza $v_1 = 2$ m/s, se ciocnește cu alta imobilă de aceeași masă. Ca rezultat prima bilă și-a schimbat direcția mișcării cu unghiul $\alpha = 30^\circ$. Considerând ciocnirea elastică, determinați: **a)** vitezele bilelor după ciocnire; **b)** unghiul β dintre vectorul vitezei bilei a doua și direcția inițială a mișcării primei bile.

46. Un fir, de care este suspendată o greutate, a fost deviat de la verticală cu unghiul α și lăsat liber. Cu ce unghi β va devia firul cu greutatea, dacă mișcarea lui va fi oprită de un cui, situat pe verticala coborâtă din punctul de suspensie, la mijlocul firului?

47. Să se arate că pentru ca o bilă de masă m să realizeze o mișcare circulară în plan vertical, trebuie ca firul să reziste la o tensiune de rupere egală cu $6mg$.

48. Un glonte de masă $m_0 = 20$ g lovește o bilă de lemn de masă $m = 4$ kg și rămâne în ea. Bila de lemn este suspendată la capătul unui fir de lungime $l = 40,4$ cm (pendul balistic) și în urma loviturii este deviată cu $\alpha = 60^\circ$. Ce viteză a avut glonțul?

49. Pe un disc omogen de masă M și rază R , fixat pe un ax orizontal, este înfășurat un fir. De extremitatea liberă a firului

este suspendat un corp de masă m . Determinați accelerația a , cu care coboară corpul, forța de întindere T a firului și forța de presiune N a discului asupra axului.

50. Peste un scripete sub forma unui disc omogen de masă $m = 80$ g este trecut un fir subțire și flexibil, la extremitățile căruia sunt suspendate două greutateți de mase $m_1 = 100$ g și $m_2 = 200$ g. Cu ce accelerație se mișcă greutatețile și care sunt forțele de tensiune în fir? Forțele de frecare în interiorul scripetelui se neglijează.

51. O bară omogenă subțire de lungime l și masă m se poate roti liber în jurul unei axe orizontale ce trece printr-o extremitate a barei, perpendicular pe ea. Bara a fost așezată în poziție orizontală și lăsată liber. Să se afle accelerația unghiulară și viteza unghiulară a barei la momentul inițial de timp, precum și la trecerea prin poziția de echilibru. Determinați pentru aceste poziții modulul și direcția forței de reacțiune normală din partea axei asupra barei.

52. O platformă circulară de rază $R = 1$ m ce posedă un moment de inerție $I = 130$ kg · m² se rotește după inerție în jurul unei axe verticale cu frecvența $\nu_1 = 1$ rot/s. La marginea platformei stă un om cu masa $m = 70$ kg. Câte rotații pe secundă ν_2 va efectua platforma dacă omul va trece în centrul ei? Ce lucru mecanic va efectua el la această trecere? Momentul de inerție a omului se va calcula ca pentru un punct material.

53. Un volant sub forma unui disc de rază R și masă M se poate roti în jurul unei axe orizontale. De suprafața sa cilindrică este fixată o coardă, la extremitatea inferioară a căreia este suspendată o greutate de masă m . Prin înfășurarea corzii pe volant, greutatea a fost ridicată la înălțimea h și lăsată să cadă. Căzând liber, ea întinde coarda și, în acest fel, pune volantul în mișcare de rotație. Ce viteză unghiulară inițială ω a căpătat volantul?

54. Pe o suprafață orizontală netedă se află o bară omogenă de lungime $l = 1$ m și masă m_1 . Pe suprafață, perpendicular barei, se mișcă o bilă de masă $m = m_1/3$ cu viteza de 20 m/s. Cum și cu ce viteză se va mișca bara după ciocnire, dacă bila, lovindu-se, se oprește? Se vor considera 2 cazuri: **a)** bila ciocnește bara la mijloc; **b)** punctul de ciocnire se află la distanța $l/4$ de mijlocul barei. Să se afle ce parte de energie s-a consumat pentru lucrul împotriva forțelor de deformare neelastică.

55. Două corpuri de mase $m_1 = 0,25$ kg și $m_2 = 0,15$ kg sunt legate cu un fir trecut peste un scripete, fixat la marginea unei mese. Corpul m_1 alunecă pe masă, iar m_2 este suspendat. Cu ce accelerație a se mișcă corpurile și care sunt forțele de tensiune T_1 și T_2 de ambele părți ale scripetelui? Coeficientul de frecare dintre masă și corpul m_1 este $\mu = 0,2$. Masa scripetelui $m = 0,1$ kg este distribuită uniform pe obada lui. Masa firului și frecarea din interiorul scripetelui se neglijează.

56. Peste un scripete fix de masă $m = 0,2$ kg este trecută o coardă, de extremitățile căreia sunt suspendate greutatea de mase $m_1 = 0,25$ kg și $m_2 = 0,5$ kg. Știind că masa scripetelui este distribuită uniform pe obada lui, să se afle forțele de tensiune T_1 și T_2 din coardă de ambele părți ale scripetelui, precum și accelerația greutăților.

57. O bilă de masă $m = 0,1$ kg și rază $R = 20$ cm se rotește în jurul unei axe ce trece prin centrul ei. Legea de rotație este $\varphi = A + Bt^2 + Ct^3$, unde $B = 4$ rad/s² și $C = -1$ rad/s³. Să se afle legea variației momentului forțelor ce acționează asupra bilei, precum și valoarea lui la momentul de timp $t = 2$ s.

58. O bară omogenă subțire de lungime $l = 1$ m este fixată la una din extremitățile sale de o axă orizontală. Bara a fost deviată

de la poziția de echilibru cu un unghi $\varphi = 60^\circ$ și lăsată liber. Să se afle viteza liniară a extremității inferioare a barei la momentul, când ea trece prin poziția de echilibru.

59. Un creion de lungime $l = 15$ cm situat în poziție verticală cade pe masă. Ce viteză unghiulară ω și liniară v va avea spre sfârșitul căderii: **a)** mijlocul creionului; **b)** extremitatea lui superioară? Se va presupune că frecarea este atât de mare, încât extremitatea inferioară a creionului nu alunecă în procesul căderii.

60. Pe marginea unei platforme imobile orizontale de forma unui disc de rază $R = 1$ m stă un om cu masa $m = 80$ kg. Masa platformei este $M = 240$ kg. Platforma se poate roti în jurul axei verticale ce trece prin centrul ei. Neglijând frecarea în axa platformei, să se afle viteza unghiulară ω , cu care ea se va roti, dacă omul va merge pe margine cu viteza $v = 2$ m/s în raport cu platforma.

61. O platformă de forma unui disc se poate roti liber în jurul axei sale verticale. Pe marginea platformei se află un om, având masa $m = 60$ kg. Cu ce unghi φ se va roti platforma dacă omul va merge pe marginea platformei, descriind o rotație completă, întorcându-se în punctul inițial? Masa platformei este $M = 240$ kg. Momentul de inerție a omului se va calcula ca pentru un punct material.

62. Un om, care se află pe o platformă orizontală de forma unui disc, ce se poate roti în jurul axei sale verticale, ține în mâini o bară de lungime $l = 2,4$ m și masă $m = 8$ kg. Bara se află în poziție verticală de-a lungul axei de rotație a platformei. Omul cu platforma se rotesc cu frecvența $\nu_1 = 1$ s⁻¹. Cu ce frecvență ν_2 se va roti platforma, dacă omul va situa bara în poziție orizontală? Momentul total de inerție a platformei și a omului este $6 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$.

63. Un om, stând în centrul unei platforme sub formă de disc ține orizontal în mâini o bară omogenă de lungime $l = 2 \text{ m}$ și masă $m = 8 \text{ kg}$. Platforma se rotește cu frecvența $\nu_1 = 0,5 \text{ s}^{-1}$. Centrul barei se află pe axa de rotație a platformei. În urma stabilirii barei în poziție verticală frecvența de rotație a platformei a crescut până la $\nu_2 = 0,8 \text{ s}^{-1}$. Să se afle lucrul efectuat de om la stabilirea barei în poziție verticală.

64. Să se afle creșterea vitezei unghiulare de rotație $\Delta\omega$ a unei planete în jurul axei sale, în cazul, când pe suprafața ei cade un meteorit de masă m ce zboară în planul ecuatorului planetei cu viteza v sub unghiul α față de normală. Se cunosc: masa planetei M , raza planetei R și viteza ei unghiulara ω .

65. Energia cinetică a unui electron este de 10 MeV . De câte ori masa lui relativistă este mai mare decât cea de repaus? Să se efectueze același calcul pentru un proton care posedă aceeași energie cinetică.

66. Pentru ce viteză energia cinetică a oricărei particule este egală cu energia ei de repaus?

67. La ce viteze energia cinetică clasică a unei particule se deosebește de cea relativistă cu 3% ?

68. O particulă, având masa de repaus m_0 , se mișcă cu viteza $v = 0,8c$ (c este viteza luminii în vid) și se ciocnește cu alta identică, aflată în repaus. Determinați masa, viteza și energia cinetică a particulei ce se formează în rezultatul ciocnirii absolut neelastice a primelor două.

69. Ce eroare relativă se comite la calcularea energiei cinetice a unei particule relativiste, dacă în loc de expresia relativistă $(m - m_0)c^2$ se utilizează expresia clasică $mv^2/2$? Să se efectueze calculele pentru cazurile: **a)** $v = 0,2c$, **b)** $v = 0,8c$.

70. Să se determine energia cinetică (în unități m_0c^2) a unei particule cu impulsul $p = m_0c$.

71. Energia cinetică a unei particule relativiste este egală cu energia sa de repaus. De câte ori va crește impulsul particulei, dacă energia ei cinetică va crește de 4 ori?

72. Impulsul unei particule relativiste este $p = m_0c$. Sub acțiunea unei forțe externe impulsul ei crește de 2 ori. De câte ori crește energia sa: **a)** cinetică, **b)** totală?

73. În rezultatul ciocnirii neelastice a unei particule de impuls $p = m_0c$ cu o particulă identică ce se afla în repaus, se formează o particulă compusă. Să se afle: **a)** viteza particulei (în unități c) înainte de ciocnire; **b)** masa relativistă a particulei compuse (în unități m_0); **c)** viteza particulei compuse; **d)** masa de repaus a particulei compuse (în unități m_0), **e)** energia cinetică a particulei mobile înainte de ciocnire și energia cinetică a particulei compuse (în unități m_0c^2).

74. Constanta solară (densitatea fluxului de energie a radiației electromagnetice a Soarelui la distanța medie dintre Soare și Pământ) este $C = 1,4 \text{ kW/m}^2$. Să se afle: **a)** masa pierdută de Soare într-un an; **b)** cu cât va varia masa apei din ocean într-un an, dacă se presupune că oceanul absoarbe 50% din energia incidentă pe suprafața lui? În calcule aria suprafeței oceanului se va considera $3,6 \cdot 10^8 \text{ km}^2$.

75. Un proton cu energia cinetică de 3 GeV a pierdut în timpul frânării o treime din această energie. Determinați de câte ori s-a micșorat impulsul relativist al protonului.

76. Un electron are viteza $v = 0,8c$. Cunoscând că energia de repaus a electronului este 0,51 MeV, determinați energia lui cinetică.

77. De câte ori masa relativistă a unui electron cu energia cinetică de 1,53 MeV este mai mare decât masa sa de repaus? (Energia de repaus a electronului este 0,51 MeV).

78. Ce viteză (în unități c) trebuie de comunicat unei particule pentru ca energia ei cinetică să fie egală cu dublul energiei de repaus?

79. De câte ori masa deuterionului (nucleul atomului de deuteriu, care este unul din izotopii hidrogenului) în mișcare este mai mare decât masa electronului mobil, dacă vitezele lor sunt $0,85c$ și, respectiv, $0,95c$? Care sunt energiile lor cinetice?

80. Determinați (în procente) eroarea care se obține, calculând energia cinetică a unui electron, ce se mișcă cu viteza $v = 0,75c$, folosind pentru aceasta formula clasică.

2. Fizică moleculară și termodinamică

81. Să se afle masa molară a aerului, considerându-l compus din oxigen O_2 și azot N_2 ce constituie o parte și, respectiv, trei părți din masa totală, adică $m_1 / m_2 = 1/3$.

82. Cât timp trebuie să pompăm un gaz dintr-un recipient cu volumul de $1,5 \cdot 10^3 \text{ cm}^3$, pentru ca presiunea lui să se micșoreze de la cea atmosferică $p_0 = 760 \text{ mm.Hg}$ până la $p = 0,1 \text{ mm.Hg}$? În intervalul de timp considerat, viteza de funcționare a pompei se va considera constantă și egală cu $50 \text{ cm}^3/\text{s}$. Variația temperaturii se neglijează.

83. Un recipient de volum $V = 300 \text{ cm}^3$, închis cu un dop prevăzut cu robinet, conține aer rarefiat. Pentru măsurarea presiunii din interiorul recipientului, gâtul lui a fost introdus în apă la o

adâncime mică și s-a deschis robinetul. Ca rezultat, în vas a pătruns o cantitate de apă cu masa de 292 g. Să se afle presiunea inițială din recipient, dacă presiunea atmosferică este $p_0 = 100 \text{ kPa}$.

84. Un manometru sub forma literei U cu una din ramuri închisă conține mercur. Ramura deschisă a manometrului este în contact cu mediul înconjurător la presiunea atmosferică normală p_0 . Mercurul din ramura deschisă se află la un nivel superior celui din ramura închisă cu mărimea $\Delta h = 10 \text{ cm}$, iar lungimea porțiunii fără mercur a ramurii închise este $l = 20 \text{ cm}$. Când ramura deschisă s-a conectat la un balon cu aer, diferența dintre nivelele de mercur din ramurile manometrului a crescut până la $\Delta h_1 = 26 \text{ cm}$. Determinați presiunea aerului din balon.

85. Un cilindru orizontal închis la ambele capete este împărțit în două părți cu ajutorul unui piston termoizolant, ce se poate mișca fără frecări. În ambele părți se află aceeași masă de gaz la temperaturile de 300 K și, respectiv, 450 K. Să se afle raportul volumelor părților, în care este împărțit cilindrul de către piston.

86. Un cilindru situat vertical este plin cu aer la presiunea atmosferică de 0,1 MPa. El se închide cu un piston mobil, având masa de 50 kg și aria de 49 cm^2 . La temperatura de 27°C , pistonul se oprește la o anumită înălțime. Cum se modifică poziția pistonului, când pe el se pune o greutate suplimentară de 50 kg, iar temperatura gazului se ridică până la 150°C ?

87. Un balon cu volumul de 30 l conține un amestec gazos de hidrogen și heliu la temperatura de 300 K și presiunea de 828 kPa. Masa amestecului este de 24 g. Determinați masele de hidrogen și de heliu.

88. Într-un balon cu volumul de 22,4 l se află hidrogen la condiții normale. După ce în balon s-a introdus o anumită cantitate

de heliu, presiunea a crescut până la 0,25 MPa , iar temperatura a rămas constantă. Să se determine masa de heliu introdusă în balon.

89. Un amestec de azot și heliu la temperatura de 27 °C se află la presiunea de 130 Pa . Masa azotului constituie 70 % din masa amestecului. Să se afle concentrațiile moleculelor fiecărui gaz.

90. Determinați viteza medie pătratică, energia cinetică medie a mișcării de translație și energia totală medie a unei molecule de azot și de heliu la temperatura de 27 °C . Să se determine, de asemenea, energia totală a tuturor moleculelor din 100 g de fiecare gaz.

91. Energia molară de disociație (energia consumată la disocierea tuturor moleculelor unui mol de gaz) a hidrogenului este de 419 kJ/mol . La ce temperatură energia cinetică a mișcării de translație a moleculelor gazului este suficientă pentru disociația lui?

92. Energia totală (energia internă molară) a unui gaz biatomic este de 6,02 kJ/mol . Determinați energia cinetică medie de rotație a unei molecule a acestui gaz. Gazul se consideră ideal.

93. Să se determine energia a 64 g de oxigen, ce se află la temperatura de 27 °C . Ce fracțiune din această energie îi corespunde mișcării de rotație? dar de translație?

94. Particulele de praf suspendate în aer pot fi considerate molecule mari. Care este viteza medie pătratică a unei particule de praf, dacă masa ei constituie 10^{-10} g ? Temperatura aerului este 27 °C .

95. Să se evalueze temperatura, la care energia mișcării termice a moleculelor atmosferei este suficientă pentru ca ele să învingă forța de atracție terestră și să părăsească definitiv planeta.

96. Câte molecule de azot se află în interiorul unui recipient cu volumul de 1 l , dacă viteza medie pătratică a mișcării lor este de 500 m/s , iar presiunea asupra pereților vasului este de 10^3 N/m^2 ?

97. Un balon cu capacitatea de 20 l ce conține oxigen la presiunea de 100 kPa și temperatura de 7°C , se încălzește până la 27°C . Ce cantitate de căldură a primit gazul?

98. Ce lucru trebuie efectuat pentru a comprima lent gazul dintr-un cilindru, a cărui pereți au o bună conductivitate termică? Gazul este comprimat cu ajutorul unui piston până când presiunea lui crește de 2 ori. Presiunea inițială este de 760 mm.Hg , iar volumul inițial – de 5 l . În decursul comprimării presiunea și temperatura mediului ambiant sunt constante. Frecarea și greutatea pistonului se neglijează. Câtă căldură cedează gazul?

99. Într-un cilindru închis cu un piston, având aria de 20 cm^2 și masa de 2 kg se află un gaz. Când pe piston se pune o greutate de 8 kg , gazul ocupă volumul de 1 l . Pereții cilindrului sunt netezi și conduc rău căldura. Dacă se ia brusc greutatea, aerul se dilată și ridică pistonul. Determinați lucrul de expansiune al aerului, efectuat în intervalul de timp, în care viteza pistonului atinge valoarea maximă, precum și această viteză maximă. Presiunea atmosferică este de 100 kPa .

100. Un mol de gaz ideal se află într-un înveliș elastic și adiabatic la presiunea p_1 și temperatura T_1 . Să se determine temperatura gazului T_2 , care se stabilește după variația bruscă a presiunii externe asupra lui până la valoarea p_2 . Să se analizeze cazurile proceselor de echilibru și de neechilibru, și să se construiască graficele dependențelor raportului T_2/T_1 în funcție de p_2/p_1 în ambele cazuri.

101. Un gaz biatomic, care la presiunea $p_1 = 200$ kPa ocupă volumul $V_1 = 6$ l, se dilată până la volumul $V_2 = 2V_1$. Procesul de dilatare se realizează astfel, încât $pV^k = const$, unde $k = 1, 2$. Determinați variația energiei interne a gazului și lucrul efectuat de el la dilatare. Calculați căldura molară a gazului în acest proces.

102. Să se calculeze căldurile specifice c_V și c_p ale unui amestec ce conține 80 % neon și 20 % hidrogen din masa amestecului.

103. Un gaz biatomic, avea inițial volumul de $0,05$ m³ și presiunea de 300 kPa. Gazul a fost mai întâi încălzit la volum constant până când presiunea lui s-a dublat. Apoi, gazul a fost dilatat la temperatură constantă până la presiunea inițială și, în sfârșit, a fost răcit la presiune constantă până la volumul inițial. Determinați pentru fiecare proces: **a)** lucrul efectuat de gaz; **b)** variația energiei lui interne; **c)** cantitatea de căldură primită de gaz.

104. Diferența dintre căldurile specifice ale unui gaz este $c_p - c_V = 260$ J/(kg · K). Determinați masa molară a acestui gaz și căldurile lui specifice c_p și c_V .

105. Care sunt căldurile specifice c_p și c_V ale unui amestec de gaze ce conține 10 g de oxigen și 20 g de azot.

106. Calculați căldurile specifice c_p și c_V ale unui amestec ce conține 2 moli de oxigen și 4 moli de azot.

107. Vaporii de apă se dilată la presiune constantă. Să se afle lucrul de expansiune a vaporilor, dacă li se transmite 4 kJ de căldură.

108. Într-un cilindru cu piston se află 0,6 kg de azot ce ocupă volumul de $1,2$ m³ la temperatura de 560 K. Ca rezultat al

încălzirii, gazul se dilată și ocupă volumul de $4,2 \text{ m}^3$, în timp ce temperatura rămâne constantă. Determinați: **a)** variația energiei interne a gazului; **b)** lucrul efectuat de gaz; **c)** cantitatea de căldură comunicată gazului.

109. Într-un cilindru cu piston se află $0,02 \text{ kg}$ de hidrogen la temperatura de 300 K . Mai întâi, gazul se dilată adiabetic, volumul lui crescând de 5 ori. Apoi, gazul este comprimat izoterm, astfel încât volumul lui se micșorează de 5 ori. Determinați temperatura la sfârșitul expansiunii adiabatice și lucrul total efectuat de către gaz. Construiți graficul procesului.

110. La comprimarea adiabetică a 20 g de oxigen energia lui internă a crescut cu 8 kJ , iar temperatura a atins valoarea de 900 K . Să se afle: **a)** cu cât a crescut temperatura oxigenului; **b)** presiunea lui finală, dacă cea inițială a fost de 200 kPa .

111. O masă $m = 200 \text{ g}$ de oxigen ocupă volumul $V_1 = 100 \text{ l}$ la presiunea $p_1 = 200 \text{ kPa}$. La încălzire, gazul s-a dilatat la presiune constantă până la volumul $V_2 = 300 \text{ l}$, după care presiunea lui a crescut până la $p_3 = 500 \text{ kPa}$ la volum constant. Determinați variația energiei interne a gazului, lucrul efectuat de gaz și căldura comunicată lui. Construiți graficul procesului.

112. Hidrogenul cu masa de 40 g și temperatura de 300 K s-a dilatat adiabetic, mărimdu-și volumul de 3 ori. Apoi, la comprimarea izotermă volumul lui s-a micșorat de 2 ori. Să se afle lucrul total efectuat de gaz și temperatura lui finală.

113. Determinați numărul Z de ciocniri ce se produc timp de 1 s între toate moleculele hidrogenului cu volumul de 1 mm^3 aflat în condiții normale.

114. Calculați de câte ori se modifică numărul de ciocniri suferite de o suprafață cu aria de 1 cm^2 a peretelui unui recipient

timp de 1 s din partea moleculelor unui gaz biatomic la dublarea volumului său într-un proces: **a)** izobar; **b)** izoterm; **c)** adiabatic.

115. Calculați parcursul liber mediu al moleculelor de azot și coeficienții de transport (de difuzie, conductivitate termică și viscozitate), dacă gazul se află la presiunea de 100 kPa și temperatura de 17 °C. Cum se vor modifica aceste mărimi la dublarea volumului gazului: **a)** la presiune constantă; **b)** la temperatură constantă?

116. Doi cilindri coaxiali subțiri de lungime $l = 10$ cm se pot roti liber în jurul axei comune. Raza cilindrului exterior este $R = 5$ cm. Spațiul dintre cilindri are grosimea $d = 2$ mm. Ambii cilindri se află în aer la condiții normale. Cilindrul interior se pune în mișcare de rotație cu o frecvență $\nu_1 = 20$ s⁻¹, în timp ce cel exterior se află în repaus. În cât timp cilindrul exterior va atinge frecvența $\nu_2 = 1$ s⁻¹? Masa cilindrului exterior este de 100 g.

117. Să se afle numărul mediu de ciocniri a unei molecule de heliu timp de o secundă, precum și parcursul liber mediu al moleculelor acestui gaz, dacă el se află la presiunea de 2 kPa și temperatura de 200 K.

118. Determinați parcursul liber mediu al moleculelor de azot dintr-un recipient cu capacitatea de 5 l. Masa gazului este de 0,5 g.

119. Care este viteza medie aritmetică a moleculelor de oxigen în condiții normale dacă se știe că parcursul liber mediu al moleculelor acestui gaz în condițiile amintite este de 100 nm?

120. Parcursul liber mediu al unei molecule de hidrogen în anumite condiții este de 2 nm. Care este densitatea hidrogenului în aceste condiții?

121. Stabiliți dependența parcursului liber mediu a moleculelor unui gaz ideal de temperatură în următoarele procese: **a)** izocor; **b)** izobar. Reprezentați grafic aceste dependențe.

122. Stabiliți dependența parcursului liber mediu al moleculelor unui gaz ideal de presiune în următoarele procese: **a)** izocor; **b)** izoterm. Reprezentați grafic aceste dependențe.

123. Stabiliți dependența numărului mediu de ciocniri a unei molecule de gaz ideal timp de 1 s de temperatura în următoarele procese: **a)** izocor; **b)** izobar. Reprezentați grafic aceste dependențe.

124. De câte ori diferă coeficientul de difuzie al hidrogenului de cel al oxigenului, dacă ambele gaze se află în aceleași condiții?

125. Determinați parcursul liber mediu al moleculelor de azot aflat în condiții normale, dacă coeficientul lui de viscozitate este $\eta = 17 \mu\text{Pa} \cdot \text{s}$.

126. Stabiliți dependența coeficientului de viscozitate η al unui gaz ideal de temperatură în procesele: **a)** izobar; **b)** izocor. Reprezentați grafic aceste dependențe.

127. Un cilindru de rază $R_1 = 10 \text{ cm}$ și lungimea de 30 cm este situat în interiorul altui cilindru de rază $R_2 = 10,5 \text{ cm}$, astfel încât axele lor coincid. Cilindrul mic se află în repaus, iar cel mare se rotește în raport cu axa sa geometrică cu frecvența $\nu = 15 \text{ s}^{-1}$. Coeficientul de viscozitate al gazului în care se află cilindrii este $\eta = 8,5 \mu\text{Pa} \cdot \text{s}$. Determinați: **a)** forța tangențială, ce acționează asupra suprafeței cu aria de 1 m^2 a cilindrului intern, **b)** momentul de rotație ce acționează asupra acestui cilindru.

128. Două discuri orizontale de rază $R = 20 \text{ cm}$ sunt situate unul deasupra altuia, astfel încât axele lor coincid. Distanța dintre planele acestor discuri este $d = 0,5 \text{ cm}$. Discul superior se află în repaus, iar cel inferior se rotește în jurul axei sale geometrice cu frecvența $\nu = 10 \text{ s}^{-1}$. Determinați momentul de rotație ce acționează

asupra discului superior. Coeficientul de viscozitate al aerului $\eta = 17,2 \mu\text{Pa} \cdot \text{s}$.

129. O cantitate de 0,2 moli de gaz biatomic aflat la presiunea de 100 kPa, ocupă volumul de 10 l. Gazul este comprimat, mai întâi izobar până la volumul de 4 l, și apoi adiabatic. După compresiunea adiabatică gazul se dilată izoterm până la volumul și presiunea inițială. Construiți graficul procesului în coordonatele p, V . Determinați: **a)** lucrul efectuat de gaz în transformarea ciclică; **b)** temperatura, presiunea și volumul gazului în punctele caracteristice ale procesului ciclic; **c)** cantitatea de căldură primită de gaz de la încălzitor și cantitatea de căldură cedată răcitorului, precum și randamentul ciclului.

130. Oxigenul cu masa de 0,2 kg este încălzit de la 27 °C până la 127 °C. Să se afle variația entropiei, dacă se știe că procesul are loc la presiune constantă egală cu cea atmosferică.

131. Un vas cilindric izolat termic și situat orizontal este împărțit în două părți egale cu ajutorul unui piston rigid confecționat dintr-un material ce nu conduce căldura. În fiecare din jumătățile vasului se află câte un mol al aceleiași gaz ideal triatomic. În partea stângă temperatura este de 500 K, iar în cea dreaptă de 250 K. Pistonul se înlătură. Să se afle variația entropiei întregului gaz după stabilirea stării de echilibru.

132. Un mol de gaz biatomic efectuează o transformare ciclică formată din două izocore și două izobare. Volumele și presiunile minime și maxime sunt $V_{\min} = 10 \text{ l}$, $V_{\max} = 20 \text{ l}$ și, respectiv, $p_{\min} = 246 \text{ kPa}$, $p_{\max} = 410 \text{ kPa}$. Construiți graficul ciclului și determinați temperatura gazului în punctele sale caracteristice, precum și randamentul lui.

133. Un mol de gaz ideal biatomic, aflat la presiunea de 100 kPa și temperatura de 300 K este încălzit la volum constant până când presiunea devine 200 kPa. Apoi gazul se dilată izoterm până la presiunea inițială, după care se comprimă izobar până la volumul inițial. Construiți graficul ciclului și determinați temperatura gazului în punctele sale caracteristice, precum și randamentul ciclului.

134. 100 moli de gaz monoatomic se află la presiunea $p_1 = 100$ kPa și volumul de $V_1 = 5$ m³. Gazul a fost comprimat izobar până la volumul $V_2 = 1$ m³ și, în continuare, comprimat adiabatic. Mai apoi, gazul a fost dilatat izoterm până la volumul și presiunea inițială. Să se construiască graficul ciclului și să se afle: **a)** temperaturile T_1 și T_2 , volumul V_3 și presiunea p_3 corespunzătoare punctelor caracteristice ale ciclului; **b)** căldură Q_1 primită de la încălzitor; **c)** căldură Q_2 cedată răcitorului; **d)** lucrul efectuat de gaz în transformarea ciclică; **e)** randamentul ciclului.

135. Un gaz ideal poliatomic efectuează un ciclu format din 2 izocore și 2 izobare. Valoarea maximă a presiunii gazului este de 2 ori mai mare decât cea minimă, iar volumul maxim este de 4 ori mai mare decât cel minim. Determinați randamentul ciclului.

136. Un gaz ideal efectuează ciclul Carnot. Temperatura răcitorului este $T_2 = 290$ K. De câte ori va crește randamentul ciclului, dacă temperatura încălzitorului crește de la $T_1 = 400$ K până la $T_1' = 600$ K ?

137. O mașină termică ideală funcționează după ciclul Carnot. Temperaturile încălzitorului și răcitorului sunt 500 K și, respectiv, 250 K. Să se afle randamentul ciclului, precum și lucrul

A_1 al corpului de lucru la expansiunea izotermă, dacă se știe că la comprimarea izotermă s-a efectuat lucrul $A_2 = 70 \text{ J}$.

138. O mașină termică Carnot, corpul de lucru a căreia este 2 moli de gaz ideal monoatomic, funcționează între două surse de căldură cu temperaturile de $327 \text{ }^\circ\text{C}$ și $27 \text{ }^\circ\text{C}$. Raportul dintre volumul maxim și cel minim este 8. Ce lucru efectuează mașina în decursul unui ciclu?

139. Se amestecă apă de masă $m_1 = 5 \text{ kg}$ la temperatura $T_1 = 280 \text{ K}$ cu apă de masă $m_2 = 8 \text{ kg}$ la temperatura $T_2 = 350 \text{ K}$. Determinați: **a)** temperatura amestecului; **b)** variația entropiei ΔS .

140. O bucată de gheață de masă $m = 200 \text{ g}$ ce se află la temperatura $t_1 = -10 \text{ }^\circ\text{C}$, a fost încălzită până la $t_2 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$ și topită, după care apa astfel obținută, a fost încălzită până la temperatura $t = 10 \text{ }^\circ\text{C}$. Determinați variația entropiei ΔS .

141. O masă de 100 g de hidrogen a fost încălzită la presiune constantă, astfel încât volumul gazului a crescut de 3 ori . Apoi hidrogenul a fost răcit la volum constant, astfel încât presiunea a scăzut de 3 ori . Să se afle variația entropiei gazului.

142. Două recipiente de volume egale sunt unite între ele prin intermediul unui tub cu robinet. În unul din recipiente se află 2 moli de azot, iar în celălalt 2 moli de hidrogen. Gazele se află la temperaturi și presiuni egale. După deschiderea robinetului are loc un proces izoterm de difuzie. Să se afle variația entropiei sistemului.

143. Se amestecă două gaze omogene cu volumele de 2 l și 5 l care nu interacționează chimic. Determinați variația entropiei

sistemului, dacă inițial gazele aveau aceeași temperatură de 350 K și aceeași presiune de 150 kPa .

144. 1 kmol de gaz a fost încălzit la presiune constantă, astfel încât volumul lui a crescut de 4 ori , după care a fost răcit la volum constant încât presiunea lui a scăzut de 4 ori . Determinați variația entropiei gazului în acest proces.

3. Electromagnetism

145. Sarcinile punctiforme $q_1 = 20 \mu\text{C}$ și $q_2 = -10 \mu\text{C}$ se află la distanța de 5 cm una de alta. Calculați: **a)** intensitatea câmpului electric în punctul depărtat la distanța de 3 cm de la prima sarcină și de 4 cm de la cea de a doua; **b)** Forța ce acționează asupra sarcinii $q = 1 \mu\text{C}$ situată în acest punct.

146. Trei sarcini punctiforme de 2 nC fiecare se află în vârfurile unui triunghi echilateral cu latura de 10 cm . Calculați modulul și determinați sensul forței ce acționează asupra unei sarcini din partea celorlalte două.

147. Două sarcini punctiforme pozitive q și $9q$ sunt fixate la distanța de 100 cm una de alta. Determinați în ce punct pe dreapta ce trece prin aceste sarcini trebuie să situăm o a treia sarcină în așa fel, ca ea să se afle în echilibru. Indicați ce semn trebuie să aibă această sarcină, pentru ca echilibrul să fie stabil. Deplasările sarcinii sunt posibile numai de-a lungul dreptei ce trece prin sarcinile fixe.

148. Două bile identice încărcate, sunt suspendate în același punct de fire neconductoare de aceeași lungime. Firele se abat, formând unghiul α . Bilele sunt scufundate în ulei. Ce densitate are

uleiul, dacă unghiul dintre fire la scufundare rămâne același? Densitatea bilelor este de $1,5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$, iar permitivitatea uleiului $\varepsilon = 2,2$.

149. Patru sarcini punctiforme identice a câte 40 nC fiecare, sunt fixate în vârfurile unui pătrat cu latura de 10 cm. Determinați: **a)** forța ce acționează asupra unei sarcini din partea celorlalte trei; **b)** ce sarcină negativă q trebuie să plasăm în centrul pătratului, pentru ca forța de respingere dintre sarcinile pozitive să fie echilibrată de forța de atracție a sarcinii negative?

150. Sarcinile punctiforme $q_1 = 30 \mu\text{C}$ și $q_2 = -20 \mu\text{C}$ se află la distanța de 20 cm una de alta. Determinați intensitatea câmpului electric în punctul, situat la distanța de 30 cm de la prima sarcină și 15 cm de la cea de a doua.

151. În vârfurile unui triunghi echilateral cu latura de 10 cm se află sarcinile $q_1 = 10 \mu\text{C}$, $q_2 = 20 \mu\text{C}$ și $q_3 = 30 \mu\text{C}$. Calculați: **a)** forța ce acționează asupra sarcinii q_1 din partea celorlalte două; **b)** intensitatea câmpului electric în punctul, unde se află sarcina q_1 .

152. Două sarcini punctiforme $q_1 = -50 \text{ nC}$ și $q_2 = 100 \text{ nC}$ se află la distanța $d = 20 \text{ cm}$. Calculați forța ce acționează asupra sarcinii $q_3 = -10 \text{ nC}$, aflată la distanța d de la ambele sarcini.

153. Sarcinile punctiforme $q_1 = 2 \text{ nC}$ și $q_2 = 4 \text{ nC}$ se află la distanța de 60 cm una de alta. Determinați punctul, în care trebuie să așezăm o a treia sarcină q_3 astfel, încât sistemul de sarcini să se afle în echilibru. Determinați valoarea și semnul sarcinii q_3 . Cum va fi echilibrul: stabil sau instabil?

154. O bară subțire cu lungimea de 20 cm este încărcată uniform cu sarcină de densitate $\tau = 0,1 \mu\text{C/m}$. Calculați intensitatea

câmpului electric creat de bara încărcată în punctul, situat pe axa barei la distanța de 20 cm de la capătul ei.

155. Un semiinel subțire de rază $R = 10$ cm este încărcat uniform cu sarcina de densitate $\tau = 1 \mu\text{C}/\text{m}$. Calculați intensitatea câmpului electric creat de semiinelul încărcat, în centrul lui.

156. Un inel subțire este încărcat uniform cu sarcina $q = 0,2 \mu\text{C}$. Determinați intensitatea câmpului electric, în punctul situat pe axa inelului, la distanța $x = 20$ cm de la centrul lui. Raza inelului este $R = 10$ cm. Construiți graficul dependenței $E(x)$. Cercetați această dependență pentru $x \gg R$.

157. O treime a unui inel subțire de rază $R = 10$ cm este încărcat uniform cu sarcina $q = 50$ nC. Aflați intensitatea câmpului electric în punctul ce coincide cu centrul inelului.

158. O bară subțire semiinfinită este încărcată uniform cu sarcină de densitate $\tau = 0,5 \mu\text{C}/\text{m}$. Determinați intensitatea câmpului electric creat de bara încărcată, în punctul situat pe axa barei, la distanța de 20 cm de la capătul ei.

159. O pătrime a unui inel subțire de rază $R = 10$ cm este încărcată uniform cu sarcina $q = 50$ nC. Calculați intensitatea câmpului electric creat de sarcina distribuită uniform pe pătrimea de inel, în punctul ce coincide cu centrul lui.

160. Două treimi ale unui inel subțire de rază $R = 10$ cm este încărcată uniform cu sarcină de densitate $\tau = 0,2 \mu\text{C}/\text{m}$. Calculați intensitatea câmpului electric creat de sarcina distribuită pe porțiunea de inel indicată, în punctul ce coincide cu centrul inelului.

161. Pe două suprafețe sferice concentrice, cu razele R și $2R$ sunt distribuite uniform sarcini cu densitățile superficiale σ_1 și σ_2 , corespunzător. Se cere:

a) utilizând teorema lui Gauss, aflați dependența intensității câmpului electric $E(r)$ de distanță pentru trei domenii: interiorul sferei mici, spațiul dintre sfere și exteriorul sferei mari. Se va considera $\sigma_1 = 4\sigma$, $\sigma_2 = \sigma$;

b) Calculați intensitatea câmpului electric, în punctul depărtat de centru la distanța r . Indicați sensul vectorului intensității câmpului electric. Considerați $\sigma = 30 \text{ nC/m}^2$, $r = 1,5R$;

c) Construiți graficul dependenței $E(r)$.

162. Vezi condițiile problemei **161**. În p. **a)** considerați $\sigma_1 = \sigma$, $\sigma_2 = -\sigma$. În p. **b)** considerați $\sigma = 0,1 \text{ } \mu\text{C/m}^2$, $r = 3R$.

163. Vezi condițiile problemei **161**. În p. **a)** considerați $\sigma_1 = -4\sigma$, $\sigma_2 = \sigma$. În p. **b)** considerați $\sigma = 50 \text{ nC/m}^2$, $r = 1,5R$.

164. Vezi condițiile problemei **161**. În p. **a)** considerați $\sigma_1 = -2\sigma$, $\sigma_2 = \sigma$. În p. **b)** considerați $\sigma = 0,1 \text{ } \mu\text{C/m}^2$, $r = 3R$.

165. Două plane infinite paralele sunt încărcate uniform cu sarcini de densitățile σ_1 și σ_2 . Se cere:

a) utilizând teorema lui Gauss și principiul superpoziției câmpurilor electrice, aflați expresia $E(x)$ pentru intensitatea câmpului electric în afara planelor precum și între ele. Considerați $\sigma_1 = 2\sigma$, $\sigma_2 = \sigma$.

b) calculați intensitatea câmpului electric într-un punct situat în stânga planelor și indicați sensul vectorului \vec{E} , $\sigma = 20 \text{ nC/m}^2$.

c) construiți graficul dependenței $E(x)$.

166. Vezi condițiile problemei **165**. În p. **a)** considerați $\sigma_1 = -4\sigma$, $\sigma_2 = 2\sigma$. În p. **b)** considerați $\sigma = 40 \text{ nC/m}^2$ și punctul între plane. Construiți graficul dependenței $E(x)$.

167. Vezi condițiile problemei **165**. În p. **a)** considerați $\sigma_1 = \sigma$, $\sigma_2 = -2\sigma$. În p. **b)** considerați $\sigma = 20 \text{ nC/m}^2$ și punctul în dreapta planelor. Construiți graficul dependenței $E(x)$.

168. Doi cilindri coaxiali infiniți de raze R și $2R$ sunt încărcăți uniform cu sarcini de densități σ_1 și σ_2 . Se cere:

a) utilizând teorema lui Gauss, determinați dependența intensității câmpului electric $E(r)$ de distanța de la axa cilindrilor în interiorul cilindrului mic, între cilindri precum și în exteriorul cilindrului mare. Se va considera $\sigma_1 = -2\sigma$, $\sigma_2 = \sigma$.

b) calculați intensitatea câmpului în punctul ce se află la distanța $r = 1,5R$, pentru $\sigma = 50 \text{ nC/m}^2$.

c) construiți graficul dependenței $E(r)$.

169. Vezi condițiile problemei **168**. În p. **a)** considerați $\sigma_1 = \sigma$, $\sigma_2 = -\sigma$. În p. **b)** considerați $\sigma = 60 \text{ nC/m}^2$ și $r = 3R$. Construiți graficul dependenței $E(r)$.

170. Vezi condițiile problemei **168**. În p. **a)** considerați $\sigma_1 = -\sigma$, $\sigma_2 = 4\sigma$. În p. **b)** considerați $\sigma = 30 \text{ nC/m}^2$ și $r = 4R$. Construiți graficul dependenței $E(r)$.

171. O bilă de ebonită de rază $R = 5 \text{ cm}$ este încărcată uniform cu sarcină de densitate $\rho = 10 \text{ nC/m}^3$. Aflați intensitatea câmpului electric E și a deplasării electrice D în punctele: **a)** la distanța $r_1 = 3 \text{ cm}$ de la centrul sferei; **b)** pe suprafața sferei; **c)** la distanța $r_2 = 10 \text{ cm}$ de la centrul sferei. Construiți graficele dependențelor $E(r)$ și $D(r)$.

172. O bilă găunoasă de sticlă este încărcată uniform cu sarcină de densitate $\rho = 100 \text{ nC/m}^3$. Raza sferei interne este

$R_1 = 5$ cm, iar a celei externe – $R_2 = 10$ cm. Calculați intensitatea câmpului electric E și deplasarea electrică D în punctele, ce se află la următoarele distanțe de la centrul sferei: **a)** $r_1 = 3$ cm; **b)** $r_2 = 6$ cm; **c)** $r_3 = 12$ cm. Construiți graficele dependențelor $E(r)$ și $D(r)$.

173. Un cilindru lung de parafină, având raza $R = 2$ cm, este încărcat uniform cu sarcină de densitate $\rho = 10$ nC/m³. Determinați intensitatea E și deplasarea D ale câmpului electric în punctele ce se află la următoarele distanțe de la axa cilindrului: **a)** $r_1 = 1$ cm; **b)** $r_2 = 3$ cm. Construiți graficele dependențelor $E(r)$ și $D(r)$.

174. O placă mare de grosime $d = 1$ cm este încărcată uniform cu sarcină de densitate $\rho = 100$ nC/m³. Determinați intensitatea câmpului electric E în apropierea părții ei centrale, la o mică distanță de la suprafața ei.

175. O placă de sticlă, având grosimea $d = 2$ cm, este încărcată uniform cu sarcină de densitate $\rho = 1$ μC/m³. Determinați intensitatea E și deplasarea D ale câmpului electric, în punctele ce se află la următoarele distanțe de la mijlocul plăcii: **a)** $x = 0$; **b)** $x = 0,25d$; **c)** $x = 0,5d$. Construiți graficul dependenței $E(x)$. Axa Ox este perpendiculară pe suprafața plăcii.

176. Un sistem constă dintr-o bilă de rază R , încărcată simetric și mediul înconjurător, încărcat cu sarcină de densitatea $\rho = \alpha/r$, unde α este o constantă, iar r este distanța de la centrul bilei. Aflați sarcina bilei, pentru care modulul vectorului intensității câmpului electric în afara bilei nu depinde de r . Care este această intensitate? Permittivitatea dielectrică a bilei și a mediului înconjurător se consideră egale cu unitatea.

177. Un inel subțire de rază $R = 10$ cm este încărcat uniform cu sarcină de densitate liniară $\tau = 10$ nC/m. Determinați potențialul câmpului electric, în punctul aflat pe axa inelului la distanța $x = 5$ cm de la centrul lui. Construiți graficul dependenței $\varphi(x)$.

178. O bară conductoare rectilinie și subțire este încărcată uniform cu sarcină de densitate liniară $\tau = 10$ nC/m. Calculați potențialul câmpului electric φ , creat de această sarcină în punctul situat pe axa barei la distanța, egală cu lungimea ei de la capătul mai apropiat.

179. O bară subțire cu lungimea de 10 cm este încărcată uniform cu sarcina de 1 nC. Calculați potențialul câmpului electric φ , creat de această sarcină în punctul situat pe axa barei la distanța de 20 cm de la capătul cel mai apropiat al ei.

180. Patru bare subțiri formează un pătrat cu latura a . Barele sunt încărcate uniform cu sarcină de densitate liniară $\tau = 1,33$ nC/m. Determinați potențialul câmpului electric φ în centrul pătratului.

181. Un fir subțire infinit lung este încărcat uniform cu sarcina de densitate liniară $\tau = 0,01$ μ C/m. Calculați diferența de potențial $\Delta\varphi$ dintre două puncte situate la distanțele $r_1 = 2$ cm și $r_2 = 4$ cm de la fir.

182. Determinați potențialul φ până la care poate fi încărcată o bilă metalică de rază $R = 10$ cm, dacă intensitatea câmpului electric, la care are loc străpungerea aerului este de 3 MV/m. Determinați, de asemenea, valoarea maximă a densității superficiale de sarcină înainte de străpungere.

183. Două plane paralele infinite se află la distanța $d = 0,5$ cm unul de altul. Planele sunt încărcate uniform cu sarcini

de densități $\sigma_1 = 0,2 \mu\text{C}/\text{m}^2$ și $\sigma_2 = -0,3 \mu\text{C}/\text{m}^2$. Determinați diferența de potențial dintre plane.

184. Două plane paralele infinite se află la distanța $d = 1 \text{ cm}$ unul de altul. Planele sunt încărcate uniform cu sarcini de densități $\sigma_1 = 0,2 \mu\text{C}/\text{m}^2$ și $\sigma_2 = 0,5 \mu\text{C}/\text{m}^2$. Determinați diferența de potențial dintre plane.

185. 100 de picături identice de mercur încărcate fiecare până la potențialul $\varphi = 20 \text{ V}$ se contopesc într-o picătură mare. Determinați potențialul picăturii mari.

186. Două plăci metalice circulare cu razele de 10 cm fiecare, sunt încărcate cu sarcini de semn contrar și situate paralel una în fața alteia, se atrag cu o forță de 2 mN . Distanța dintre plăci este de 1 cm . Determinați diferența de potențial dintre plăci.

187. O bilă de parafină cu raza de 10 cm este încărcată uniform cu sarcină de densitate $\rho = 10 \mu\text{C}/\text{m}^3$. Determinați potențialul câmpului electric în centrul bilei și pe suprafața ei. Construiți graficul dependenței $\varphi(r)$.

188. O bilă cu raza de 10 cm din dielectric ($\epsilon_r = 3$) este încărcată uniform cu sarcină de densitate $\rho = 50 \text{ nC}/\text{m}^3$. Intensitatea câmpului electric în interiorul și pe suprafața bilei se exprimă prin formula $E = \rho r / 3\epsilon_0\epsilon_r$, unde r este distanța de la centrul bilei. Calculați diferența de potențial dintre centrul bilei și punctele situate pe suprafața ei.

189. Un plan infinit este încărcat uniform cu sarcină negativă de densitate superficială $\sigma = 35,4 \text{ nC}/\text{m}^2$. De-a lungul unei linii de câmp zboară un electron. Determinați distanța minimă

la care se poate apropia electronul de plan, dacă la distanța de 5 cm el avea energia cinetică de 80 eV .

190. O bilă metalică de rază R este încărcată până la potențialul de 400 V . Ce viteză minimă trebuie să aibă un proton ce zboară radial spre bilă, în punctul situat la distanța $4R$ de la centrul ei, pentru ca protonul să atingă suprafața bilei?

191. Un electron a pătruns într-un condensator plan, având viteza de 10 Mm/s , orientată paralel armăturilor. La momentul ieșirii din condensator direcția vitezei electronului alcătuia unghiul de 35° cu direcția inițială a vitezei lui. Determinați diferența de potențial dintre plăci, dacă lungimea lor este de 10 cm , iar distanța dintre ele este de 2 cm .

192. Un electron a pătruns într-un condensator plan cu viteza de 10 Mm/s , orientată paralel plăcilor, prin punctul situat la distanțe egale de ele. Distanța dintre plăci este de 2 cm , iar lungimea lor – de 10 cm . Ce diferență de potențial minimă trebuie aplicată plăcilor, pentru ca electronul să nu iasă din condensator?

193. O bilă conductoare de rază $R_1 = 6$ cm este încărcată până la potențialul $\varphi_1 = 300$ V , iar alta de rază $R_2 = 4$ cm – până la potențialul $\varphi_2 = 500$ V . Determinați potențialul bilelor după ce ele au fost unite între ele printr-un conductor metalic. Capacitatea conductorului se neglijează.

194. Într-un condensator plan a fost introdusă o placă de parafină cu grosimea de 1 cm , care ocupă tot spațiul dintre plăci. Cu cât trebuie să mărim distanța dintre plăci, pentru a obține capacitatea electrică precedentă?

195. Între plăcile unui condensator plan se află o placă de sticlă, care ocupă tot spațiul dintre plăci. Condensatorul a fost încărcat până la diferența de potențial de 100 V . Care va fi diferența de potențial, dacă placa de sticlă va fi înlăturată?

196. Un condensator constă din două sfere concentrice. Razele sferelor interioară și exterioară sunt de 10 cm și, respectiv, de 10,2 cm . În spațiul dintre sfere se află parafină. Sferei interioare i s-a comunicat sarcina de $5 \mu\text{C}$. Determinați diferența de potențial dintre sfere.

197. Distanța dintre plăcile unui condensator plan este de 2 cm , iar diferența de potențial – de 6 kV . Calculați energia câmpului condensatorului și forța de atracție dintre plăci, dacă sarcina fiecăreia din ele este de 10 nC .

198. Forța de atracție dintre plăcile unui condensator plan cu aer este de 50 mN , iar aria unei plăci – de 200 cm^2 . Calculați densitatea de energie a câmpului condensatorului.

199. Un condensator plan cu aer este alcătuit din două plăci circulare cu raza de 10 cm fiecare. Distanța dintre plăci este de 1 cm . Condensatorul a fost încărcat până la diferența de potențial de 1,2 kV și apoi deconectat de la sursa de încărcare. Ce lucru trebuie efectuat, pentru a deplasa plăcile condensatorului una față de alta până la distanța de 3,5 cm ?

200. Un condensator plan cu aer de capacitate 1,11 nF este încărcat până la diferența de potențial de 300 V . După deconectarea de la sursa de încărcare distanța dintre plăcile condensatorului a fost mărită de 5 ori. Determinați: **a)** diferența de potențial dintre plăcile condensatorului după deplasarea lor; **b)** lucrul efectuat de forțele exterioare pentru deplasarea plăcilor.

201. Un condensator de capacitate $C_1 = 556 \text{ pF}$ a fost încărcat până la diferența de potențial de 1,5 kV și deconectat de la sursă. Apoi la acest condensator a fost legat în paralel un alt condensator neîncărcat de capacitate $C_2 = 444 \text{ pF}$. Determinați energia consumată la formarea scântei ce apare la legarea condensatoarelor.

202. Capacitatea unui condensator plan cu dielectric din porțelan este de 111 pF. Condensatorul a fost încărcat până la 600 V și deconectat de la sursa de încărcare. Ce lucru trebuie efectuat pentru a scoate dielectricul din condensator? Frecarea se neglijează.

203. Spațiul dintre armăturile unui condensator plan cu volumul de 100 cm^3 este umplut cu porțelan. Densitatea superficială de sarcină de pe armăturile condensatorului este de $8,85 \text{ nC/m}^2$. Calculați lucrul mecanic necesar pentru înlăturarea dielectricului din condensator. Frecarea se neglijează.

204. O placă de ebonită cu grosimea de 2 mm și aria suprafeței de 300 cm^2 a fost situată într-un câmp electric omogen cu intensitatea de 1 kV/m, astfel încât liniile de câmp sunt perpendiculare pe placă. Determinați: **a)** densitatea superficială a sarcinilor de polarizare; **b)** energia câmpului electric concentrat în placă.

205. O bilă metalică izolată cu capacitatea de 10 pF este încărcată până la potențialul de 3 kV. Determinați energia câmpului electric concentrat într-un strat sferic mărginit de suprafața bilei și o suprafață sferică concentrică cu raza de 3 ori mai mare decât raza bilei.

206. Două bile metalice cu razele de 5 cm și 10 cm au sarcinile de 40 nC și, respectiv, de -20 nC. Aflați energia degajată la descărcarea bilelor printr-un conductor lung.

207. O bilă metalică izolată, având raza de 6 cm, are sarcina q . O suprafață sferică concentrică bilei împarte spațiul liber în două părți (interioară finită și exterioară infinită), astfel încât energiile câmpului ambelor părți sunt egale. Determinați raza suprafeței sferice.

208. O bilă de parafină cu raza de 10 cm este încărcată uniform cu sarcină de densitate $\rho = 10 \text{ nC/m}^3$. Determinați energiile câmpului electric concentrat în bilă și în afara ei.

209. Calculați rezistența unui conductor de grafit confecționat sub forma unui trunchi de con cu înălțimea de 20 cm și razele bazelor de 12 mm și 8 mm. Temperatura conductorului este de 20 °C.

210. La un capăt al unui conductor cilindric de cupru de rezistență $R_0 = 10 \Omega$ (la 0 °C) se menține temperatura $t_1 = 20$ °C, iar la celălalt – temperatura $t_2 = 400$ °C. Determinați rezistența conductorului, considerând constant gradientul temperaturii de-a lungul lui.

211. Se dau N elemente galvanice identice cu t.e.m. E și rezistența interioară r_i . Din aceste elemente se confecționează o baterie ce constă din câteva grupuri conectate în paralel, fiecare grup constând din n elemente conectate în serie. Pentru ce valoare a lui n intensitatea curentului I în circuitul exterior, de rezistența R , va fi maximă? Care va fi rezistența interioară R_i a bateriei pentru această valoare a lui n ?

212. Sunt date 12 elemente galvanice cu t.e.m. de 1,5 V fiecare și rezistențele interioare de 0,4 Ω . Cum pot fi conectate aceste elemente pentru a obține de la bateria dată un curent maxim în partea exterioară a circuitului cu rezistența de 0,3 Ω ? Aflați valoarea maximă a intensității curentului.

213. T.e.m. a unei baterii este de 20 V. Rezistența exterioară este de 2 Ω , iar intensitatea curentului este de 4 A. Aflați randamentul bateriei. Pentru ce valoare a rezistenței exterioare randamentul va fi de 99 %?

214. T.e.m. a unei baterii este de 12 V, iar intensitatea curentului de scurt circuit este de 5 A. Ce putere maximă se poate obține în partea exterioară a circuitului conectat la această baterie?

215. La o baterie cu t.e.m. de 2 V și rezistență interioară de $0,5 \Omega$ este conectat un conductor. Determinați: **a)** rezistența conductorului, pentru care puterea degajată în el este maximă; **b)** puterea care în acest caz se degajă.

216. De la o baterie cu t.e.m. de 600 V trebuie de transportat energia la o distanță de 1 km. Puterea consumată este de 5 kW. Determinați pierderile de putere în circuit, dacă diametrul conductoarelor de cupru este de 0,5 cm.

217. De la o sursă cu tensiunea de 800 V trebuie să transmitem unui consumator, aflat la o oarecare distanță, puterea de 10 kW. Ce rezistență maximă poate avea linia de transmisie, pentru ca pierderile de energie în ea să nu întrecă 10% din puterea transmisă?

218. Un motor electric, conectat la o rețea cu tensiunea de 220 V, consumă un curent de 5 A. Determinați puterea consumată de motor și randamentul lui, dacă rezistența bobinei motorului este de 6Ω .

219. Se dă un circuit compus dintr-o sursă de curent conectată la o rezistență variabilă. Când rezistența exterioară este de 8Ω , intensitatea curentului este de 0,8 A, iar când rezistența este de 15Ω , intensitatea curentului devine 0,5 A. Determinați intensitatea curentului de scurt circuit a sursei de curent.

220. T.e.m. a unei baterii este de 12 V. La valoarea intensității curentului în circuit de 4 A, randamentul bateriei este de 0,6. Determinați rezistența interioară a bateriei.

221. Intensitatea curentului într-un conductor cu rezistența de 10Ω crește uniform de la 5 A până la 10 A în timp de 50 s. Determinați cantitatea de căldură degajată în acest timp în conductor.

222. Intensitatea curentului într-un conductor variază în timp după legea $I = I_0 \sin \omega t$. Determinați sarcina ce trece prin secțiunea transversală a conductorului în jumătate de perioadă, dacă $I_0 = 10 \text{ A}$, iar frecvența ciclică este $\omega = (50\pi) \text{ s}^{-1}$.

223. La creșterea uniformă timp de 8 s a intensității curentului într-un conductor cu rezistența de 8Ω , în el se degajă o cantitate de căldură de 800 J. Determinați sarcina ce a trecut prin conductor, dacă intensitatea curentului la momentul inițial era egală cu zero.

224. Intensitatea curentului dintr-un circuit variază în timp după legea $I = I_0 e^{-\alpha t}$ ($\alpha = 0,02 \text{ s}^{-1}$). Determinați cantitatea de căldură care se degajă într-un conductor cu rezistența de 20Ω în timpul, în care intensitatea curentului se micșorează de e ori.

225. Printr-un inel subțire cu raza de 10 cm circulă un curent cu intensitatea de 80 A. Determinați inducția câmpului magnetic B pe axa inelului la distanța $x = 20 \text{ cm}$ de la centrul lui. Construiți graficul dependenței $B(x)$.

226. Distanța dintre două conductoare rectilinii lungi și paralele este de 5 cm. Prin conductoare circulă curenți de aceeași intensitate $I = 30 \text{ A}$. Calculați inducția câmpului magnetic în punctul situat la distanța de 4 cm de un conductor și de 3 cm de la cel de-al doilea. Considerați cazurile, când curenții au același sens și când ei au sensuri opuse.

227. Prin două conductoare rectilinii infinite și reciproc perpendiculare circulă curenții de 30 A și, respectiv, 40 A. Distanța dintre conductoare este de 20 cm. Determinați inducția câmpului magnetic în punctul, situat la aceeași distanță de 20 cm de la fiecare conductor.

228. Printr-un conductor infinit rectiliniu, care a fost îndoit sub un unghi de 120° , circulă un curent de 50 A. Determinați

inducția câmpului magnetic, creat de acest curent în punctele situate pe biseectoarea unghiului, la distanța de 5 cm de la vârful lui.

229. Printr-un contur sub formă de triunghi echilateral cu latura de 30 cm circulă un curent de 40 A . Determinați inducția câmpului magnetic în punctul de intersecție a înălțimilor triunghiului.

230. Printr-un contur sub formă de dreptunghi cu laturile de 30 cm și 40 cm circulă un curent de 60 A . Determinați inducția câmpului magnetic în punctul de intersecție a diagonalelor dreptunghiului.

231. Printr-un conductor subțire sub formă de hexagon cu latura de 10 cm circulă un curent de 25 A . Determinați inducția câmpului magnetic în centrul hexagonului.

232. Printr-un inel subțire conductor circulă un curent. Lăsând curentul constant, inelul a fost transformat în pătrat. De câte ori variază inducția câmpului magnetic în centrul conturului?

233. Un cadru pătrat este situat în același plan cu un conductor rectiliniu infinit astfel, încât două laturi ale pătratului sunt paralele cu conductorul. Prin cadru și conductor circulă curenți de aceeași intensitate $I = 50$ A . Determinați forța ce acționează asupra cadrului, dacă cea mai apropiată de conductor latură a lui se află la distanța egală cu lungimea ei.

234. Un conductor sub forma unui semiinel cu raza de 10 cm se află într-un câmp magnetic omogen cu inducția de 50 mT . Prin conductor circulă un curent cu intensitatea de 10 A . Determinați forța ce acționează asupra semiinelului, dacă planul lui este perpendicular liniilor câmpului magnetic.

235. Prin trei conductoare rectilinii și paralele, care se află la aceeași distanță de 10 cm unul de altul, circulă curenți de aceeași intensitate de 100 A . În două conductoare sensul curenților

coincid. Calculați forța ce acționează asupra segmentului cu lungimea de 1 m al fiecărui conductor.

236. Prin două inele conductoare cu razele de 10 cm fiecare, circulă curenți cu intensitatea de 10 A . Determinați forța de interacțiune dintre aceste inele, dacă planele lor sunt paralele, iar distanța dintre centre este de 1 mm .

237. Prin două cadre pătrate cu laturile de 20 cm circulă curenți de 10 A fiecare. Determinați forța de interacțiune a cadrelor situate în plane paralele, dacă distanța dintre ele este de 2 mm .

238. Pe o bară dielectrică subțire cu lungimea de 20 cm este distribuită sarcina de 240 nC . Bara este pusă în mișcare de rotație cu viteza unghiulară de 10 rad./s în raport cu axa perpendiculară barei și care trece prin mijlocul ei. Determinați: **a)** momentul magnetic p_m cauzat de rotația barei încărcate; **b)** raportul momentului magnetic și a momentului impulsului p_m/L , dacă masa barei este de 12 g .

239. Un inel subțire cu raza de 10 cm este încărcat uniform cu sarcina de 10 nC . Inelul se rotește cu frecvența de 10 s⁻¹ în raport cu axa perpendiculară planului inelului și care trece prin centrul lui. Determinați: **a)** momentul magnetic p_m a curentului circular creat de inel; **b)** raportul momentului magnetic și a momentului impulsului p_m/L , dacă masa inelului este de 10 g .

240. Un disc din dielectric cu raza de 10 cm este încărcat uniform cu sarcina de 0,2 μC . Discul se rotește uniform cu frecvența de 20 s⁻¹ în raport cu axa perpendiculară planului discului și care trece prin centrul lui. Determinați: **a)** momentul magnetic p_m a curentului circular creat de disc; **b)** raportul momentului magnetic și a momentului impulsului p_m/L , dacă masa discului este de 100 g .

241. Doi ioni de mase diferite și sarcini egale, pătrunzând într-un câmp magnetic omogen, au început să se miște pe circumferințe cu razele de 3 cm și 1,73 cm. Determinați raportul maselor ionilor, dacă ei au parcurs înainte de a pătrunde în câmpul magnetic aceeași diferență de potențial.

242. Un electron, după ce a parcurs diferența de potențial de 800 V, a pătruns într-un câmp magnetic omogen cu inducția de 47 mT și a început să se miște pe o linie spirală cu pasul de 4 cm. Determinați raza liniei spirale.

243. Un proton, după ce a parcurs diferența de potențial de 300 V, a pătruns într-un câmp magnetic omogen cu inducția de 20 mT sub unghiul de 30° , față de liniile câmpului. Determinați pasul și raza liniei spirale de-a lungul căreia se mișcă protonul.

244. Un ion, după ce a parcurs diferența de potențial acceleratoare de 645 V, a pătruns în câmpurile electric și magnetic încrucișate sub unghi drept. Intensitatea câmpului electric și inducția câmpului magnetic sunt 200 V/m și, respectiv, 1,5 mT. Determinați raportul dintre sarcina ionului și masa lui, dacă ionul se mișcă rectiliniu în aceste câmpuri.

245. Un electron se mișcă într-un câmp magnetic omogen cu inducția de 0,1 T pe o circumferință cu raza de 2 cm. Ținând seama de dependența masei electronului de viteza lui, determinați energia cinetică a electronului.

246. Energia cinetică a unei particule α este de 500 MeV. Particula se mișcă într-un câmp magnetic omogen pe o circumferință cu raza de 80 cm. Ținând seama de dependența masei particulei de viteză, determinați inducția câmpului magnetic.

247. Un electron ce posedă energia cinetică de 1,53 MeV se mișcă pe o circumferință într-un câmp magnetic omogen cu inducția de 0,02 T. Ținând seama de dependența masei particulei de viteză, determinați perioada de rotație a electronului.

248. În același plan cu un conductor rectiliniu infinit, prin care circulă un curent de 50 A , este situat un cadru dreptunghiular astfel, încât laturile lui mai mari cu lungimea de 65 cm sunt paralele conductorului, iar distanța de la conductor până la cea mai apropiată latură este egală cu lățimea cadrului. Determinați fluxul magnetic Φ ce străpunge cadrul.

249. La o sursă de curent cu t.e.m. de $0,5\text{ V}$ și rezistență interioară neglijabilă sunt conectate două bare metalice situate orizontal și paralel una față de alta. Distanța dintre bare este de 20 cm . Barele se află într-un câmp magnetic omogen orientat vertical, cu inducția de $1,5\text{ T}$. Pe bare, sub acțiunea forțelor câmpului magnetic, alunecă cu viteza de 1 m/s un conductor rectiliniu cu rezistența de $0,02\ \Omega$. Rezistența barelor este neglijabilă. Determinați: **a)** t.e.m. de inducție; **b)** forța, ce acționează asupra conductorului din partea câmpului magnetic; **c)** intensitatea curentului în circuit; **d)** puterea consumată la mișcarea conductorului; **e)** puterea consumată la încălzirea conductorului; **f)** puterea debitată de către sursă în circuit.

250. Într-un câmp magnetic omogen cu inducția de $0,4\text{ T}$, în planul perpendicular liniilor câmpului, se rotește o bară cu lungimea de 10 cm . Axa de rotație trece prin una din extremitățile barei. Determinați diferența de potențial la frecvența de rotație de 16 s^{-1} .

251. Un inel conductor cu raza de 10 cm se află pe o masă. Ce sarcină va trece prin inel, dacă el va fi întors de pe o parte pe alta? Rezistența inelului este de $1\ \Omega$. Componenta verticală a inducției câmpului magnetic terestru este de $50\ \mu\text{T}$.

252. Dintr-un conductor subțire de cupru, cu masa sa 1 g este confecționat un cadru pătrat. Cadrul este situat într-un câmp magnetic omogen cu inducția de $0,1\text{ T}$ astfel, încât planul lui este perpendicular liniilor de câmp. Determinați sarcina care va trece

prin conductor, dacă pătratul fiind tras de vârful opuse va fi întins într-o linie.

253. La distanța de 1 m de la un conductor rectiliniu infinit, prin care circulă un curent de 50 A, se află un inel cu raza de un 1 cm. Inelul este situat astfel, încât fluxul ce îl străbate este maxim. Determinați sarcina ce va trece prin inel, dacă curentul din conductor va dispărea. Rezistența inelului este de 10Ω , iar câmpul în limitele inelului se va considera omogen.

254. O bobină înfășurată pe un cilindru de lemn are 750 spire și inductanța de 25 mH. Pentru a mări inductanța bobinei până la 36 mH, bobina dată a fost înlocuită cu alta confecționată dintr-o sârmă mai subțire astfel, încât lungimea bobinei să rămână aceeași. Determinați numărul de spire al bobinei noi.

255. Câte spire de sârmă cu diametrul de 0,2 mm, grosimea izolației căreia este neglijabilă, trebuie să înfășurăm pe un cilindru de carton cu diametrul de 2 cm, pentru a obține o bobină, având un strat de spire cu inductanța de 1 mH? Spirele sunt așezate una lângă alta.

256. O sursă de curent a fost conectată la o bobină cu rezistența de 10Ω și inductanța de 1 H. Peste cât timp curentul va atinge 0,9 din valoarea sa maximă?

4. Oscilații și unde

257. Oscilațiile unui punct au loc după legea $x = A \cos(\omega t + \varphi)$. La un moment de timp deplasarea x a punctului este de 5 cm, iar viteza și accelerația lui sunt 20 cm/s și, respectiv, -80 cm/s^2 . Determinați amplitudinea A , pulsația ω , perioada oscilațiilor T și faza $\omega t + \varphi$ la momentul de timp dat.

258. Se compun două oscilații armonice coliniare cu perioadele $T_1 = T_2 = 1,5 \text{ s}$ și amplitudinile $A_1 = A_2 = 2 \text{ cm}$. Fazele

inițiale ale oscilațiilor sunt $\pi/2$ și, respectiv, $\pi/3$. Determinați amplitudinea A și faza inițială φ a oscilației rezultante. Obțineți ecuația ei și construiți diagrama fazorială a compunerii amplitudinilor.

259. Se compun trei oscilații armonice coliniare cu perioadele de 2 s și amplitudinile de 3 cm, fiecare. Fazele inițiale sunt 0, $\pi/3$ și, respectiv, $2\pi/3$. Construiți diagrama fazorială a compunerii amplitudinilor. Determinați din diagramă amplitudinea A și faza inițială φ a oscilației rezultante. Scrieți ecuația ei.

260. Un punct material ia parte simultan în două oscilații armonice reciproc perpendiculare, care sunt descrise de ecuațiile: **a)** $x = A \sin \omega t$ și $y = A \cos 2\omega t$; **b)** $x = A \cos \omega t$ și $y = A \sin 2\omega t$; **c)** $x = A \cos 2\omega t$ și $y = A_1 \cos 2\omega t$; **d)** $x = A_1 \sin \omega t$ și $y = A \cos \omega t$. Determinați ecuația traiectoriei punctului și construiți-o indicând sensul mișcării lui. Considerați: $A = 2$ cm și $A_1 = 3$ cm.

261. Un punct material ia parte simultan în două oscilații reciproc perpendiculare exprimate prin ecuațiile $x = 2 \cos \omega t$ și $y = 3 \sin 0,5\omega t$. Obțineți ecuația traiectoriei, construiți-o și indicați poziția inițială și sensul mișcării punctului.

262. Pe o bară cu lungimea de 30 cm sunt fixate două greutateți identice: una la mijlocul barei, iar alta la un capăt al ei. Bara cu greutateți oscilează în jurul axei orizontale ce trece prin capătul ei liber. Determinați lungimea redusă și perioada oscilațiilor armonice ale pendulului fizic dat. Masa barei se neglijează.

263. Un punct material efectuează oscilații armonice conform ecuației $x = 5 \sin 2t$. La momentul de timp când punctul

material posedă energia potențială de $0,1 \text{ mJ}$, asupra lui acționa forța de 5 mN . Aflați acest moment de timp.

264. Un cerc subțire suspendat pe un cui, bătut orizontal într-un perete, oscilează într-un plan paralel peretelui. Raza cercului este de 30 cm . Calculați perioada oscilațiilor cercului.

265. Un disc omogen cu raza de 30 cm oscilează în jurul unei axe orizontale ce trece prin una din generatoarele suprafeței cilindrice a discului. Aflați perioada oscilațiilor lui.

266. Un disc omogen cu raza de 24 cm oscilează în jurul unei axe orizontale ce trece prin mijlocul uneia din razele lui, perpendicular pe planul discului. Determinați lungimea redusă și perioada oscilațiilor acestui pendul.

267. Un pendul fizic de forma unei bare subțiri cu lungimea de 120 cm , oscilează în jurul unei axe orizontale ce trece printr-un punct situat la distanța x de la centrul de masă al ei. Pentru ce valoare a mărimii x perioada oscilațiilor are valoare minimă?

268. Un corp cu masa de 4 kg , fixat pe o axă verticală efectuează oscilații cu perioada de $0,8 \text{ s}$. Când pe această axă a fost fixat un disc, astfel încât axa lui coincide cu cea de oscilație a corpului, perioada oscilațiilor a devenit egală cu $1,2 \text{ s}$. Raza discului este de 20 cm , iar masa lui coincide cu masa corpului. Determinați momentul de inerție al corpului față de axa de oscilații.

269. Un areometru cu masa de 50 g și diametrul tubului de 1 cm plutește în apă. Fiind puțin cufundat, areometrul a început să oscileze armonic. Determinați perioada oscilațiilor lui.

270. Într-un tub sub forma literei **U**, deschis la ambele capete, a fost turnată repede o cantitate de 200 g de mercur. Determinați perioada oscilațiilor mercurului, dacă aria secțiunii transversale a tubului este de $0,4 \text{ cm}^2$.

271. Printr-un cadru pătrat din sârmă subțire cu masa de 2 g circulă un curent de 6 A. Cadrul este suspendat liber la capătul unui fir neelastic, de mijlocul uneia din laturi. Determinați perioada oscilațiilor mici a acestui cadru într-un câmp magnetic omogen cu inducția de 2 mT. Amortizarea oscilațiilor se neglijează.

272. Un inel confecționat dintr-o sârmă subțire cu masa de 3 g este suspendat liber la capătul unui fir neelastic într-un câmp magnetic omogen. Prin inel trece un curent de 2 A. Perioada oscilațiilor mici de torsiune a inelului față de axa verticală este de 1,2 s. Determinați inducția câmpului magnetic.

273. Decrementul logaritm al oscilațiilor unui pendul este de 0,003. Determinați numărul N de oscilații complete, pe care trebuie să le efectueze pendulul, pentru ca amplitudinea oscilațiilor să se micșoreze de două ori.

274. O greutate cu masa de 500 g, suspendată de un arc cu rigiditatea de 20 N/m, efectuează oscilații într-un anumit mediu. Decrementul logaritm al amortizării oscilațiilor este de 0,004. Determinați numărul N de oscilații complete pe care trebuie să le efectueze greutatea, pentru ca amplitudinea oscilațiilor să se micșoreze de trei ori. În cât timp va avea loc această micșorare?

275. Un corp cu masa de 5 g efectuează oscilații amortizate. În timp de 50 s corpul a pierdut 60 % din energia sa. Determinați coeficientul de rezistență.

276. Care este perioada oscilațiilor amortizate T , dacă perioada oscilațiilor proprii $T_0 = 1$ s, iar decrementul logaritm al amortizării oscilațiilor este de 0,628.

277. Determinați numărul oscilațiilor complete ale unui sistem oscilator, în urma cărora energia lui se micșorează de două ori. Decrementul logaritm al amortizării este de 0,01.

278. Un corp cu masa de 1 kg se află într-un vas cu un mediu vâcos, având coeficientul de rezistență de 0,05 kg/s. Corpul este prevăzut cu o gaură, prin care trece o bară fixată orizontal. Cu ajutorul a două arcuri fixate de corp și pereții vasului, cu rigiditățile de 50 N/m fiecare, corpul se menține în poziție de echilibru, arcurile rămânând nedeformate. Fiind scos din poziția de echilibru, corpul este lăsat liber. Determinați: **a)** coeficientul de amortizare; **b)** frecvența oscilațiilor; **c)** decrementul logaritm al oscilațiilor; **d)** numărul de oscilații, în urma cărora amplitudinea se micșorează de e ori.

279. Un vagon cu masa de 80 t are patru arcuri. Rigiditatea fiecărui arc este de 500 kN/m. La ce viteză vagonul va începe să se clatine mai intens ca rezultat al izbiturilor pe încheieturile căii ferate, dacă lungimea unui segment de șină este de 12,8 m ?

280. Un sistem oscilatoriu efectuează oscilații amortizate cu frecvența de 1000 Hz. Determinați frecvența oscilațiilor proprii, dacă cea de rezonanță este de 998 Hz.

281. Determinați cu cât diferă frecvența de rezonanță de cea proprie a oscilațiilor, egală cu 1 kHz. Sistemul oscilant este caracterizat de coeficientul de amortizare egal cu 400 s^{-1} .

282. Determinați decrementul logaritm al amortizării unui sistem oscilant, pentru care rezonanța are loc la o frecvență cu 2 Hz mai mică decât frecvența proprie de 10 kHz.

283. Perioada oscilațiilor proprii a unui pendul cu arc este de 0,55 s. Într-un mediu vâcos perioada aceluiași pendul este de 0,56 s. Determinați frecvența de rezonanță a oscilațiilor.

284. Un pendul cu arc, având rigiditatea de 10 N/m și masa greutății de 500 g , efectuează oscilații forțate într-un mediu vâcos cu coeficientul de rezistență de $0,02 \text{ kg/s}$. Determinați coeficientul de amortizare și amplitudinea de rezonanță, dacă valoarea maximă a forței perturbatoare este de 10 mN .

285. Un corp efectuează oscilații forțate într-un mediu cu coeficientul de rezistență de 1 g/s . Considerând amortizarea mică determinați amplitudinea forței perturbatoare, dacă amplitudinea de rezonanță este de $0,5 \text{ cm}$, iar frecvența oscilațiilor proprii este de 10 Hz .

286. Amplitudinile oscilațiilor armonice forțate la frecvențele de 400 Hz și 600 Hz sunt egale între ele. Neglijând amortizarea determinați frecvența de rezonanță.

287. De un resort cu rigiditatea de 10 N/m a fost atârnată o greutate cu masa de 10 g . Sistemul obținut a fost scufundat într-un mediu vâcos. Considerând coeficientul de rezistență al mediului egal cu $0,1 \text{ kg/s}$, determinați: **a)** frecvența oscilațiilor proprii ale sistemului; **b)** frecvența de rezonanță; **c)** amplitudinea de rezonanță, dacă forța perturbatoare variază după o lege armonică cu amplitudinea de $0,02 \text{ N}$; **d)** raportul dintre amplitudinea de rezonanță și deplasarea statică.

288. De câte ori amplitudinea oscilațiilor forțate va fi mai mică decât amplitudinea de rezonanță, dacă frecvența forței perturbatoare va fi mai mare decât frecvența de rezonanță: **a)** cu 10% ; **b)** de 2 ori? Coeficientul de amortizare în ambele cazuri este egal cu $0,1\omega_0$, unde ω_0 este pulsația oscilațiilor proprii.

5. Optică ondulatorie

289. Între o placă orizontală de sticlă și o lentilă plan-convexă se află un lichid. Aflați indicele de refracție al lichidului, dacă raza celui de al treilea inel întunecat al lui Newton la observarea în lumină reflectată cu lungimea de undă $\lambda = 0,6 \mu\text{m}$ este de $0,82 \text{ mm}$. Raza de curbură a lentilei este de $0,5 \text{ m}$.

290. Pe o peliculă subțire, în direcția normalei la suprafața ei, cade lumină monocromatică cu lungimea de undă $\lambda = 500 \text{ nm}$. În urma interferenței lumina reflectată este maximal amplificată. Determinați grosimea minimă a peliculei, dacă indicele de refracție al materialului peliculei este $n = 1,4$.

291. Distanța de la fante până la ecran în experiența lui Young este $L = 1 \text{ m}$. Determinați distanța dintre fante, dacă pe un segment cu lungimea $l = 1 \text{ cm}$ se află 10 franje întunecate. Lungimea de undă este $\lambda = 0,7 \mu\text{m}$.

292. Pe o placă de sticlă se află o lentilă plan convexă. Perpendicular pe ea, cade lumină monocromatică cu lungimea de undă $\lambda = 500 \text{ nm}$. Determinați raza de curbură a lentilei, dacă raza celui de-al patrulea inel întunecat al lui Newton în lumina reflectată este $r_4 = 2 \text{ mm}$.

293. Pe o peliculă subțire de glicerină cu grosimea de $1,5 \mu\text{m}$, pe direcția normală la suprafața ei, cade lumină albă. Determinați lungimile de undă λ ale razelor spectrului vizibil ($0,4 \leq \lambda \leq 0,8 \mu\text{m}$), care vor fi atenuate ca rezultat al interferenței.

294. Pe o placă de sticlă este distribuit un strat subțire din substanță transparentă cu indicele de refracție $n = 1,3$. Placa este luminată cu un fascicol de raze paralele de lumină monocromatică

cu lungimea de undă $\lambda = 500 \text{ nm}$, incidente normal pe placă. Ce grosime minimă trebuie să aibă stratul, pentru ca fluxul reflectat să aibă luminozitate minimă?

295. Pe o pană subțire de sticlă cade normal un flux paralel de raze luminoase monocromatice cu lungimea de undă $\lambda = 500 \text{ nm}$. Distanța dintre două franje vecine întunecoase în lumină reflectată este de $0,5 \text{ mm}$. Determinați unghiul α dintre suprafețele penei. Indicele de refracție al penei $n = 1,4$.

296. O lentilă plan-convexă cu distanța focală de 1 m se află cu partea convexă pe o placă de sticlă. Raza celui de-al cincilea inel întunecat al lui Newton în lumină reflectată este $r_5 = 1,1 \text{ mm}$. Determinați lungimea de undă λ a luminii.

297. Între două plăci plan-paralele, la distanța $L = 10 \text{ cm}$ de la granița de contact se află o sârmă cu diametrul $d = 0,01 \text{ mm}$, formându-se o pană de aer. Plăcile sînt iluminate cu lumină monocromatică ($\lambda = 0,6 \mu\text{m}$) incidentă normal. Determinați lățimea franjelor de interferență observate în lumină reflectată.

298. Instalația folosită pentru observarea inelelor lui Newton este iluminată cu lumină monocromatică ($\lambda = 590 \text{ nm}$) incidentă normal. Raza de curbură a lentilei este $R = 5 \text{ m}$. Determinați grosimea stratului de aer d_3 în acel loc, unde în lumină reflectată se observă cel de-al treilea inel luminos.

299. Determinați lungimea de undă a luminii folosite în experiența lui Young, dacă la introducerea în calea uneia din raze a unei plăci de sticlă cu grosimea de $3 \mu\text{m}$ și indicele de refracție $n = 1,52$, tabloul de interferență se deplasează pe ecran cu 3 franje luminoase.

300. Două surse coerente, aflate la $0,2 \text{ mm}$ una de alta, sînt situate la distanța de $1,5 \text{ m}$ de la un ecran. Determinați lungimea de

undă a luminii, dacă al treilea minim de interferență se află pe ecran la distanța de 12,6 mm de la centrul tabloului.

301. Determinați distanța dintre al treilea și al cincilea minime de interferență pe ecran, dacă distanța dintre sursele coerente ($\lambda = 0,6 \mu\text{m}$) și ecran constituie 2 m, iar cea dintre surse este de 0,2 mm.

302. Pe o peliculă subțire de terebentină cade lumină albă. Privită sub unghiul de 60° în lumină reflectată, pelicula pare portocalie ($\lambda = 0,625 \mu\text{m}$). Care va fi culoarea peliculei observată sub un unghi de 2 ori mai mic?

303. Pe o peliculă subțire de săpun ($n = 1,3$) cu grosimea de $1,25 \mu\text{m}$ cade normal lumină monocromatică. În lumină reflectată pelicula pare luminoasă. Ce grosime minimă trebuie să aibă o peliculă de terebentină, pentru ca în aceleași condiții ea să pară întunecată.

304. Pe o pană optică subțire de sticlă ($n = 1,52$) cu unghiul de $5'$ cade normal un flux de lumină monocromatică cu lungimea de undă $\lambda = 0,591 \mu\text{m}$. Câte franje întunecate se află pe 1 cm al penei?

305. Ce număr minim de fante N_{min} trebuie să conțină o rețea de difracție, pentru ca în spectrul de ordinul doi să se poată vedea despărțite cele două linii galbene ale natriului cu lungimile de undă $\lambda_1 = 589,0 \text{ nm}$ și $\lambda_2 = 589,6 \text{ nm}$? Ce lungime are această rețea dacă constanta ei este $d = 5 \mu\text{m}$?

306. Lungimea de undă a luminii monocromatice incidente normal pe suprafața unei rețele de difracție este de $n = 4,6$ ori mai mică decât constanta rețelei. Determinați numărul total al maximelor de difracție, care pot fi teoretic observate cu ajutorul acestei rețele.

307. Pe o rețea de difracție cade normal un fascicol de lumină albă. Spectrele de ordinele 3 și 4 parțial se suprapun. Care este lungimea de undă a culorii din spectrul de ordinul 4, pe care se suprapune marginea ($\lambda = 780 \text{ nm}$) spectrului de ordinul 3?

308. Pe o rețea de difracție ce conține 600 fante/mm cade normal lumină albă. Spectrul se proiectează pe un ecran cu ajutorul unei lentile situate în apropierea rețelei. Determinați lățimea spectrului de ordinul 1 pe ecran, dacă distanța de la lentilă până la ecran este de 1,2 m. Granițele spectrului vizibil sunt: $\lambda_{\text{roșu}} = 780 \text{ nm}$, $\lambda_{\text{violet}} = 400 \text{ nm}$.

309. Pe fața unui cristal de sare de bucătărie cade un fascicol paralel de raze Roentgen. Distanța d dintre planele atomice este de 280 pm. Sub unghiul $\vartheta = 65^\circ$ față de planul atomic se observă maximul de difracție de ordinul 1. Determinați lungimea de undă a radiației Roentgen.

310. Pe o placă netransparentă ce conține o fantă îngustă cade normal o undă monocromatică de lumină ($\lambda = 780 \text{ nm}$). Raza ce corespunde maximului de ordinul 2 se abate sub unghiul $\varphi = 20^\circ$. Determinați lățimea fantei.

311. Pe o rețea de difracție ce conține 100 fante/mm cade normal lumină monocromatică. Tubul spectrometrului este orientat spre maximul de ordinul 2. Pentru a orienta spectrometrul la alt maxim de același ordin el trebuie rotit cu unghiul $\Delta\varphi = 16^\circ$. Determinați lungimea de undă a luminii incidente pe rețea.

312. Pe o rețea de difracție cade normal lumină monocromatică ($\lambda = 410 \text{ nm}$). Unghiul $\Delta\varphi$ dintre direcțiile spre maximele de ordinele 1 și 2 este de $2^\circ 21'$. Aflați numărul de fante/mm a rețelei de difracție.

313. Constanta unei rețele de difracție este de 4 ori mai mare decât lungimea de undă a luminii monocromatice incidente normal pe suprafața ei. Determinați unghiul α dintre direcțiile spre primele maxime de difracție situate simetric.

314. Distanța dintre două fante vecine ale rețelei de difracție este $d = 4 \mu\text{m}$. Pe rețea cade normal lumină cu lungimea de undă de $0,58 \mu\text{m}$. Care este cel mai mare ordin al maximumului obținut cu această rețea.

315. Aflați raza minimă a unui orificiu circular într-un ecran netransparent, dacă la iluminarea lui cu lumină monocromatică în centrul tabloului de difracție se observă o pată întunecată, iar raza celei de a treia zone Fresnel este de 2 mm .

316. Pe un orificiu circular cu raza de 2 mm cade o undă monocromatică plană de lumină. Determinați lungimea de undă a luminii ce iluminează orificiul, dacă în el încap 5 zone Fresnel și din punctul de observație orificiul se vede sub unghiul de $5'$.

317. Pe o placă netransparentă, ce conține o fantă, cade normal o undă plană ($\lambda = 0,585 \mu\text{m}$). Aflați lățimea fantei, dacă unghiul de abatere a razelor ce corespund celui de al doilea maxim este de 17° .

318. Ce diferență de lungimi de undă poate separa rețeaua de difracție cu perioada de $2,7 \mu\text{m}$ și lățimea de $1,5 \text{ cm}$, în spectrul de ordinul 3 pentru razele verzi ($\lambda = 0,5 \mu\text{m}$)?

319. Un fascicol de lumină monocromatică cu lungimea de undă $\lambda = 0,575 \mu\text{m}$ cade normal pe o rețea de difracție cu perioada de $2,4 \mu\text{m}$. Determinați ordinul maxim al spectrului și numărul total al maximelor principale în tabloul de difracție.

320. Constanta rețelei de difracție este $2,8 \mu\text{m}$. Determinați ordinul maxim al spectrului pentru linia roșie cu lungimea de undă

$\lambda = 0,7 \mu\text{m}$, numărul total de maxime principale și unghiul de abatere a ultimului maxim în tabloul de difracție obținut.

6. Elemente de fizică cuantică și a nucleului atomic

321. Cum și de câte ori se va modifica fluxul radiant al unui corp absolut negru, dacă maximumul radianței energetice se va deplasa de la linia roșie a spectrului vizibil ($\lambda_{m1} = 780 \text{ nm}$) la cea violetă ($\lambda_{m2} = 390 \text{ nm}$)?

322. Calculați emisivitatea radiantă (coeficientul de radiație) α_r a unui corp cenușiu, al cărui temperatură măsurată cu pirometrul de radiație este $T_r = 1,4 \text{ kK}$, temperatura reala a corpului fiind $T = 3,2 \text{ kK}$.

323. De pe o suprafață de arie $S = 2 \text{ cm}^2$ acoperită cu funingine la temperatura $T = 400 \text{ K}$, în intervalul de timp $t = 5 \text{ min}$ este radiată energia $W = 83 \text{ J}$. Determinați emisivitatea radiantă (coeficientul de radiație) a funinginii α_T .

324. La creșterea temperaturii unui corp absolut negru de două ori lungimea de undă λ_m , la care densitatea spectrală a radianței energetice ($r_{\lambda,T}$) este maximă, s-a micșorat cu $\Delta\lambda = 400 \text{ nm}$. Determinați temperaturile inițială T_1 și finală T_2 a corpului.

325. Ca rezultat al variației temperaturii unui corp absolut negru, maximumul densității spectrale a radianței energetice $(r_{\lambda,T})_{\text{max}}$ s-a deplasat de la $\lambda_1 = 2,4 \mu\text{m}$ la $\lambda_2 = 0,8 \mu\text{m}$. Cum și de câte ori a variat radianța energetică R^* și maximumul densității spectrale a radianței energetice a corpului?

326. Lungimile de undă λ_{m1} și λ_{m2} ce corespund maximelor densității spectrale a două corpuri absolut negre diferă cu $\Delta\lambda = 0,5 \mu\text{m}$. Determinați temperatura corpului al doilea, dacă temperatura primului corp este $T_1 = 2,5 \text{ kK}$.

327. Radianța energetică a unui corp absolut negru este $R^* = 3 \text{ W/cm}^2$. Determinați lungimea de undă ce corespunde maximului densității spectrale a radianței energetice a acestui corp.

328. Un filament de wolfram este încălzit în vid cu un curent de intensitatea $I_1 = 1 \text{ A}$ până la temperatura $T_1 = 1000 \text{ K}$. Ce valoare trebuie să aibă intensitatea curentului pentru ca temperatura filamentului să devină $T_2 = 3000 \text{ K}$? Pierderile de energie prin conductibilitate termică și variațiile parametrilor liniari ai filamentului se neglijează. Coeficienții de radiație ai wolframului și rezistivitățile lui la temperaturile T_1 și T_2 sunt: $\alpha_{T_1} = 0,115$ și $\rho_1 = 25,7 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$; $\alpha_{T_2} = 0,334$ și $\rho_2 = 96,2 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$.

329. Aria suprafeței filamentului de wolfram al unui bec de 25 W este $S = 0,403 \text{ cm}^2$. Temperatura la incandescență este $T = 2177 \text{ K}$. De câte ori acest bec radiază mai puțină energie decât un corp absolut negru la aceleași valori ale ariei suprafeței și temperaturii? Care este coeficientul de radiație a wolframului la această temperatură?

330. Puterea de radiație a unui corp absolut negru este $P = 100 \text{ kW}$. Cu ce este egală aria suprafeței radiante a corpului, dacă lungimea de undă pentru care densitatea spectrală a radianței energetice prezintă maxim este $\lambda = 0,7 \mu\text{m}$?

331. Maximul densității spectrale a radianței energetice este $(r_{\lambda,T})_{\text{max}} = 4,16 \cdot 10^{11} \text{ W/m}^2$. La ce lungime de undă apare el?

332. Ca rezultat al variației temperaturii unui corp absolut negru maximul densității spectrale a radianței energetice s-a

deplasat de la $\lambda_1 = 2,5 \mu\text{m}$ la $\lambda_2 = 0,125 \mu\text{m}$. De câte ori s-a modificat: **a)** temperatura corpului; **b)** radianța energetică?

333. Într-un vas negru de metal cu pereți subțiri de forma unui cub, s-a turnat 1 kg de apă la temperatura $t_1 = 50 \text{ }^\circ\text{C}$ care a umplut vasul. Determinați timpul de răcire a vasului până la temperatura $t_2 = 10 \text{ }^\circ\text{C}$, dacă vasul este așezat într-o cavitate neagră, temperatura pereților acesteia fiind de zero absolut.

334. În spectrul de radiație al sferei de foc cu raza de 100 m, ce apare în urma exploziei nucleare, energia de radiație este maximă la lungimea de undă de $0,289 \mu\text{m}$. Determinați: **a)** temperatura suprafeței sferei și energia radiată de suprafața ei în intervalul de timp de 0,001 s; **b)** distanța maximă la care se vor aprinde obiectele de lemn, dacă puterea lor de absorbție este 0,7. Căldura de aprindere a lemnului uscat este $5 \cdot 10^4 \text{ J/m}^2$.

335. Cu câte grade ar scădea temperatura globului pământesc în 100 ani, dacă Pământul n-ar primi energie solară? Raza Pământului se va lua egală cu $6,4 \cdot 10^6 \text{ m}$, căldura specifică – $200 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$, densitatea – 5500 kg/m^3 , temperatura medie – 300 K , coeficientul de radiație – 0,8. În cât timp temperatura ar scădea cu 27 K ?

336. O bilă de cupru, având diametrul $d = 1,2 \text{ cm}$ a fost introdusă într-un vas, din care s-a evacuat aerul. Temperatura pereților vasului se menține aproape de zero absolut. Temperatura inițială a bilei este $T_0 = 300 \text{ K}$. Considerând suprafața bilei absolut neagră, determinați intervalul de timp, în care temperatura ei se va micșora de 2 ori. Căldura specifică a cuprului $c = 390 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$, iar densitatea cuprului $\rho = 8900 \text{ kg/m}^3$.

337. Determinați viteza maximă v_{\max} a fotoelectronilor emiși de un metal sub acțiunea radiației γ cu lungimea de undă $\lambda = 0,3 \text{ nm}$.

338. Viteza maximă a fotoelectronilor emiși de un metal iradiat cu fotoni γ este $v_{\max} = 291 \text{ Mm/s}$. Calculați energia fotonului incident.

339. Fluxul de energie Φ emis de un bec electric este de 600 W . La distanța $r = 1 \text{ m}$ de la bec este fixată perpendicular pe razele incidente o oglindă rotundă și plană cu diametrul $d = 2 \text{ cm}$. Considerând că radiația becului este aceeași în toate direcțiile și că oglinda reflectă complet lumina incidentă, determinați forța F de presiune exercitată de lumină pe oglindă.

340. Presiunea p exercitată de lumina monocromatică ($\lambda = 600 \text{ nm}$) pe o suprafață neagră de aria $S = 1 \text{ cm}^2$ așezată perpendicular pe razele incidente este egală cu $0,1 \mu\text{Pa}$. Calculați numărul N de fotoni ce cad pe suprafață în $t = 1 \text{ s}$.

341. Pe o suprafață plană de oglindă cade normal radiație monocromatică cu lungimea de undă $\lambda = 500 \text{ nm}$ și apasă pe ea cu forța $F = 10 \text{ nN}$. Calculați numărul N de fotoni incidenți pe această suprafață în fiecare secundă.

342. Un fascicol paralel de lumină monocromatică ($\lambda = 662 \text{ nm}$) este incident pe o suprafață înnegrită și produce pe ea presiunea $p = 0,3 \mu\text{Pa}$. Determinați concentrația n a fotonilor din fascicolul luminos.

343. În efectul Compton, un foton a fost difuzat de un electron liber sub unghiul $\vartheta = \pi/2$. Determinați impulsul p obținut de electron, dacă energia fotonului incident era $\varepsilon = 1,02 \text{ MeV}$.

344. Un foton cu energia $\varepsilon = 0,4 \text{ MeV}$ a fost difuzat de un electron liber sub unghiul $\vartheta = \pi/2$. Determinați energia ε' a fotonului difuzat și energia cinetică E_c a electronului de recul.

345. Ce parte din energia fotonului în efectul Compton revine electronului de recul, dacă fotonul a fost difuzat sub un unghi $\vartheta = \pi/2$? Energia fotonului înainte de împrăștiere este $\varepsilon = 0,51 \text{ MeV}$.

346. Un foton cu energia $\varepsilon = 1,02 \text{ MeV}$ a fost difuzat de un electron liber prin efectul Compton sub unghiul $\vartheta = 180^\circ$. Calculați energia cinetică a electronului de recul.

347. Ca rezultat al efectului Compton un foton cu energia $\varepsilon = 1,02 \text{ MeV}$ a fost difuzat de un electron liber sub unghiul $\vartheta = 150^\circ$. Determinați energia ε' a fotonului difuzat.

348. Determinați unghiul ϑ sub care a fost difuzată o cuantă γ cu energia $\varepsilon = 1,53 \text{ MeV}$ de un electron liber în cadrul efectului Compton, dacă energia cinetică a electronului de recul este $E_c = 0,51 \text{ MeV}$.

349. Un foton, căruia îi corespunde lungimea de undă $\lambda = 1 \text{ pm}$, a fost difuzat de un electron liber sub unghiul $\vartheta = 90^\circ$. Ce parte din energia fotonului a fost transmisă electronului?

350. Lungimea de undă λ a unui foton este egală cu lungimea de undă Compton a electronului. Determinați energia ε și impulsul p al fotonului.

351. Energia fotonului incident este egală cu energia de repaus a electronului. Determinați partea ε_1 din energia fotonului incident, pe care o păstrează fotonul difuzat și, partea ε_2 din această energie, primită de electronul de recul, dacă unghiul de difuzie ϑ este egal cu: **a)** 60° ; **b)** 90° ; **c)** 180° .

352. Un foton cu energia $\varepsilon = 250 \text{ keV}$ a fost difuzat sub unghiul $\vartheta = 120^\circ$ de un electron în repaus. Determinați energia fotonului difuzat.

353. Cu cât ar trebui mărită energia cinetică a unei particule nerelativiste, pentru ca lungimea de undă de Broglie să se micșoreze de două ori? Efectuați calculul pentru un electron nerelativist cu lungimea de undă $\lambda_1 = 10^{-10} \text{ m}$.

354. Ce energie cinetică trebuie transmisă unui proton, pentru ca lungimea de undă de Broglie a acestuia să devină egală cu: **a)** 10^{-10} m , **b)** lungimea de undă Compton.

355. Ce energie cinetică trebuie transmisă unui electron, pentru ca lungimea de undă de Broglie să devină egală cu lungimea de undă Compton a electronului?

356. Ce diferență de potențial de accelerare U trebuie să parcurgă un electron, pentru ca lungimea de undă de Broglie a lui să fie egală cu $0,1 \text{ nm}$?

357. Determinați lungimea de undă de Broglie λ a unui proton care a parcurs diferența de potențial de accelerare U : **a)** 1 kV ; **b)** 1 MV .

358. Un electron se mișcă pe o traiectorie circulară cu raza $r = 0,5 \text{ cm}$ într-un câmp magnetic omogen cu inducția $B = 8 \text{ mT}$. Determinați lungimea de undă de Broglie a electronului.

359. Calculați lungimea de undă de Broglie λ pentru un electron ce posedă energia cinetică $E_c = 13,6 \text{ eV}$ (energia de ionizare a atomului de hidrogen). Comparați valoarea obținută pentru λ cu diametrul d al atomului de hidrogen (aflând raportul λ/d). Este oare necesar să se ia în considerare proprietățile ondulatorii ale electronului atunci când se studiază mișcarea lui în

atomul de hidrogen? Diametrul atomului de hidrogen se va lua egal cu două raze Bohr ($R_B = 5,29 \cdot 10^{-11}$ m).

360. Într-un studiu al difuziei particulelor α pe nuclee (experiențele lui Rutherford) parametrul de șoc s-a luat de ordinul a 0,1 nm. În acest studiu proprietățile ondulatorii ale particulelor α ($E = 7,7$ MeV) nu s-au luat în considerare. Este admisibilă această aproximație?

361. Calculați lungimea de undă de Broglie pentru neutronii termici ($T = 300$ K). Trebuie oare să se țină seama de proprietățile ondulatorii ale neutronilor atunci când se studiază interacțiunea lor cu cristalul? Distanța dintre atomii cristalului se va lua de 0,5 nm.

362. Ce diferență de potențial de accelerare U trebuie să parcurgă un proton, pentru ca lungimea de undă de Broglie λ să fie egală cu: **a)** 1 nm; **b)** 1 pm?

363. Un proton posedă energia cinetică $E_c = 1$ keV. Determinați energia suplimentară ΔE_c , care trebuie să i se transmită protonului, pentru ca lungimea de undă de Broglie asociată lui să se reducă de 3 ori?

364. Un electron posedă energia cinetică $E_c = 1,02$ MeV. De câte ori se va modifica lungimea de undă de Broglie, dacă energia cinetică a electronului se va micșora de două ori?

365. Energia cinetică E_c a unui electron este egală cu valoarea dublă a energiei sale de repaus ($2m_0c^2$). Calculați lungimea de undă de Broglie λ asociată acestui electron.

366. Determinați imprecizia Δx a coordonatei unui electron ce se mișcă în atomul de hidrogen cu viteza de $1,5 \cdot 10^6$ m/s, dacă imprecizia admisibilă Δv , cu care se determină viteza lui este de

10 % din valoarea vitezei. Comparați imprecizia obținută cu diametrul atomului de hidrogen, calculat în conformitate cu teoria lui Bohr pentru starea fundamentală, și spuneți dacă în acest caz e aplicabilă noțiunea de traiectorie.

367. Un electron, având energia cinetică $E_c = 15 \text{ eV}$, se află într-o particulă metalică cu diametrul de $1 \mu\text{m}$. Evaluați imprecizia relativă $\Delta v/v$, cu care poate fi determinată viteza electronului.

368. De câte ori lungimea de undă de Broglie λ a unei particule este mai mică decât nedeterminarea Δx a coordonatei ei, care corespunde unei nedeterminări relative a impulsului de 1%.

369. Considerând că nedeterminarea coordonatei unei particule în mișcare este egală cu lungimea de undă de Broglie, determinați imprecizia relativă $\Delta p/p$ a impulsului acestei particule.

370. Utilizând relația de incertitudine $\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \hbar$ obțineți expresia, care permite evaluarea energiei minime E_{\min} a unui electron ce se află într-o groapă de potențial unidimensională cu lățimea l .

371. Considerând că energia minimă a unui nucleon dintr-un nucleu este de 10 MeV , estimați dimensiunile liniare ale nucleului, folosind relațiile de incertitudine.

372. Niște fire de praf, având masa de 10^{-12} g fiecare, în stare de suspensie în aer se află în echilibru termodinamic. Se poate oare constata vre-o deviere de la legile mecanicii clasice, urmărind mișcarea particulelor? Se va considera că aerul este în condiții normale, iar particulele de praf au formă sferică. Densitatea firelor de praf este de $2 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$.

373. Evaluați lărgimea relativă $\Delta\omega/\omega$ a unei linii spectrale, dacă sunt date durata medie de viață a atomului în starea excitată ($\tau = 10^{-8} \text{ s}$) și lungimea de undă a fotonului radiat ($\lambda = 0,6 \mu\text{m}$).

374. Folosind relația de nedeterminare, evaluați energia cinetică minimă a electronului $(E_c)_{\min}$, ce se mișcă într-un domeniu sferic cu diametrul de 0,1 nm.

375. Estimați erorile minime cu care se determină vitezele unui electron, ale unui proton și ale unei bile cu masa de 1 mg, dacă coordonatele particulelor și ale centrului bilei sunt stabilite cu nedeterminarea de 1 μm .

376. Folosind relația de nedeterminare, evaluați imprecizia vitezei electronului în atomul de hidrogen, considerând diametrul atomului de 0,1 nm. Comparați valoarea obținută cu viteza electronului pe prima orbită Bohr a acestui atom.

377. Demonstrați că pentru o particulă, a cărei coordonată are nedeterminarea $\Delta x = \lambda/2\pi$ (λ este lungimea de undă de Broglie asociată particulei), nedeterminarea vitezei are ordinul de mărime al vitezei însăși a particulei.

378. Un electron liber era inițial localizat într-un domeniu cu diametrul $l = 0,1$ nm. Utilizând relațiile de incertitudine estimați intervalul de timp, în care lățimea “pachetului” corespunzător de unde se va mări de $\eta = 10$ ori.

379. Folosind relațiile de incertitudine, evaluați energia cinetică minimă a unui electron localizat într-o regiune cu diametrul $l = 0,2$ nm.

380. Un electron, având energia cinetică $E_c = 4$ eV este localizat într-o regiune cu diametrul $l = 0,1$ μm . Folosind relațiile de incertitudine, evaluați imprecizia relativă a vitezei electronului.

381. Un electron se află într-o groapă de potențial rectangulară unidimensională cu pereții infiniți. Lățimea gropii este l . Utilizând relațiile de incertitudine, estimați forța de presiune

exercitată de electron pe pereții acestei gropi în cazul energiei minime a electronului.

382. Utilizând relațiile de incertitudine, evaluați lățimea l a gropii de potențial unidimensionale, în care energia minimă a electronului este $E_{\min} = 10 \text{ eV}$.

383. Pentru evaluarea energiei minime a electronului în atomul de hidrogen se poate presupune, că nedeterminările Δr a razei r și Δp a impulsului p ale electronului, satisfac relațiile $\Delta r \approx r$ și $\Delta p \approx p$. Utilizând relațiile de incertitudine, determinați raza orbitei electronului ce corespunde valorii minime a energiei lui în atomul de hidrogen.

384. Pentru evaluarea energiei minime a electronului în atomul de hidrogen se poate presupune, că nedeterminările Δr a razei r și Δp a impulsului p ale electronului, satisfac relațiile $\Delta r \approx r$ și $\Delta p \approx p$. Utilizând relațiile de incertitudine, determinați valoarea minimă a energiei electronului E_{\min} în atomul de hidrogen.

385. O particulă se află într-o groapă rectangulară de potențial cu lățimea de $0,5 \text{ nm}$. Aflați diferența minimă ΔE dintre nivelele energetice ale electronului.

386. O particulă se află într-o groapă rectangulară de potențial cu pereții infiniți. Determinați raportul dintre diferența energiilor nivelelor energetice vecine $\Delta E_{n+1,n}$ și energia E_n a particulei în trei cazuri: **a)** $n = 3$; **b)** $n = 10$; **c)** $n \rightarrow \infty$. Explicați rezultatul obținut.

387. Într-o groapă rectangulară de potențial cu lățimea l se află o particulă în stare excitată ($n = 2$). Determinați punctele din intervalul $0 < x < l$, în care densitatea probabilității de localizare a particulei este maximă și minimă.

388. Un electron se află într-o groapă rectangulară de potențial cu pereții infinit înalți și lățimea l . În care din punctele intervalului $0 < x < l$ densitatea probabilității de a găsi electronul pe primul și pe al doilea nivel energetic este aceeași? Calculați densitatea de probabilitate pentru aceste puncte. Ilustrați soluția grafic.

389. Într-o groapă de potențial rectangulară se află o particulă în starea fundamentală. Care este probabilitatea de a găsi particula: **a)** în treimea de mijloc a gropii? **b)** în treimea extremă a gropii?

390. Într-o groapă de potențial rectangulară de lățimea l se află un electron. Calculați probabilitatea de a găsi electronul pe primul nivel energetic în intervalul $l/4$, echidistant de la pereții gropii.

391. Într-o groapă de potențial rectangulară de lățime l se află o particulă în starea excitată inferioară. Determinați probabilitatea de a găsi această particulă în intervalul $l/4$, echidistant de la pereții gropii.

392. Atomul de hidrogen se află în starea fundamentală. Funcția de undă proprie ce descrie starea electronului în atom are forma: $\Psi(r) = Ce^{-r/a}$, unde C este o constantă iar a este raza Bohr. Utilizând condiția de normare determinați constanta C .

393. Funcția de undă ce descrie starea fundamentală a electronului în atomul de hidrogen are forma $\Psi(r) = Ce^{-r/a}$, unde $a = \varepsilon_0 \hbar^2 / (\pi e^2 m)$ este raza Bohr. Determinați distanța r , la care probabilitatea localizării electronului este maximă.

394. Un atom de hidrogen, ce se afla inițial în starea fundamentală, a absorbit o cuantă de lumină cu energia $\varepsilon = 10,2$ eV. Determinați variația momentului cinetic orbital al electronului ΔL_l .

395. Calculați energia totală E , momentul cinetic orbital L_l și momentul magnetic p_m al electronului din atomul de hidrogen în starea $2p$.

396. Determinați valorile posibile ale momentului magnetic orbital p_m al electronului din atomul excitat de hidrogen, dacă energia de excitare este $\varepsilon = 12,09$ eV.

397. Care este numărul maxim de electroni s , p și d care se pot afla în învelișurile (straturile) electronice K , L și M ale unui atom?

398. Utilizând principiul de excluziune al lui Pauli, determinați numărul maxim de electroni N_{\max} din atom care pot avea aceleași valori ale următoarelor numere cuantice: **a)** n, l, m, m_s ; **b)** n, l, m ; **c)** n, l ; **d)** n ?

399. Un strat electronic complet este caracterizat de numărul cuantic $n = 3$. Determinați numărul electronilor din acest strat, care au aceleași valori ale următoarelor numere cuantice: **a)** $m_s = \pm 1/2$; **b)** $m = -2$; **c)** $m_s = -1/2, m = 0$; **d)** $m_s = +1/2, l = 2$.

400. Aflați numărul N de electroni din niște atomi aflați în starea fundamentală, care au completate: **a)** învelișurile K și L , pătura $3s$ și pe jumătate pătura $3p$; **b)** învelișurile K, L, M și păturile $4s, 4p$ și $4d$. Care sunt acești atomi?

401. De câte ori numărul electronilor liberi ce revine la $T = 0$ K unui atom de aluminiu este mai mare decât numărul electronilor ce revin unui atom de cupru, dacă nivelele Fermi sunt $\varepsilon_{F1} = 11,7$ eV și, respectiv, $\varepsilon_{F2} = 7$ eV?

402. Calculați energia cinetică medie $\langle \varepsilon \rangle$ a electronilor din metal la temperatura $T = 0$ K, dacă nivelul Fermi este $\varepsilon_F = 7$ eV.

403. Un metal se află la temperatura $T = 0 \text{ K}$. Determinați de câte ori numărul electronilor ce au energia cuprinsă în intervalul de la $\varepsilon_F/2$ la ε_F , este mai mare decât numărul electronilor cu energia cuprinsă între 0 și $\varepsilon_F/2$?

404. Electronii dintr-un metal se află la temperatura $T = 0 \text{ K}$. Aflați numărul relativ $\Delta N/N$ de electroni liberi, a căror energie cinetică diferă de energia Fermi cu cel mult 2%.

405. Determinați raportul dintre concentrația n_{\max} a electronilor dintr-un metal (la $T = 0 \text{ K}$), a căror energie diferă de cea maximă cu cel mult $\Delta\varepsilon$, și concentrația n_{\min} a electronilor, a căror energie nu depășește valoarea $\Delta\varepsilon$. Se va considera $\Delta\varepsilon = 0,01\varepsilon_F$.

406. Exprimați viteza medie pătratică $\langle v_p \rangle$ prin viteza maximă v_{\max} a electronilor dintr-un metal, ce se află la temperatura de 0 K .

407. Un metal se află la temperatura $T = 0 \text{ K}$. Determinați de câte ori numărul electronilor liberi cu vitezele cuprinse între $v_{\max}/2$ și v_{\max} este mai mare decât numărul electronilor cu vitezele cuprinse între 0 și $v_{\max}/2$.

408. Determinați fracțiunea electronilor liberi dintr-un metal la temperatura $T = 0 \text{ K}$, a căror energie ε este cuprinsă în intervalul de valori de la $\varepsilon_{\max}/2$ până la ε_{\max} .

409. De câte ori va varia energia medie $\langle \varepsilon \rangle$ ce revine unui grad de libertate al unui oscilator cuantic, la ridicarea temperaturii de la $T_1 = \theta_E/2$ la $T_2 = \theta_E$? Se va ține seama de energia de zero.

410. Calculați raportul $\langle \varepsilon \rangle / \langle \varepsilon_T \rangle$ dintre energia medie a unui oscilator cuantic în modelul Einstein și energia medie de

mișcare termică a moleculelor unui gaz ideal la temperatura $T = \theta_E$.

411. Determinați eroarea relativă care se va comite, dacă valoarea pentru căldura specifică calculată după teoria lui Einstein (pentru $T = \theta_E$) va fi înlocuită cu valoarea dată de teoria clasică a lui Dulong și Petit.

412. Calculați frecvența maximă ω_{\max} a oscilațiilor proprii din cristalul de aur, dacă temperatura Debye pentru acest cristal este de 180 K.

413. La încălzirea unei mase de 100 g de argint de la $T_1 = 10$ K la $T_2 = 20$ K a fost consumată cantitatea de căldură de 0,71 J. Determinați temperatura Debye pentru argint considerând $T \ll \theta_D$.

414. Determinați cantitatea de căldură necesară pentru încălzirea unei mase de 200 g de potasiu de la $T_1 = 4$ K la $T_2 = 5$ K. Temperatura Debye pentru caliu este 100 K. Se va considera $T \ll \theta_D$ și $M = 39 \cdot 10^{-3}$ kg/mol.

415. În urma unor măsurări s-a constatat că căldura molară a argintului la temperatura de 20 K este de 1,65 J/(mol·K). Determinați temperatura Debye pentru argint, considerând că $T \ll \theta_D$.

416. Utilizând aproximația T^3 a lui Debye, calculați căldura specifică a clorurii de natriu la temperatura $T = \theta_D/20$.

417. Ce fracțiune din cantitatea inițială de atomi ai izotopului radioactiv de toriu ^{229}Th se dezintegrează în timp de un an? Se știe că timpul de înjumătățire $T_{1/2} = 7 \cdot 10^3$ ani.

418. Ce parte din cantitatea inițială de atomi radioactivi de actiniu ^{225}Ac ($T_{1/2} = 10$ zile) va rămâne peste cinci zile? Dar peste 15 zile?

419. În cât timp se va dezintegra $1/4$ din cantitatea inițială de nuclee ale unui izotop radioactiv, dacă timpul de înjumătățire al acestuia este $T_{1/2} = 24$ ore?

420. În timp de $t = 8$ zile s-a dezintegrat $3/4$ din cantitatea inițială de nuclee ale unui izotop radioactiv. Determinați timpul de înjumătățire $T_{1/2}$ a acestui izotop.

421. La dezintegrarea unei mase $m = 4,01$ kg de poloniu radioactiv ^{210}Po în timp de 1 h s-a format un volum $V = 89,5$ cm³ de heliu ^4He la condiții normale. Determinați timpul de înjumătățire $T_{1/2}$ a poloniului.

422. Ce fracțiune din cantitatea inițială a unui izotop radioactiv se dezintegrează în intervalul de timp t egal cu timpul mediu de viață al nucleelor acestui izotop?

423. Determinați numărul N de atomi ai unui izotop radioactiv ce se dezintegrează în timpul $t = 10$ s, dacă activitatea izotopului este $A = 0,1$ MBq. Activitatea se va considera constantă în intervalul de timp dat.

424. Activitatea unui izotop s-a micșorat de la $A_1 = 118$ GBq până la $A_2 = 7,4$ GBq în timp de o zi. Determinați timpul de înjumătățire $T_{1/2}$ a acestui izotop.

425. Cu câte procente va scădea activitatea izotopului de iridiu ^{192}Ir în intervalul de timp $t = 30$ zile? Timpul de înjumătățire a iridiului este $T_{1/2} = 75$ zile.

426. Determinați intervalul de timp τ , în care activitatea izotopului de stronțiu ^{90}Sr se va reduce de 10 ori? De 100 ori? Timpul de înjumătățire a stronțiului este $T_{1/2} = 28$ ani.

427. Să se determine masa m_1 de uraniu ^{238}U ($T_{1/2} = 4,5 \cdot 10^9$ ani), ce are aceeași activitate ca și masa $m = 1$ mg de stronțiu ^{90}Sr . Timpul de înjumătățire a stronțiului este de 28 ani.

428. Ce fracțiune din atomii izotopului radioactiv ^{234}Th , având timpul de înjumătățire $T_{1/2} = 24,1$ zile, se dezintegrează în:
a) 1 s ; **b)** o zi; **c)** o lună?

429. 0,36 % din masa organismului uman o constituie potasiul. Izotopul radioactiv de potasiu ^{40}K reprezintă 0,012 % din masa totală a potasiului. Care este activitatea izotopului ^{40}K , masa corpului fiind de 75 kg? Timpul de înjumătățire a izotopului radioactiv este $T_{1/2} = 1,42 \cdot 10^9$ ani.

430. Determinați cantitatea de plumb, apărută din 1 kg al izotopului de uraniu pur ^{238}U într-un interval de timp, egal cu vârsta Pământului ($2,5 \cdot 10^9$ ani). Timpul de înjumătățire al izotopului dat de uraniu este $4,5 \cdot 10^9$ ani.

431. Din fiecare milion de atomi ai unui izotop radioactiv în fiecare secundă dezintegrează 200 atomi. Determinați timpul de înjumătățire al acestui izotop.

432. Determinați numărul de nuclee N ale izotopului radioactiv de fosfor ^{32}P ($T_{1/2} = 14,3$ zile) de masă $m = 1$ mg, ce se dezintegrează în intervalul de timp: **a)** $t_1 = 1$ min , **b)** $t_2 = 5$ zile .

7. TABELE ALE MĂRIMILOR FIZICE

7.1. Constante fizice

Constanta gravitațională	$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/(\text{kg} \cdot \text{s}^2)$
Numărul Avogadro	$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Constanta universală a gazelor	$R = 8,31 \text{ J}/(\text{K} \cdot \text{mol})$
Constanta Boltzmann	$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J}/\text{K}$
Constanta Faraday	$F = 9,65 \cdot 10^7 \text{ C}/\text{mol}$
Sarcina elementară	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
Masa electronului	$m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
Sarcina specifică a electronului	$e/m = 1,76 \cdot 10^{11} \text{ C}/\text{kg}$
Viteza luminii în vid	$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m}/\text{s}$
Constanta Stefan – Boltzmann	$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K}^4)$
Constanta Wien	$b = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$
Constanta Planck	$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ $\hbar = 1,054 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
Constanta Rydberg	$R = 2,07 \cdot 10^{-18} \text{ s}^{-1}$ $R' = 1,10 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$
Raza primei orbite Bohr	$a = 5,29 \cdot 10^{-11} \text{ m}$
Lungimea de undă Compton a electronului	$\lambda_C = 2,43 \cdot 10^{-12} \text{ m}$
Magnetonul Bohr	$\mu_B = 9,27 \cdot 10^{-24} \text{ J}/\text{T}$
Energia de ionizare a atomului de hidrogen	$E_i = 2,18 \cdot 10^{-18} \text{ J}$
Unitatea atomică de masă	$1 \text{ u.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
Constanta electrică	$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F}/\text{m}$
Constanta magnetică	$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H}/\text{m}$

7.2. Unele date referitoare la Soare, Pământ și Lună

Raza Pământului	$6,37 \cdot 10^6$ m
Masa Pământului	$5,98 \cdot 10^{24}$ kg
Raza Soarelui	$6,95 \cdot 10^8$ m
Masa Soarelui	$1,98 \cdot 10^{30}$ kg
Raza Lunii	$1,74 \cdot 10^6$ m
Masa Lunii	$7,33 \cdot 10^{22}$ kg
Distanța dintre centrele Pământului și Soarelui	$1,49 \cdot 10^{11}$ m
Distanța dintre centrele Pământului și Lunii	$3,84 \cdot 10^8$ m

7.3. Densitatea unor solide și lichide

(10^3 kg/m³ ori g/cm³)

Solide		Lichide (la 15° C)	
Alamă	8,55	Acetonă	0,79
Aluminiu	2,70	Acid acetic	1,05
Argint	10,5	Acid sulfuric	1,83
Aur	19,3	Alcool	0,8
Bismut	9,80	Apă (distilată la 4° C)	1,00
Cupru	8,93	Benzină	0,7
Fier (fontă, oțel)	7,87	Eter	0,7
Mangan	7,40	Gaz lampant	0,8
Nichel	8,80	Glicerină	1,26
Platină	21,4	Mercur	13,6
Plumb	11,3	Petrol	0,85
Sare de bucătărie	2,20	Sulfură de carbon	1,26
Uraniu	18,7	Ulei de măsline	0,9
Wolfram	19,3	Ulei de ricin	0,96

7.4. Diametrul eficace al moleculelor, coeficienții de viscozitate și conductibilitate termică a unor gaze în condiții normale

Gazul	Diametrul eficace d , nm	Coeficientul de viscozitate η , $\mu\text{Pa} \cdot \text{s}$	Coeficientul de conductibilitate termică λ , $\text{mW}/(\text{m} \cdot \text{K})$
Aer	0,27	17,2	24,1
Argon	0,35	21,5	16,2
Azot	0,38	16,6	24,3
Heliu	0,22	18,9	142
Hidrogen	0,28	8,66	168
Oxigen	0,36	19,8	24,4
Vapori de apă	0,30	8,32	15,8

7.5. Coeficientul de viscozitate η al unor lichide la 20° C (în $\text{mPa} \cdot \text{s}$)

Acetonă	0,32
Apă	1,00
Glicerină	1480
Mercur	1,58
Ulei de ricin	987
Ulei de mașină	100

7.6. Căldurile specifice ale unor substanțe solide și lichide

Substanța	c , $\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$	Substanța	c , $\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$
Alamă	380	Plumb	1202
Aluminiu	920	Zinc	400
Cositor	280	Acetonă	180
Cupru	380	Apă	4187
Fontă	550	Benzină	2140
Gheață (zăpadă)	2090	Eter	2330
Nichel	460	Glicerină	2430
Oțel	470	Ulei mineral	2093

7.7. Căldura latentă de vaporizare (la temperatura de fierbere)

Substanța	T, K	$\lambda_v, 10^5 J/kg$
Acetonă	329,2	5,2
Aer	81	2,1
Alcool etilic	351	8,57
Apă	373	22,6
Benzină	423	3
Eter	308	3,52
Glicerină	629,58	2,72

7.8. Căldura latentă de topire (la temperatura de topire)

Substanța	T, K	$\lambda_t, 10^4 J/kg$
Aluminiu	932	38
Apă (gheață)	273	33,5
Cositor	505	5,8
Cupru	1356	18
Fier	1803	27
Fontă	1423	9,7
Naftalină	353	15,1
Plumb	600	2,5
Wolfram	3683	2,6
Zinc	692	11,8

7.9. Permitivitatea relativă ϵ_r a unor dielectrici

Apă	81
Ceară	2,9
Ebonită	3,0
Mică	7,6
Parafină	2,0
Porțelan	5,0
Sticlă	7,0
Textolit	8,0
Ulei (de transformator)	2,2

7.10. Rezistența specifică ρ a unor conductoare la 20° C

Substanța	ρ , n $\Omega \cdot$ m	Substanța	ρ , n $\Omega \cdot$ m
Aluminiu	26	Grafit	3900
Constantan	500	Nichel	68,4
Crom	189	Nicrom	1400
Cupru	17	Wolfram	50
Fier	98	Zinc	59,2

7.11. Indicele de refracție n al unor substanțe

Acetonă	1,36
Aer	1,00029
Apă	1,33
Diamant	2,42
Glicerină	1,47
Sticlă	1,50
Sulfură de carbon	1,63
Terebentină	1,48
Ulei de scortîșoară	1,60

7.12. Lucrul de extracție a electronilor din metal

Metalul	L , eV	L , 10 ⁻¹⁹ J	Metalul	L , eV	L , 10 ⁻¹⁹ J
Aluminiu	3,74	5,98	Litiu	2,39	3,82
Argint	4,28	6,85	Nichel	4,84	7,74
Aur	4,58	7,33	Platină	5,29	8,46
Bismut	4,62	7,39	Potasiu	2,15	3,44
Cesiu	1,89	3,02	Sodiu	2,27	3,63
Cupru	4,47	7,15	Wolfram	4,50	7,2
Fier	4,36	6,98	Zinc	3,74	5,98

7.13. Unele elemente ale sistemului periodic al elementelor

(Z – numărul de ordine al elementului; A – masa atomică relativă a elementului chimic)

Z	Elementul	Simbolul	A	Z	Elementul	Simbolul	A
1	Hidrogen	H	1,01	34	Seleniu	Se	79,0
2	Heliu	He	4,00	35	Brom	Br	79,9
3	Litiu	Li	6,94	36	Kripton	Kr	83,8
4	Beriliu	Be	9,01	37	Rubidiu	Rb	85,5
5	Bor	B	10,8	38	Stronțiu	Sr	87,6
6	Carbon	C	12,0	42	Molibden	Mo	96,0
7	Azot	N	14,0	45	Rodiu	Rh	103
8	Oxigen	O	16,0	46	Paladiu	Pd	106
10	Neon	Ne	20,2	47	Argint	Ag	108
11	Sodiu	Na	23,0	48	Cadmium	Cd	112
12	Magneziu	Mg	24,4	49	Indiu	In	115
13	Aluminiu	Al	27,0	50	Staniu	Sn	119
14	Siliciu	Si	28,1	53	Iod	I	127
15	Fosfor	P	31,0	54	Xenon	Xe	131
16	Sulf	S	32,1	55	Cesiu	Cs	133
17	Clor	Cl	35,5	56	Bariu	Ba	137
18	Argon	Ar	40,0	74	Wolfram	W	184
19	Potasiu	K	39,1	78	Platină	Pt	195
20	Calciu	Ca	40,1	79	Aur	Au	197
22	Titan	Ti	47,9	80	Mercur	Hg	201
24	Crom	Cr	52,0	82	Plumb	Pb	207
25	Mangan	Mn	54,9	83	Bismut	Bi	209
26	Fier	Fe	55,9	84	Poloniu	Po	210
28	Nichel	Ni	58,7	86	Radon	Rn	222
29	Cupru	Cu	63,5	88	Radiu	Ra	226
30	Zinc	Zn	65,4	89	Actiniu	Ac	227
31	Galiu	Ga	69,7	90	Toriu	Th	232
32	Germaniu	Ge	72,6	92	Uraniu	U	238
33	Arsen	As	74,9	94	Plutoniu	Pu	244

7.14. Masele unor atomi neutri (u) ($1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$)

Elementul	Izotopul	Masa	Elementul	Izotopul	Masa
Hidrogen	^1H	1,00783	Azot	^{13}N	13,00574
	^2H	2,01410		^{14}N	14,00307
	^3H	3,01605		^{15}N	15,00011
Heliu	^3He	3,01603	Oxigen	^{16}O	15,99491
	^4He	4,00260		^{17}O	16,99913
Litiu	^6Li	6,01513		^{18}O	17,99916
	^7Li	7,01601	Fluor	^{19}F	18,99840
Beriliu	^7Be	7,01693	Sodiu	^{22}Na	21,99444
	^9Be	9,01219		^{23}Na	22,98977
	^{10}Be	10,01354	Magneziu	^{23}Mg	22,99414
Bor	^9B	9,01333	Aluminiu	^{30}Al	29,99817
	^{10}B	10,01294	Siliciu	^{31}Si	30,97535
	^{11}B	11,00931	Fosfor	^{31}P	30,97376
Carbon	^{10}C	10,00168	Potasiu	^{41}K	40,96184
	^{12}C	12,00000	Calciu	^{44}Ca	43,95549
	^{13}C	13,00335	Plumb	^{206}Pb	205,97446
	^{14}C	14,00324	Poloniu	^{210}Po	209,98297

7.15. Masa și energia de repaus ale unor particule elementare și nuclee ușoare

Particula	Masa		Energia	
	m_0, kg	m_0, u	E_0, J	E_0, MeV
Electron	$9,11 \cdot 10^{-31}$	0,00055	$8,16 \cdot 10^{-14}$	0,511
π - mezon neutru	$2,41 \cdot 10^{-28}$	0,14526	$2,16 \cdot 10^{-11}$	135
Proton	$1,672 \cdot 10^{-27}$	1,00728	$1,50 \cdot 10^{-10}$	938
Neutron	$1,675 \cdot 10^{-27}$	1,00867	$1,51 \cdot 10^{-10}$	939
Deuteron	$3,35 \cdot 10^{-27}$	2,01355	$3,00 \cdot 10^{-10}$	1876
Particula - α	$6,64 \cdot 10^{-27}$	4,00149	$5,96 \cdot 10^{-10}$	3733

7.16. Perioada de înjumătățire $T_{1/2}$ a unor izotopi radioactivi

Izotopul	Tipul dezinteg rării	$T_{1/2}$	Izotopul	Tipul dezinteg rării	$T_{1/2}$
Actiniu $^{225}_{89}\text{Ac}$	α	10 zile	Radon $^{222}_{86}\text{Rn}$	α	3,8 zile
Iod $^{131}_{53}\text{I}$	β^{-}, γ	8 zile	Stronțiu $^{90}_{38}\text{Sr}$	β^{-}	28 ani
Iridiu $^{192}_{77}\text{Ir}$	β^{-}, γ	75 zile	Toriu $^{229}_{90}\text{Th}$	α, γ	$7 \cdot 10^3$ ani
Cobalt $^{60}_{27}\text{Co}$	β^{-}, γ	5,3 ani	Toriu $^{232}_{90}\text{Th}$	α	$1,4 \cdot 10^{10}$ ani
Magneziu $^{27}_{12}\text{Mg}$	β^{-}	10 min	Uraniu $^{238}_{92}\text{U}$	α, γ	$4,5 \cdot 10^9$ ani
Radiu $^{219}_{88}\text{Ra}$	α	10^{-3} s	Fosfor $^{32}_{15}\text{P}$	β^{-}	14,3 zile
Radiu $^{226}_{88}\text{Ra}$	α, γ	$1,62 \cdot 10^3$ ani	Sodiu $^{22}_{11}\text{Na}$	γ	2,6 ani

7.17. Unele unități folosite împreună cu unitățile SI

1 an = $3,11 \cdot 10^7$ s	$1 \text{ \AA} = 10^{-10}$ m
1 atm = 101,3 kPa = = 760 mm Hg	1 eV = $1,6 \cdot 10^{-19}$ J
1 bar = 100 kPa	1 u = $1,66 \cdot 10^{-27}$ kg
1 mm Hg = 133,3 Pa	1 Ci (curie) = $3,70 \cdot 10^{10}$ dezintegr./s
1 cal = 4,18 J	$1^{\circ} = \pi/180$ rad = $1,75 \cdot 10^{-2}$ rad

8. Relații matematice utile

8.1. Unele identități trigonometrice

$\sin(\alpha \pm \beta) = \sin \alpha \cos \beta \pm \cos \alpha \sin \beta;$ $\cos(\alpha \pm \beta) = \cos \alpha \cos \beta \pm \sin \alpha \sin \beta;$ $\operatorname{tg}(\alpha \pm \beta) = \frac{\operatorname{tg} \alpha \pm \operatorname{tg} \beta}{1 \mp \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta}; \quad \operatorname{ctg}(\alpha \pm \beta) = \frac{\operatorname{ctg} \alpha \operatorname{ctg} \beta \mp 1}{\operatorname{ctg} \beta \pm \operatorname{ctg} \alpha}.$	
$\sin \alpha = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{ctg}^2 \alpha}}; \quad \cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}}.$	
$\sin \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1 - \cos \alpha}{2}}; \quad \cos \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1 + \cos \alpha}{2}}.$	
$\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cos \alpha; \quad \cos 2\alpha = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha;$ $\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{2 \operatorname{tg} \alpha}{1 - \operatorname{tg}^2 \alpha}; \quad \operatorname{ctg} 2\alpha = \frac{\operatorname{ctg}^2 \alpha - 1}{2 \operatorname{ctg} \alpha}.$	
$\sin \alpha + \sin \beta = 2 \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \cos \frac{\alpha - \beta}{2};$ $\sin \alpha - \sin \beta = 2 \cos \frac{\alpha + \beta}{2} \sin \frac{\alpha - \beta}{2};$ $\cos \alpha + \cos \beta = 2 \cos \frac{\alpha + \beta}{2} \cos \frac{\alpha - \beta}{2};$ $\cos \alpha - \cos \beta = -2 \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \sin \frac{\alpha - \beta}{2};$ $\operatorname{tg} \alpha \pm \operatorname{tg} \beta = \frac{\sin(\alpha \pm \beta)}{\cos \alpha \cos \beta}; \quad \operatorname{ctg} \alpha \pm \operatorname{ctg} \beta = \pm \frac{\sin(\alpha \pm \beta)}{\sin \alpha \sin \beta}.$	
$2 \sin \alpha \sin \beta = \cos(\alpha - \beta) - \cos(\alpha + \beta);$ $2 \cos \alpha \cos \beta = \cos(\alpha - \beta) + \cos(\alpha + \beta);$ $2 \sin \alpha \cos \beta = \sin(\alpha - \beta) + \sin(\alpha + \beta).$	
$\operatorname{sh} \alpha = \frac{(e^\alpha - e^{-\alpha})}{2}; \quad \operatorname{ch} \alpha = \frac{(e^\alpha + e^{-\alpha})}{2}; \quad \operatorname{th} \alpha = \frac{\operatorname{sh} \alpha}{\operatorname{ch} \alpha}; \quad \operatorname{cth} \alpha = \frac{1}{\operatorname{th} \alpha}.$	

8.2. Relații pentru calcule aproximative

Dacă $a \ll 1$, atunci:

$$\begin{aligned} \frac{1}{1 \pm a} &\approx 1 \mp a; & \frac{1}{\sqrt{1 \pm a}} &\approx 1 \mp \frac{1}{2}a; \\ (1 \pm a)^n &\approx 1 \pm na; & e^a &\approx 1 + a; \\ \sqrt{1 \pm a} &\approx 1 \pm \frac{1}{2}a; & \ln(1 + a) &\approx a. \end{aligned}$$

Pentru unghiuri α mici, exprimate în radiani, sînt valabile relațiile:

$$\sin \alpha \approx \operatorname{tg} \alpha \approx \alpha, \quad \cos \alpha \approx 1.$$

8.3. Valorile unor integrale definite

$$\int_0^{\infty} x^n e^{-(ax)^m} dx = \frac{1}{ma^{n+1}} \Gamma\left(\frac{n+1}{m}\right), \quad n+1, a, m > 0.$$

Pentru valori n întregi pozitive, funcția specială $\Gamma(n)$ are următoarele proprietăți:

$$\Gamma(n+1) = n\Gamma(n); \quad \Gamma(n) = (n-1)!;$$

$$\Gamma(1) = \Gamma(2) = 1; \quad \Gamma\left(\frac{1}{2}\right) = \sqrt{\pi}; \quad \Gamma\left(\frac{3}{2}\right) = \frac{\sqrt{\pi}}{2};$$

$$\Gamma\left(n + \frac{1}{2}\right) = 1 \cdot 3 \cdot 5 \cdot \dots \cdot (2n-3)(2n-1) \frac{\sqrt{\pi}}{2^n}.$$

$$\int_0^{\infty} \frac{x^n dx}{e^x - 1} = \begin{cases} 2,31, & n=1/2 \\ \pi^2/6, & n=1 \\ 2,405, & n=2 \\ \pi^4/15, & n=3 \\ 24,9, & n=4 \end{cases} \quad \int_0^a \frac{x^3 dx}{e^x - 1} = \begin{cases} 0,225, & a=1 \\ 1,18, & a=2 \\ 2,56, & a=3 \\ 4,91, & a=5 \\ 6,43, & a=10 \end{cases}$$

9. Simbolurile și denumirile prefixelor factorilor de multiplicare

Prefixul		Factorul	Prefixul		Factorul	Prefixul		Factorul
Simbolul	Denumirea		Simbolul	Denumirea		Simbolul	Denumirea	
E	exa	10^{18}	h	hecto	10^2	μ	micro	10^{-6}
P	peta	10^{15}	da	deca	10^1	n	nano	10^{-9}
T	tera	10^{12}	d	deci	10^{-1}	p	pico	10^{-12}
G	giga	10^9	c	centi	10^{-2}	f	femto	10^{-15}
M	mega	10^6	m	mili	10^{-3}	a	atto	10^{-18}
κ	kilo	10^3						

10. Alfabetul grecesc

A, α - alfa	I, ι - iota	P, ρ - ro
B, β - beta	K, κ - kapa	Σ , σ - sigma
Γ , γ - gama	Λ , λ - lambda	T, τ - tau
Δ , δ - delta	M, μ - miu	Υ , υ - ypsilon
E, ϵ - epsilon	N, ν - niu	Φ , ϕ - fi
Z, ζ - zeta	Ξ , ξ - xi	X, χ - hi
H, η - eta	O, \omicron - omicron	Ψ , ψ - psi
Θ , θ - teta	Π , π - pi	Ω , ω - omega

11. Tabelul variantelor pentru lucrările individuale ale studenților de la secția fără frecvență

Numărul variantei se alege de către student în baza ultimelor două cifre ale carnetului de note. Numărul de lucrări individuale se determină în conformitate cu planul de studii al facultății. Conținutul fiecărei lucrări individuale este determinat de către profesor prin indicarea coloanelor, din care se vor lua numerele problemelor de rezolvat. De exemplu, dacă numărul carnetului de note este 004505, atunci studentul alege varianta **05**. Dacă planul de studii prevede 2 lucrări individuale, la indicarea de către profesor a coloanelor 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 pentru Lucrarea nr.1, și 17, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 27 pentru Lucrarea nr.2, studentul rezolvă problemele: **Lucrarea nr.1 (5, 37, 69, 101, 133, 165, 197, 229); Lucrarea nr.2 (261, 293 325, 341, 357, 373, 389, 421)**. La facultățile, unde este prevăzută numai o lucrare individuală, la indicarea de către profesor a coloanelor 1, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24 studentul cu aceeași variantă **05** rezolvă problemele **5, 37, 85, 133, 181, 229, 277, 325, 373**.

Varianta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
01	1	17	33	49	65	81	97	113	129	145	161	177	193	209	225	241	257	273	289	305	321	337	353	369	385	401	417
02	2	18	34	50	66	82	98	114	130	146	162	178	194	210	226	242	258	274	290	306	322	338	354	370	386	402	418
03	3	19	35	51	67	83	99	115	131	147	163	179	195	211	227	243	259	275	291	307	323	339	355	371	387	403	419
04	4	20	36	52	68	84	100	116	132	148	164	180	196	212	228	244	260	276	292	308	324	340	356	372	388	404	420
05	5	21	37	53	69	85	101	117	133	149	165	181	197	213	229	245	261	277	293	309	325	341	357	373	389	405	421

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
06	6	22	38	54	70	86	102	118	134	150	166	182	198	214	230	246	262	278	294	310	326	342	358	374	390	406	422
07	7	23	39	55	71	87	103	119	135	151	167	183	199	215	231	247	263	279	295	311	327	343	359	375	391	407	423
08	8	24	40	56	72	88	104	120	136	152	168	184	200	216	232	248	264	280	296	312	328	344	360	376	392	408	424
09	9	25	41	57	73	89	105	121	137	153	169	185	201	217	233	249	265	281	297	313	329	345	361	377	393	409	425
10	10	26	42	58	74	90	106	122	138	154	170	186	202	218	234	250	266	282	298	314	330	346	362	378	394	410	426
11	11	27	43	59	75	91	107	123	139	155	171	187	203	219	235	251	267	283	299	315	331	347	363	379	395	411	427
12	12	28	44	60	76	92	108	124	140	156	172	188	204	220	236	252	268	284	300	316	332	348	364	380	396	412	428
13	13	29	45	61	77	93	109	125	141	157	173	189	205	221	237	253	269	285	301	317	333	349	365	381	397	413	429
14	14	30	46	62	78	94	110	126	142	158	174	190	206	222	238	254	270	286	302	318	334	350	366	382	398	414	430
15	15	31	47	63	79	95	111	127	143	159	175	191	207	223	239	255	271	287	303	319	335	351	367	383	399	415	431
16	16	32	48	64	80	96	112	128	144	160	176	192	208	224	240	256	272	288	304	320	336	352	368	384	400	416	432
17	1	18	35	52	69	86	103	120	137	154	171	188	205	222	239	242	257	275	292	309	326	343	360	377	394	411	428
18	2	19	36	53	70	87	104	121	138	155	172	189	206	223	240	243	258	276	293	310	327	344	361	378	395	412	429
19	3	20	37	54	71	88	105	122	139	156	173	190	207	224	225	244	259	277	294	311	328	345	362	379	396	413	430
20	4	21	38	55	72	89	106	123	140	157	174	191	208	209	226	245	260	278	295	312	329	346	363	380	397	414	431
21	5	22	39	56	73	90	107	124	141	158	175	192	193	210	227	246	261	279	296	313	330	347	364	381	398	415	432
22	6	23	40	57	74	91	108	125	142	159	176	177	194	211	228	247	262	280	297	314	331	348	365	382	399	416	417
23	7	24	41	58	75	92	109	126	143	160	161	178	195	212	229	248	263	281	298	315	332	349	366	383	400	401	418
24	8	25	42	59	76	93	110	127	144	145	162	179	196	213	230	249	264	282	299	316	333	350	367	384	385	402	419

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
25	9	26	43	60	77	94	111	128	129	146	163	180	197	214	231	250	265	283	300	317	334	351	368	369	386	403	420
26	10	27	44	61	78	95	112	113	130	147	164	181	198	215	232	251	266	284	301	318	335	352	353	370	387	404	421
27	11	28	45	62	79	96	97	114	131	148	165	182	199	216	233	252	267	285	302	319	336	337	354	371	388	405	422
28	12	29	46	63	80	81	98	115	132	149	166	183	200	217	234	253	268	286	303	320	321	338	355	372	389	406	423
29	13	30	47	64	65	82	99	116	133	150	167	184	201	218	235	254	269	287	304	305	322	339	356	373	390	407	424
30	14	31	48	49	66	83	100	117	134	151	168	185	202	219	236	255	270	288	289	306	323	340	357	374	391	408	425
31	15	32	34	50	67	84	101	118	135	152	169	186	203	220	237	256	271	273	290	307	324	341	358	375	392	409	426
32	16	17	35	51	68	85	102	119	136	153	170	187	204	221	238	241	272	274	291	308	325	342	359	376	393	410	427
33	1	19	37	55	73	91	109	127	129	147	165	183	201	219	237	255	257	275	293	311	329	347	365	383	385	403	421
34	2	20	38	56	74	92	110	128	130	148	166	184	202	220	238	256	258	276	294	312	330	348	366	384	386	404	422
35	3	21	39	57	75	93	111	113	131	149	167	185	203	221	239	241	259	277	295	313	331	349	367	370	387	405	423
36	4	22	40	58	76	94	112	114	132	150	168	186	204	222	240	242	260	278	296	314	332	350	368	371	388	406	424
37	5	23	41	59	77	95	97	115	133	151	169	187	205	223	225	243	261	279	297	315	333	351	353	372	389	407	425
38	6	24	42	60	78	96	98	116	134	152	170	188	206	224	226	244	262	280	298	316	334	352	354	373	390	408	426
39	7	25	43	61	79	81	99	117	135	153	171	189	207	209	227	245	263	281	299	317	335	337	355	374	391	409	427
40	8	26	44	62	80	82	100	118	136	154	172	190	208	210	228	246	264	282	300	318	336	338	356	375	392	410	428
41	9	27	45	63	65	83	101	119	137	155	173	191	193	211	229	247	265	283	301	319	321	339	357	376	393	411	429
42	10	28	46	64	66	84	102	120	138	156	174	192	194	212	230	248	266	284	302	320	322	340	358	377	394	412	430
43	11	29	47	49	67	85	103	121	139	157	175	177	195	213	231	249	267	285	303	305	323	341	359	378	395	413	431

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
44	12	30	48	50	68	86	104	122	140	158	176	178	196	214	232	250	268	286	304	306	324	342	360	379	396	414	432
45	13	31	33	51	69	87	105	123	141	159	161	179	197	215	233	251	269	287	289	307	325	343	361	380	397	415	417
46	14	32	34	52	70	88	106	124	142	160	162	180	198	216	234	252	270	288	290	308	326	344	362	381	398	416	418
47	15	17	35	53	71	89	107	125	143	145	163	181	199	217	235	253	271	273	291	309	327	345	363	382	399	401	419
48	16	18	36	54	72	90	108	126	144	146	164	182	200	218	236	254	272	274	292	310	328	346	364	383	400	402	420
49	1	20	39	58	77	96	99	118	137	156	175	178	197	216	235	254	257	276	295	314	333	352	355	374	393	412	431
50	2	21	40	59	78	81	100	119	138	157	176	179	198	217	236	255	258	277	296	315	334	337	356	375	394	413	432
51	3	22	41	60	79	82	101	120	139	158	161	180	199	218	237	256	259	278	297	316	335	338	357	376	395	414	417
52	4	23	42	61	80	83	102	121	140	159	162	181	200	219	238	241	260	279	298	317	336	339	358	377	396	415	418
53	5	24	43	62	65	84	103	122	141	160	163	182	201	220	239	242	261	280	299	318	321	340	359	378	397	416	419
54	6	25	44	63	66	85	104	123	142	145	164	183	202	221	240	243	262	281	300	319	322	341	360	379	398	401	420
55	7	26	45	64	67	86	105	124	143	146	165	184	203	222	225	244	263	282	301	320	323	342	361	380	399	402	421
56	8	27	46	49	68	87	106	125	144	147	166	185	204	223	226	245	264	283	302	305	324	343	362	381	400	403	422
57	9	28	47	50	69	88	107	126	129	148	167	186	205	224	227	246	265	284	303	306	325	344	363	382	385	404	423
58	10	29	48	51	70	89	108	127	130	149	168	187	206	209	228	247	266	285	304	307	326	345	364	383	386	405	424
59	11	30	33	52	71	90	109	128	131	150	169	188	207	210	229	248	267	286	289	308	327	346	365	384	387	406	425
60	12	31	34	53	72	91	110	113	132	151	170	189	208	211	230	249	268	287	290	309	328	347	366	369	388	407	426
61	13	32	35	54	73	92	111	114	133	152	171	190	193	212	231	250	269	288	291	310	329	348	367	370	389	408	427
62	14	17	36	55	74	93	112	115	134	153	172	191	194	213	232	251	270	273	292	311	330	349	368	371	390	409	428

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
63	15	18	37	56	75	94	97	116	135	154	173	192	195	214	233	252	271	274	293	312	331	350	353	372	391	410	429
64	16	19	38	57	76	95	98	117	136	155	174	177	196	215	234	253	272	275	294	313	332	351	354	373	392	411	430
65	1	22	43	64	69	90	111	116	137	158	163	184	205	210	231	252	257	278	299	320	325	346	367	372	393	414	419
66	2	23	44	49	70	91	112	117	138	159	164	185	206	211	232	253	258	279	300	305	326	347	368	373	394	415	420
67	3	24	45	50	71	92	97	118	139	160	165	186	207	212	233	254	259	280	301	306	327	348	353	374	395	416	421
68	4	25	46	51	72	93	98	119	140	145	166	187	208	213	234	255	260	281	302	307	328	349	354	375	396	401	422
69	5	26	47	52	73	94	99	120	141	146	167	188	193	214	235	256	261	282	303	308	329	350	355	376	397	402	423
70	6	27	48	53	74	95	100	121	142	147	168	189	194	215	236	241	262	283	304	309	330	351	356	377	398	403	424
71	7	28	33	54	75	96	101	122	143	148	169	190	195	216	237	242	263	284	289	310	331	352	357	378	399	404	425
72	8	29	34	55	76	81	102	123	144	149	170	191	196	217	238	243	264	285	290	311	332	337	358	379	400	405	426
73	9	30	35	56	77	82	103	124	129	150	171	192	197	218	239	244	265	286	291	312	333	338	359	380	385	406	427
74	10	31	36	57	78	83	104	125	130	151	172	177	198	219	240	245	266	287	292	313	334	339	360	381	386	407	428
75	11	32	37	58	79	84	105	126	131	152	173	178	199	220	225	246	267	288	293	314	335	340	361	382	387	408	429
76	12	17	38	59	80	85	106	127	132	153	174	179	200	221	226	247	268	273	294	315	336	341	362	383	388	409	430
77	13	18	39	60	65	86	107	128	133	154	175	180	201	222	227	248	269	274	295	316	321	342	363	384	389	410	431
78	14	19	40	61	66	87	108	113	134	155	176	181	202	223	228	249	270	275	296	317	322	343	364	369	390	411	432
79	15	20	41	62	67	88	109	114	135	156	161	182	203	224	229	250	271	276	297	318	323	344	365	370	391	412	417
80	16	21	42	63	68	89	110	115	136	157	162	183	204	209	230	251	272	277	298	319	324	345	366	371	392	413	418
81	1	24	47	54	77	84	107	114	137	160	167	190	197	220	227	250	257	280	303	310	333	340	363	370	393	416	423

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
82	2	25	48	55	78	85	108	115	138	145	168	191	198	221	228	251	258	281	304	311	334	341	364	371	394	401	424
83	3	26	33	56	79	86	109	116	139	146	169	192	199	222	229	252	259	282	289	312	335	342	365	372	395	402	425
84	4	27	34	57	80	87	110	117	140	147	170	177	200	223	230	253	260	283	290	313	336	343	366	373	396	403	426
85	5	28	35	58	65	88	111	118	141	148	171	178	201	224	231	254	261	284	291	314	321	344	367	374	397	404	427
86	6	29	36	59	66	89	112	119	142	149	172	179	202	209	232	255	262	285	292	315	322	345	368	375	398	405	428
87	7	30	37	60	67	90	97	120	143	150	173	180	203	210	233	256	263	286	293	316	323	347	353	376	399	406	429
88	8	31	38	61	68	91	98	121	144	151	174	181	204	211	234	241	264	287	294	317	324	348	354	377	400	407	430
89	9	32	39	62	69	92	99	122	129	152	175	182	205	212	235	242	265	288	295	318	325	349	355	378	385	408	431
90	10	17	40	63	70	93	100	123	130	153	176	183	206	213	236	243	266	273	296	319	326	350	356	379	386	409	432
91	11	18	41	64	71	94	101	124	131	154	161	184	207	214	236	244	267	274	297	320	327	351	357	380	387	410	417
92	12	19	42	49	72	95	102	125	132	155	162	185	208	215	237	245	268	275	298	305	328	352	358	381	388	411	418
93	13	20	43	50	73	96	103	126	133	156	163	186	193	216	238	246	269	276	299	306	329	337	359	382	389	412	419
94	14	21	44	51	74	81	104	127	134	157	164	187	194	217	239	247	270	277	300	307	330	338	360	383	390	413	420
95	15	22	45	52	75	82	105	128	135	158	165	188	195	218	240	248	271	278	301	308	331	339	361	384	391	414	421
96	16	23	46	53	76	83	106	113	136	159	166	189	196	219	225	249	272	279	302	309	332	340	362	369	392	415	422
97	1	28	39	50	77	88	99	126	137	148	175	186	197	224	235	246	257	284	295	306	333	344	355	382	393	404	431
98	2	29	40	51	78	89	100	127	138	149	176	187	198	209	236	247	258	285	296	307	334	345	356	383	394	405	432
99	3	30	41	52	79	90	101	128	139	150	161	188	199	210	237	248	259	286	297	308	335	346	357	384	395	406	417
00	4	31	42	53	80	91	102	113	140	151	162	189	200	211	238	249	260	287	298	309	336	347	358	369	396	407	418

Bibliografie

1. Detlaf A.A., Iavorski V.M., Curs de fizică. – Chișinău, Lumina, 1991.
2. Трофимова Т.И. Сборник задач по курсу физики. – М., Высшая школа, 1991.
3. Чертов А.Г., Воробьев А.А. Задачи по физике. – М. Высшая школа, 1981.
4. Иродов И.Е. Задачи по общей физике. – М., Наука, 1979.
5. Балаш В.А. Сборник задач по общему курсу физики. – М., Просвещение, 1978.
6. Горбунова О.И., Зайцева А.М., Красников С.Н. Задачник практикум по общей физике (оптика, атомная физика). – М., Просвещение, 1977.
7. Сахаров Д.И. Сборник задач по физике. – М., Просвещение, 1967.

Cuprins

1. Mecanică.....	3
2. Fizică moleculară și termodinamică.....	16
3. Electromagnetism.....	27
4. Oscilații și unde.....	45
5. Optică ondulatorie.....	51
6. Elemente de fizică cuantică și a nucleului atomic.....	56
7. Tabele ale mărimilor fizice.....	72
7.1. Constante fizice.....	72
7.2. Unele date referitoare la Soare, Pământ și Lună.....	73
7.3. Densitatea unor solide și lichide.....	73
7.4. Diametrul eficace al moleculelor, coeficienții de viscozitate și conductibilitate termică a unor gaze în condiții normale.....	74
7.5. Coeficientul de viscozitate al unor lichide.....	74
7.6. Căldurile specifice ale unor substanțe solide și lichide.....	74
7.7. Căldura latentă de vaporizare.....	75
7.8. Căldura latentă de topire.....	75
7.9. Permitivitatea relativă a unor dielectrici.....	75
7.10. Rezistența specifică a unor conductoare.....	76
7.11. Indicele de refracție n al unor substanțe.....	76
7.12. Lucrul de extracție a electronilor din metal.....	76
7.13. Unele elemente ale sistemului periodic al elementelor.....	77
7.14. Masele unor atomi neutri.....	78
7.15. Masa și energia de repaus ale unor particule elementare și nuclee ușoare.....	78
7.16. Perioada de înjumătățire a unor izotopi radioactivi....	79

7.17. Unele unități folosite împreună cu unitățile SI.....	79
8. Relații matematice utile.....	80
8.1. Unele identități trigonometrice.....	80
8.2. Relații pentru calcule aproximative.....	81
8.3. Valorile unor integrale definite.....	81
9. Simbolurile și denumirile prefixelor factorilor de multiplicare.....	82
10. Alfabetul grecesc.....	82
11. Tabelul variantelor pentru lucrările individuale ale studenților de la secția fără frecvență.....	83
Bibliografie.....	89

Probleme de fizică

Alcătuitori: Alexandru Rusu
Spiridon Rusu

Bun de tipar 05.07.04	Formatul 60×84 1/16
Hârtie ofset. Tipar ofset.	Tirajul 150 ex.
Coli de tipar 5,25.	Comanda nr.

U.T.M., 2004, Chișinău, bd. Ștefan cel Mare, 168.
Secția Redactare și Editare a U.T.M.
2068, Chișinău, str. Studenților, 11