

Індивідуальне завдання №1

ВАРІАНТ 1

1. Початкова швидкість частинки $\mathbf{v}_1 = 1\mathbf{i} + 3\mathbf{j} + 5\mathbf{k}$ (м/с), кінцева – $\mathbf{v}_2 = 2\mathbf{i} + 4\mathbf{j} + 6\mathbf{k}$ (м/с). Визначити: а) приріст швидкості $\Delta\mathbf{v}$; б) модуль приросту швидкості $|\Delta\mathbf{v}|$; в) приріст модуля швидкості Δv .
2. Рух двох матеріальних точок виражається рівняннями $x_1 = A_1 + B_1t + C_1t^2$, $x_2 = A_2 + B_2t + C_2t^2$, де $A_1 = 20$ м; $A_2 = 2$ м, $B_1 = B_2 = 2$ м/с; $C_1 = 4$ м/с²; $C_2 = 0,5$ м/с². У який момент часу t швидкості цих точок будуть однаковими? Визначити швидкості v_1 і v_2 і прискорення a_1 і a_2 точок у цей момент
3. Колесо обертається з постійним кутовим прискоренням $\epsilon = 3$ рад/с². Визначити радіус колеса, якщо через $t = 1$ с після початку руху повне прискорення точки на ободі колеса $a = 7,5$ м/с².
4. Два однакових візки масою M кожен рухаються за інерцією (без тертя) один за одним з однаковою швидкістю v_0 . В якийсь момент часу людина масою m , що знаходиться на задньому візку, стрибнула у передній зі швидкістю u відносно свого візка. Визначити швидкість v_1 переднього візка.
5. Тонкий однорідний стрижень довжиною $l = 50$ см і масою $m = 400$ г обертається з кутовим прискоренням $\epsilon = 3$ рад/с² відносно осі, що проходить перпендикулярно стрижневі через його середину. Визначити обертаючий момент M .
6. Порожнистий тонкостінний циліндр котиться уздовж горизонтальної ділянки дороги зі швидкістю $v = 1,5$ м/с. Визначити шлях, який він пройде в гору за рахунок кінетичної енергії, якщо ухил гори дорівнює 5 м на кожні 100 м шляху.
7. Дві релятивістські частинки рухаються в лабораторній системі відліку назустріч одна одній уздовж однієї прямої зі швидкостями $v_1 = 0,6c$ і $v_2 = 0,9c$. Визначити їхню відносну швидкість.

ВАРІАНТ 2

1. Радіус-вектор матеріальної точки змінюється з часом за законом $\mathbf{r} = 4t^2\mathbf{i} + 3t\mathbf{j} + 2\mathbf{k}$ (м). Визначити: 1) швидкість точки \mathbf{v} ; 2) прискорення точки \mathbf{a} ; 3) модуль швидкості точки в момент часу $t = 2$ с.
2. Якір електродвигуна, що має частоту обертання $n = 50$ с⁻¹, після вимикання струму зробив $N = 628$ обертів і зупинився. Визначити кутове прискорення ϵ якора.
3. До пружинних терезів підвішений блок. Через блок перекинута шнур, до кінців якого прив'язали вантажі масами $m_1 = 1,5$ кг і $m_2 = 3$ кг. Яким буде показання терезів під час руху вантажів? Масою блоку і шнура нехтувати.
4. Платформа з піском загальною масою $M = 2$ т розміщена на рейках на горизонтальній ділянці шляху. У пісок попадає снаряд масою $m = 8$ кг і застряє в ньому. Зневажаючи тертям, визначити, з якою швидкістю буде рухатися платформа, якщо снаряд падає зверху вниз під кутом $\alpha = 30^\circ$ до горизонту зі швидкістю $v = 450$ м/с.
5. Суцільний однорідний диск скачується без ковзання по похилій площині, що утворює кут α з горизонтом. Визначити лінійне прискорення a центра диска.
6. Маховик, момент інерції якого $J = 40$ кг·м², почав обертатися рівноприскорено зі стану спокою під дією моменту сили $M = 20$ Н·м. Визначити кінетичну енергію T , яку набуває маховик через $t = 10$ с.
7. Час життя мюона, який знаходиться в стані спокою, $\tau_0 = 2,2$ мкс. Від точки народження до детектора, що реєструє його розпад, мюон пролетів відстань $l = 6$ км. З якою швидкістю v (у частках швидкості світла) рухався мюон?

ВАРІАНТ 3

1. Матеріальна точка рухається уздовж прямої так, що її прискорення лінійно зростає і за перші $t = 10$ с досягає значення $a = 5$ м/с². Визначити наприкінці десятої секунди: 1) швидкість точки; 2) пройдений точкою шлях.
2. Колесо автомашини обертається рівносповільнено. За час $t = 2$ хв воно змінило частоту обертання від 240 до 60 хв⁻¹. Визначити: 1) кутове прискорення колеса; 2) число повних обертів, зроблених колесом за цей час.
3. Куля масою $m = 10$ г, що летить горизонтально зі швидкістю $v = 0,5$ км/с, попадає в підвішений на тросах ящик з піском масою $M = 6$ кг і застряє в ньому. Визначити висоту h , на яку підніметься такий балістичний маятник, відхилившись після удару.
4. Тіло масою $m = 0,4$ кг зісковзує без початкової швидкості по похилій площині висотою $h = 10$ см і довжиною $l = 1$ м і, пройшовши по горизонтальній площині деякий шлях, зупиняється. Коефіцієнт тертя на всьому шляху $f = 0,04$. Визначити: 1) кінетичну енергію тіла біля основи площини; 2) шлях, пройдений тілом на горизонтальній ділянці до зупинки.
5. В центрі платформи, що обертається навколо вертикальної осі з частотою $n_1 = 1$ с⁻¹, знаходиться людина і тримає в руках стрижень довжиною $l = 2,4$ м і масою $m = 8$ кг, розташований вертикально вздовж осі обертання платформи. З якою частотою n_2 буде обертатися платформа з людиною, якщо вона поверне стрижень у горизонтальне положення? Сумарний момент інерції J людини і платформи дорівнює 6 кг·м².

6. Маховик починає обертатися зі стану спокою зі сталим кутовим прискоренням $\varepsilon = 0,4 \text{ рад/с}^2$. Визначити кінетичну енергію маховика через час $t_2 = 25 \text{ с}$ після початку руху, якщо через $t_1 = 10 \text{ с}$ після початку руху момент імпульсу L_1 маховика складав $60 \text{ кг}\cdot\text{м}^2/\text{с}$.
7. Обчислити енергію спокою: 1) електрона; 2) протона; 3) альфа-частинки. Відповідь виразити в джоулях і мегаелектрон-вольтах.

ВАРІАНТ 4

1. Рівняння прямолінійного руху тіла має вигляд $x = At - Bt^2 + Ct^3$ ($A = 2 \text{ м/с}$, $B = 3 \text{ м/с}^2$, $C = 4 \text{ м/с}^3$). Записати вирази для швидкості і прискорення. Визначити для моменту часу $t = 2 \text{ с}$ після початку руху: 1) шлях, що пройшло тіло; 2) швидкість; 3) прискорення.
2. Точка рухається по колу радіусом $R = 15 \text{ см}$ з постійним тангенціальним прискоренням a_τ . Наприкінці четвертого оберту після початку руху лінійна швидкість точки $v = 15 \text{ см/с}$. Визначити нормальне прискорення a_n точки через $t = 16 \text{ с}$ після початку руху.
3. Куля масою $m = 10 \text{ г}$, що летить горизонтально, попадає в підвішений на тросах довжиною $l = 1 \text{ м}$ ящик з піском масою $M = 1,5 \text{ кг}$ і застряє в ньому. Такий балістичний маятник відхилився після удару на кут $\varphi = 30^\circ$. Визначити швидкість кулі.
4. Вантаж піднімають по похилій площині довжиною $l = 2 \text{ м}$ з прискоренням $a = 1 \text{ м/с}^2$. Маса вантажу $m = 100 \text{ кг}$, кут нахилу похилої площини $\varphi = 30^\circ$, коефіцієнт тертя $\mu = 0,1$. Визначити роботу A результуючої сил, що діють на тіло.
5. Куля радіусом $R = 10 \text{ см}$ і масою $m = 5 \text{ кг}$ обертається навколо осі симетрії за рівнянням $\varphi = A + Bt^2 + Ct^3$ ($B = 2 \text{ рад/с}^2$, $C = -0,5 \text{ рад/с}^3$). Визначити момент обертаючої сили M для $t = 3 \text{ с}$.
6. Горизонтальна платформа масою $m = 25 \text{ кг}$ і радіусом $R = 0,8 \text{ м}$ обертається з частотою $n_1 = 18 \text{ хв}^{-1}$. У центрі знаходиться людина і тримає на витягнутих руках гантелі. Вважаючи платформу диском, визначити частоту обертання платформи, якщо людина, опустивши руки, зменшить свій момент інерції від $J_1 = 3,5 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ до $J_2 = 1 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$.
7. Повна енергія тіла зросла на $\Delta E = 1 \text{ Дж}$. На скільки при цьому змінилася маса тіла?

ВАРІАНТ 5

1. З вишки кинули камінь у горизонтальному напрямку. Через проміжок часу $t = 2 \text{ с}$ камінь упав на землю на відстані $s = 40 \text{ м}$ від підстави вишки. Визначити початкову v_0 і кінцеву v швидкості каменю.
2. Диск радіусом $R = 10 \text{ см}$ обертається навколо нерухомої осі так, що залежність кута повороту радіуса диска від часу задається рівнянням $\varphi = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$ ($B = 1 \text{ рад/с}$, $C = 1 \text{ рад/с}^2$, $D = 1 \text{ рад/с}^3$). Визначити для точок на ободі диска наприкінці другої секунди після початку руху: 1) тангенціальне прискорення a_τ ; 2) нормальне прискорення a_n ; 3) повне прискорення a .
3. Матеріальна точка масою $m = 1 \text{ кг}$, що рухається рівномірно, описує чверть кола радіуса $r = 1,2 \text{ м}$ за проміжок часу $t = 2 \text{ с}$. Визначити зміну Δp імпульсу точки.
4. Куля масою $m = 10 \text{ г}$, що летить горизонтально зі швидкістю $v = 200 \text{ м/с}$, попадає в підвішений на тросах довжиною $l = 1 \text{ м}$ ящик з піском масою $M = 1,5 \text{ кг}$ і застряє в ньому. Визначити кут відхилення φ такого балістичного маятника.
5. Суцільний циліндр масою $m = 4 \text{ кг}$ котиться без ковзання по горизонтальній поверхні. Лінійна швидкість центра мас циліндра $v = 1 \text{ м/с}$. Визначити повну кінетичну енергію T циліндра.
6. В центрі платформи, що обертається навколо вертикальної осі з частотою $n_1 = 30 \text{ хв}^{-1}$, знаходиться людина. Момент інерції тіла людини відносно осі обертання $J_{\text{люд}} = 1,2 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$. У витягнутих руках у людини дві гантелі масою $m = 3 \text{ кг}$ кожна. Відстань між гантелями 160 см . Як стане обертатися платформа, якщо людина опустить руки і відстань між гантелями буде дорівнювати 40 см ? Платформа має вигляд диска масою $m_1 = 25 \text{ кг}$ і радіусом $R = 1 \text{ м}$. Зміною моменту інерції рук і тертям нехтувати.
7. На космічному кораблі-супутнику міститься годинник, синхронізований до польоту з земним. Швидкість v_0 супутника становить $7,9 \text{ км/с}$. На скільки відстане годинник на супутнику за час $\tau_0 = 0,5$ року в порівнянні з годинником земного спостерігача?

ВАРІАНТ 6

1. Радіус-вектор матеріальної точки змінюється з часом за законом $\mathbf{r} = At^2\mathbf{i} + Bt\mathbf{j} + C\mathbf{k}$, де $A = 2 \text{ м/с}^2$; $B = 5 \text{ м/с}$; $C = 3$. Визначити: 1) швидкість точки \mathbf{v} ; 2) прискорення точки \mathbf{a} ; 3) модуль швидкості точки v у момент часу $t = 4 \text{ с}$.
2. Диск обертається навколо нерухомої осі так, що залежність кута повороту радіуса диска від часу задається рівнянням $\varphi = At^2$ ($A = 0,5 \text{ рад/с}^2$). Визначити наприкінці другої секунди після початку руху: 1) кутову швидкість диска; 2) кутове прискорення диска; 3) для точки, що знаходиться на відстані 80 см від осі обертання, тангенціальне a_τ , нормальне a_n і повне a прискорення.

3. По похилій площині з кутом нахилу $\alpha = 30^\circ$ до горизонту зісковзує тіло. Визначити швидкість тіла наприкінці другої секунди від початку ковзання, якщо коефіцієнт тертя $f = 0,15$.
4. Куля масою $m = 10$ г, що летить з горизонтальною швидкістю $v = 0,6$ км/с, попадає в мішок з піском масою $M = 10$ кг, що висить на довгому тросі, і застряє в ньому. Визначити: 1) висоту, на яку підніметься мішок, відхилившись після удару; 2) частку кінетичної енергії кулі, витрачену на пробивання піску.
5. Куля і суцільний циліндр однакової маси, виготовлені з того самого матеріалу, котяться без ковзання з однаковою швидкістю. Визначити, у скільки разів кінетична енергія кулі менша за кінетичну енергію суцільного циліндра.
6. Людина масою $m = 60$ кг знаходиться на краю горизонтальної платформи масою $M = 120$ кг, що обертається за інерцією навколо нерухомої вертикальної осі з частотою $n_1 = 10$ хв⁻¹. Вважаючи платформу круглим однорідним диском, а людину – точковою масою, визначити, з якою частотою n_2 буде обертатися платформа, якщо людина перейде до її центра.
7. Електрон рухається зі швидкістю $v = 0,6$ с. Визначити релятивістський імпульс p електрона.

ВАРІАНТ 7

1. Диск обертається навколо нерухомої осі так, що залежність кута повороту радіуса диска від часу задається рівнянням $\varphi = At^2$ ($A = 0,1$ рад/с²). Визначити повне прискорення a точки на ободі диска наприкінці другої секунди після початку руху, якщо лінійна швидкість цієї точки в цей момент $v = 0,4$ м/с.
2. Матеріальна точка масою $m = 2$ кг рухається під дією деякої сили F відповідно до рівняння $x = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$, де $C = 1$ м/с², $D = -0,2$ м/с³. Визначити значення цієї сили в моменти часу $t_1 = 2$ с і $t_2 = 5$ с. У який момент часу сила дорівнює нулеві?
3. До сталевого дроту (границя міцності $\sigma_{\max} = 0,49$ ГПа) радіусом $r = 1$ мм підвішений вантаж масою $m = 100$ кг. На який найбільший кут α можна відхилити дріт з вантажем, щоб він не розірвався при проходженні цим вантажем положення рівноваги?
4. Куля масою $m_1 = 10$ кг, що рухається зі швидкістю $v_1 = 4$ м/с, зіштовхується з кулею масою $m_2 = 4$ кг, швидкість v_2 якої дорівнює 12 м/с. Вважаючи удар центральним і абсолютно непружним, визначити швидкість u куль після удару в двох випадках: 1) мала куля наздоганяє велику кулю, що рухається в тім же напрямку; 2) кулі рухаються назустріч одна одній.
5. Повна кінетична енергія T диска, що котиться по горизонтальній поверхні, дорівнює 24 Дж. Визначити кінетичну енергію T_1 поступального і T_2 обертального руху диска.
6. Платформа, що має форму суцільного однорідного диска, обертається по інерції навколо нерухомої вертикальної осі. На краю платформи знаходиться людина, маса якої в 3 рази менша за масу платформи. Визначити, як і в скільки разів зміниться кутова швидкість обертання платформи, якщо людина перейде ближче до центра на відстань, яка дорівнює половині радіуса платформи. Вважати людину точковою масою.
7. Фотонна ракета рухається відносно Землі зі швидкістю $v = 0,6$ с. У скільки разів сповільниться хід часу в ракеті з погляду земного спостерігача?

ВАРІАНТ 8

1. Диск радіусом $R = 10$ см обертається так, що залежність лінійної швидкості точок, що лежать на ободі диска, від часу задається рівнянням $v = At$ ($A = 0,3$ м/с²). Визначити момент часу, для якого вектор повного прискорення a утворить з радіусом колеса кут $\varphi = 45^\circ$.
2. Обчислити роботу A , що виконує на шляху $s = 12$ м рівномірно зростаюча сила, якщо на початку шляху сила $F_1 = 10$ Н, наприкінці шляху $F_2 = 46$ Н.
3. Пружина жорсткістю $k = 10$ кН/м була стиснута на $x_1 = 4$ см. Яку потрібно виконати роботу A , щоб стиснення пружини збільшити до $x_2 = 8$ см?
4. Під час центрального пружного удару тіло масою m_1 , що рухається, вдаряється в нерухоме тіло масою m_2 , у результаті чого швидкість першого тіла зменшується в два рази. Визначити: 1) у скільки разів маса першого тіла більша за масу другого тіла; 2) кінетичну енергію другого тіла безпосередньо після удару, якщо перед зіткненням кінетична енергія першого тіла дорівнювала 800 Дж.
5. Вал масою $m = 100$ кг і радіусом $R = 5$ см обертася з частотою $n = 8$ с⁻¹. До циліндричної поверхні вала притиснули гальмову колодку із силою $F = 40$ Н, під дією якої вал зупинився через час $t = 10$ с. Визначити коефіцієнт тертя f .
6. Колода висотою $h = 3$ м і масою $m = 50$ кг починає падати з вертикального положення на землю. Вважаючи колоду стержнем, а нижній кінець колоди нерухомим, визначити швидкість верхнього кінця і момент імпульсу колоди в момент її падіння на землю.
7. На скільки збільшиться маса альфа-частинки під час прискорення її від початкової швидкості, що дорівнює нулеві, до швидкості, яка дорівнює 0,9 швидкості світла?

ВАРІАНТ 9

1. Тіло рухається прямолінійно. Залежність шляху, що пройшло тіло, від часу задається рівнянням $s = Bt + Ct^2 + Dt^3$ ($C = 0,1 \text{ м/с}^2$, $D = 0,03 \text{ м/с}^3$). Визначити: 1) через який проміжок часу після початку руху прискорення a тіла буде дорівнювати 2 м/с^2 ; 2) середнє прискорення $\langle a \rangle$ тіла за цей проміжок часу.
2. Диск радіусом $R = 10 \text{ см}$ обертається так, що залежність кута повороту радіуса диска від часу задається рівнянням $\varphi = At + Bt^3$ ($A = 2 \text{ рад/с}$, $B = 4 \text{ рад/с}^3$). Визначити для точок на ободі колеса: 1) нормальне прискорення a_n у момент часу $t = 2 \text{ с}$; 2) тангенціальне прискорення a_τ для цього ж моменту; 3) кут повороту φ_1 , за якого повне прискорення утворює з радіусом колеса кут $\alpha = 45^\circ$.
3. Тіло масою $m = 2 \text{ кг}$ падає вертикально з прискоренням $a = 5 \text{ м/с}^2$. Визначити силу опору під час руху цього тіла.
4. Тіло, падаючи з деякої висоти, у момент зіткнення з Землею має імпульс $p = 100 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$ і кінетичну енергію $T = 500 \text{ Дж}$. Визначити: 1) з якої висоти тіло падало; 2) масу тіла.
5. Визначити, у скільки разів зменшиться швидкість кулі, що рухається зі швидкістю v_1 , під час її зіткнення з нерухомою кулею, маса якої в n раз більша за масу кулі, що налітає. Удар вважати центральним, абсолютно пружним.
6. Куля масою $m = 10 \text{ кг}$ і радіусом $R = 20 \text{ см}$ обертається навколо осі, що проходить через її центр, за законом $\varphi = A + Bt^2 - Ct^3$, де $B = 4 \text{ рад/с}^2$; $C = -1 \text{ рад/с}^3$. Визначити закон зміни моменту сил, що діють на кулю.
7. Два прискорювачі викидають назустріч один одному частинки зі швидкостями $v = 0,9 \text{ с}$. Визначити відносну швидкість u_{21} зближення частинок у системі відліку, що рухається разом з однією з частинок.

ВАРІАНТ 10

1. Рух матеріальної точки задано рівнянням $\mathbf{r}(t) = A(\mathbf{i} \cos \omega t + \mathbf{j} \sin \omega t)$, де $A = 0,5 \text{ м}$; $\omega = 5 \text{ рад/с}$. Накреслити траєкторію точки. Визначити модуль швидкості $|\mathbf{v}|$ і модуль нормального прискорення a_n .
2. Диск радіусом обертається навколо нерухомої осі так, що залежність кута повороту радіуса диска від часу задається рівнянням $\varphi = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$ ($B = 1 \text{ рад/с}$, $C = 1 \text{ рад/с}^2$, $D = 1 \text{ рад/с}^3$). Визначити для точок, які відстоять від осі обертання на 8 см , наприкінці третьої секунди після початку руху: 1) тангенціальне прискорення a_τ ; 2) нормальне прискорення a_n ; 3) повне прискорення a .
3. Тіло масою $m = 2 \text{ кг}$ рухається прямолінійно за законом $s = A - Bt + Ct^2 - Dt^3$ ($C = 2 \text{ м/с}^2$, $D = 0,4 \text{ м/с}^3$). Визначити силу, що діє на тіло наприкінці першої секунди руху.
4. Тіло масою $m_1 = 3 \text{ кг}$ рухається зі швидкістю $v_1 = 2 \text{ м/с}$ і вдаряється об нерухоме тіло такої ж маси. Вважаючи удар центральним і непружним, визначити кількість теплоти, що виділилась при ударі.
5. Обруч і суцільний циліндр масою $m = 2 \text{ кг}$ кожен, котяться без ковзання з однаковою швидкістю $v = 5 \text{ м/с}$. Визначити кінетичні енергії цих тел.
6. Маховик обертається за законом, що виражається рівнянням $\varphi = A + Bt + Ct^2$, де $A = 2 \text{ рад}$; $B = 32 \text{ рад/с}$; $C = -4 \text{ рад/с}^2$. Визначити середню потужність $\langle N \rangle$, що розвивається силами, які діють на маховик при його обертанні, до зупинки, якщо його момент інерції $J = 100 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$.
7. Визначити імпульс p частинки (в одиницях m_0c), якщо її кінетична енергія дорівнює енергії спокою.

Індивідуальне завдання №2

ВАРІАНТ 1

1. У закритій посудині об'ємом 20 л містяться водень масою 6 г і гелій масою 12 г. Визначити: 1) тиск; 2) молярну масу газової суміші в посудині, якщо температура суміші $T = 300$ К.
2. Визначити середню квадратичну $\langle v_{\text{кв}} \rangle$, середню арифметичну $\langle v \rangle$ і найбільш ймовірну $v_{\text{ім}}$ швидкості молекул водню. Обчислення виконати для трьох значень температури: 1) $T = 20$ К; 2) $T = 300$ К; 3) $T = 5$ кК.
3. У сферичній колбі об'ємом $V = 1$ л міститься азот. При якій густині ρ азоту середня довжина вільного пробігу молекул азоту більша за розміри посудини?
4. Азот масою $m = 10,5$ г ізотермічно розширюється при температурі $t = -23$ °С, причому його тиск змінюється від $p_1 = 250$ кПа до $p_2 = 100$ кПа. Визначити роботу A , виконану газом при розширенні.
5. Кисень нагрівається при незмінному тиску $p = 80$ кПа. Його об'єм збільшується від $V_1 = 1$ м³ до $V_2 = 3$ м³. Визначити: 1) зміну ΔU внутрішньої енергії кисню; 2) роботу A , яку газ виконав при розширенні; 3) кількість теплоти Q , що він отримав.
6. Внаслідок ізотермічного розширення в циклі Карно газ одержав від нагрівача 150 кДж теплоти. Визначити роботу A ізотермічного стиснення цього газу, якщо відомо, що ККД циклу $\eta = 0,4$.
7. Маса 100 крапель спирту, що витікає з капіляра, $m = 0,71$ г. Визначити поверхневий натяг σ спирту, якщо діаметр d шийки краплі в момент відриву дорівнює 1 мм.

ВАРІАНТ 2

1. У балоні ємністю 15 л міститься азот під тиском 100 кПа при температурі $t_1 = 27$ °С. Після того, як з балона випустили азот масою 14 г, температура газу стала дорівнювати $t_2 = 17$ °С. Визначити тиск азоту, що залишився в балоні.
2. Обчислити середню кінетичну енергію $\langle E \rangle$ обертального руху всіх молекул, що містяться у двох молях кисню при температурі 17 °С.
3. Обчислити середнє число зіткнень $\langle z \rangle$ за одиницю часу молекул деякого газу, якщо середня довжина вільного пробігу $\langle l \rangle = 5$ мкм, а середня квадратична швидкість його молекул $v_{\text{кв}} = 500$ м/с.
4. При ізотермічному розширенні маси $m = 10$ г азоту, що перебуває при температурі $t = 17$ °С, була виконана робота $A = 860$ Дж. У скільки разів змінився тиск азоту внаслідок розширення?
5. Два різних газу, одноатомний і двоатомний, мають однакові об'єми і температури. Газу стискають адіабатно так, що їхні об'єми зменшуються в два рази. Який з газів нагріється більше і у скільки разів?
6. Обчислити збільшення ентропії ΔS водню, маса якого $m = 0,8$ кг під час його стискування від 0,1 МПа при температурі 27 °С до 1,5 МПа при температурі 127 °С.
7. Діаметр трубки $d_1 = 0,2$ см. На нижньому кінці трубки зависла крапля води, що має в момент відриву вигляд сфери. Обчислити діаметр d_2 цієї краплі.

ВАРІАНТ 3

1. Азот масою 7 г перебуває під тиском $p = 0,1$ МПа при температурі $t_1 = 290$ °С. Внаслідок ізобарного нагрівання азот зайняв об'єм $V_2 = 10$ л. Визначити: 1) об'єм V_1 газу до розширення; 2) температуру T_2 газу після розширення; 3) густину газу до і після розширення.
2. Колба ємністю $V = 4$ л містить деякий газ масою $m = 0,6$ г під тиском $p = 200$ кПа. Визначити середню квадратичну швидкість $v_{\text{кв}}$ молекул газу.
3. Обчислити середню довжину вільного пробігу $\langle l \rangle$ молекул водню при тиску $p = 0,1$ Па і температурі $T = 100$ К.
4. Кисень, маса якого 80 г, ізобарно нагрівають від 15 °С до 115 °С. Визначити роботу A , виконану газом, зміну внутрішньої енергії ΔU і кількість підведеної теплоти Q .
5. Внаслідок адіабатного розширення об'єм газу збільшується в два рази, а термодинамічна температура знижується в 1,32 рази. Скільки ступенів вільності i мають молекули цього газу?
6. Кисень, маса якого $m = 2$ кг, збільшив свій об'єм у $n = 5$ разів, перший раз ізотермічно, другий раз – адіабатно. Визначити зміну ентропії ΔS у кожному із процесів.
7. Яку роботу A потрібно виконати, щоб при видудванні мильного пухирця збільшити його діаметр від $d_1 = 1$ см до $d_2 = 5$ см? Вважати процес ізотермічним.

ВАРІАНТ 4

1. У посудині місткістю $V = 1$ л міститься кисень масою $m = 1$ г. Визначити концентрацію молекул кисню в посудині.
2. Обчислити середню кінетичну енергію $\langle \varepsilon_{\text{об}} \rangle$ обертального руху однієї молекули кисню за температури $T = 350$ К і середню кінетичну енергію $\langle E \rangle$ обертального руху всіх молекул кисню, маса якого $m = 4$ г.

3. При якому тиску p середня довжина вільного пробігу $\langle l \rangle$ молекул азоту становить 1 м, якщо температура газу $T = 300 \text{ K}$?
4. У посудині об'ємом $V = 5 \text{ л}$ міститься газ при тиску $p = 200 \text{ кПа}$ і температурі $t = 17 \text{ }^\circ\text{C}$. Під час ізобарного розширення газом була виконана робота $A = 196 \text{ Дж}$. На скільки градусів нагрівся газ?
5. При адиабатному стискуванні повітря в циліндрах двигуна внутрішнього згоряння тиск змінюється від $p_1 = 0,1 \text{ МПа}$ до $p_2 = 3,5 \text{ МПа}$. Початкова температура повітря $t_1 = 40 \text{ }^\circ\text{C}$. Визначити температуру T_2 повітря наприкінці стискування.
6. Кисень масою $m = 200 \text{ г}$ займає об'єм $V_1 = 100 \text{ л}$ і перебуває під тиском $p_1 = 200 \text{ кПа}$. Під час нагрівання газ розширився при сталому тиску до об'єму $V_2 = 300 \text{ л}$, а потім його тиск зріс до $p_2 = 500 \text{ кПа}$ при незмінному об'ємі. Визначити зміну внутрішньої енергії ΔU газу, роботу A , виконану газом і кількість теплоти Q , яку газ отримав. Побудувати графік процесу.
7. Дві краплі ртуті радіусом $r = 1 \text{ мм}$ кожна злилися в одну велику краплю. Яка енергія E виділиться при цьому злитті? Вважати процес ізотермічним.

ВАРІАНТ 5

1. У посудині місткістю $V = 0,3 \text{ л}$ при температурі $T = 290 \text{ К}$ міститься неон. На скільки понизиться тиск p газу в посудині, якщо з нього через вентиль вийде $N = 10^{19}$ молекул?
2. Визначити найбільш ймовірну швидкість $v_{\text{ім}}$ молекул газу, густина якого при тиску 40 кПа становить $0,35 \text{ кг/м}^3$.
3. Балон об'ємом $V = 10 \text{ л}$ містить водень масою $m = 1 \text{ г}$. Визначити середню довжину вільного пробігу $\langle l \rangle$ молекул.
4. При ізобарному розширенні двохатомного газу була виконана робота $A = 156,8 \text{ Дж}$. Яка кількість теплоти Q була надана газу?
5. Об'єм кисню, початкова температура якого $t_1 = 17 \text{ }^\circ\text{C}$, при адиабатному розширенні збільшується у п'ять разів, а внутрішня енергія зменшується на 25 кДж . Визначити кінцеву температуру та масу кисню.
6. Холодильна машина, що працює по зворотному циклу Карно, передає тепло від холодильника з водою за температури $t_2 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$ кип'ятильнику з водою за температури $t_1 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$. Яку масу m_2 води потрібно заморозити в холодильнику, щоб перетворити в пару масу $m_1 = 1 \text{ кг}$ води в кип'ятильнику?
7. Повітряний пухирець діаметром $d = 20 \text{ мкм}$ перебуває у воді біля самої її поверхні. Визначити густину повітря в пухирці. Атмосферний тиск прийняти нормальним.

ВАРІАНТ 6

1. У посудині місткістю 5 л за нормальних умов перебуває азот. Визначити: 1) кількість речовини ν ; 2) масу азоту; 3) концентрацію n його молекул у посудині.
2. Тиск газу $p = 1 \text{ МПа}$, концентрація його молекул $n = 10^{10} \text{ см}^{-3}$. Визначити: 1) температуру T газу; 2) середню кінетичну енергію $\langle \epsilon_{\text{пост}} \rangle$ поступального руху молекули газу.
3. Визначити густину ρ розрідженого водню, якщо середня довжина вільного пробігу $\langle l \rangle$ молекул дорівнює 1 см .
4. Двохатомному газу дали кількість теплоти $Q = 2,093 \text{ кДж}$. Газ розширюється при сталому тиску. Визначити роботу A розширення газу.
5. Двохатомний газ, що перебуває за тиску $p_1 = 2 \text{ МПа}$ і температурі $t_1 = 27 \text{ }^\circ\text{C}$, стискується адиабатно від об'єму V_1 до $V_2 = 0,5 V_1$. Визначити температуру t_2 і тиск p_2 газу після стиску.
6. У деякому процесі ентропія термодинамічної системи змінилася на $\Delta S = 1,38 \text{ мДж/К}$. Як при цьому змінилася термодинамічна імовірність стану системи w ?
7. На скільки тиск p повітря усередині мильного пухирця більший за атмосферний тиск p_0 , якщо діаметр пухирця $d = 5 \text{ мм}$?

ВАРІАНТ 7

1. У балоні міститься газ за температури $t_1 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$. До якої температури t_2 потрібно нагріти газ, щоб його тиск збільшився в два рази?
2. Визначити середню кінетичну енергію $\langle \epsilon_{\text{пост}} \rangle$ поступального руху та середнє значення $\langle \epsilon \rangle$ повної кінетичної енергії однієї молекули водяної пари при температурі $T = 600 \text{ К}$. Визначити також середню енергію $\langle E \rangle$ поступального руху всіх молекул пари, що містяться в $\nu = 1 \text{ кмоль}$ речовини.
3. Обчислити середнє число $\langle z \rangle$ зіткнень, що зазнає молекула кисню за 1 с за нормальних умов.
4. Різниця питомих теплоємностей для деякого газу $c_p - c_v = 189 \text{ Дж/(кг К)}$. Визначити, який це газ.
5. Азот у кількості $\nu = 1 \text{ кмоль}$, що перебуває за нормальних умов, розширюється адиабатно від об'єму V_1 до $V_2 = 5 V_1$. Визначити зміну ΔU внутрішньої енергії газу і роботу A , яку виконує газ при розширенні.
6. Здійснюючи замкнений процес, газ одержав від нагрівача кількість теплоти $Q_1 = 4 \text{ кДж}$. Визначити роботу A газу за цикл, якщо його термічний ККД $\eta = 0,1$.

7. Гліцерин піднявся в капілярній трубці на висоту $h = 20$ мм. Визначити поверхневий натяг σ гліцерину, якщо діаметр d каналу трубки дорівнює 1 мм.

ВАРІАНТ 8

1. Під час нагрівання ідеального газу на $\Delta T = 1$ К при сталому тиску об'єм його збільшився на $1/350$ первісного об'єму. Визначити початкову температуру T газу.

2. Визначити середні значення $\langle \varepsilon \rangle$ повної кінетичної енергії однієї молекули гелію, кисню і водяної пари при температурі $T = 400$ К.

3. Сучасні літаки можуть перебувати в атмосфері на висоті $h = 30$ км. Який тиск атмосфери на цій висоті покаже барометр? Вважати, що температура повітря не змінюється з висотою і дорівнює 7 °С, а склад повітря є незмінним. Тиск на рівні моря нормальний.

4. У закритій посудині перебуває маса $m_1 = 20$ г азоту і маса $m_2 = 32$ г кисню. Визначити зміну ΔU внутрішньої енергії суміші газів при охолодженні її на $\Delta T = 28$ К.

5. Газ розширюється адіабатно так, що його тиск падає від $p_1 = 200$ кПа до $p_2 = 100$ кПа. Потім він нагрівається при сталому об'ємі до первісної температури, причому його тиск стає $p = 122$ кПа. Визначити відношення C_p/C_v для цього газу. Накреслити графік процесу.

6. Ідеальний газ, що виконує цикл Карно, $2/3$ кількості теплоти Q_1 , що він отримав від нагрівача, віддає холодильникові. Температура холодильника $T_2 = 280$ К. Визначити температуру T_1 нагрівача.

7. Різниця Δh рівнів рідини в колінах U -подібної трубки дорівнює 23 мм. Діаметри d_1 і d_2 каналів у колінах трубки дорівнюють відповідно 2 і 0,4 мм. Густина рідини $\rho = 0,8$ г/см³. Визначити поверхневий натяг рідини.

ВАРІАНТ 9

1. У циліндрі під поршнем міститься газ за нормальних умов. Спочатку при $T = \text{const}$ об'єм газу збільшили в $\beta = 5$ разів, потім газ нагріли при $p = \text{const}$ до температури $t = 127$ °С. Визначити концентрацію n молекул у кінцевому стані.

2. Деяка маса кисню перебуває при температурі $t = 27$ °С и тиску $p = 100$ кПа. Кінетична енергія поступального руху всіх молекул кисню $\langle E \rangle = 6,3$ Дж. Визначити кількість молекул N кисню, його масу m і об'єм V .

3. Визначити середню тривалість $\langle \tau \rangle$ вільного пробігу молекул кисню при температурі $T = 250$ К і тиску $p = 100$ Па.

4. Водень масою $m = 6,5$ г, що перебуває при температурі $t = 27$ °С, розширюється вдвічі при $p = \text{const}$ за рахунок одержаної ззовні теплоти. Визначити роботу A розширення газу, збільшення ΔU внутрішньої енергії газу і кількість теплоти Q , яку газ отримав.

5. Двохатомний газ займає об'єм $V_1 = 0,5$ л при тиску $p_1 = 50$ кПа. Газ стискується адіабатно до деякого об'єму V_2 і тиску p_2 . Потім він охолоджується при $V_2 = \text{const}$ до первісної температури, причому його тиск стає $p_0 = 100$ кПа. Накреслити графік цього процесу. Визначити об'єм V_2 і тиск p_2 .

6. Ідеальний газ виконує цикл Карно. Температура T_2 холодильника дорівнює 290 К. У скільки разів збільшиться ККД циклу, якщо температура нагрівача підвищиться від $T_1' = 400$ К до $T_1'' = 600$ К?

7. У воду занурена на дуже малу глибину скляна трубка з діаметром d внутрішнього каналу, що дорівнює 1 мм. Обчислити масу m води, що увійшла в трубку.

ВАРІАНТ 10

1. До якої температури T потрібно нагріти ідеальний газ при $p = \text{const}$, щоб його густина зменшилася в два рази в порівнянні з густиною цього газу при $t_0 = 0$ °С?

2. У посудині об'ємом $V = 3$ дм³ міститься азот при температурі $t = 17$ °С і тиску $p = 1$ кПа. Визначити кількість молекул N азоту в посудині, масу m азоту і середню кінетичну енергію $\langle E \rangle$ поступального руху всіх молекул газу.

3. Якою повинна бути температура T повітря Землі, щоб середня квадратична швидкість молекули водню дорівнювала б другій космічній швидкості $v_{II} = 11,2$ км/с?

4. Гелій, що перебуває за нормальних умов, ізотермічно розширюється від об'єму $V_1 = 1$ л до об'єму $V_2 = 2$ л. Визначити роботу A , виконану газом при розширенні, і кількість теплоти Q , що отримав газ.

5. Визначити питомі теплоємності c_p і c_v деякого газу, якщо відомо, що його густина за нормальних умов $\rho = 1,43$ кг/м³, а відношення молярних теплоємностей дорівнює 1,4. Який це газ?

6. Ідеальний газ виконує цикл Карно. Температура T_1 нагрівача в три рази вища за температуру T_2 холодильника. Від нагрівача отримана кількість теплоти $Q_1 = 42$ кДж. Яку роботу A виконав газ?

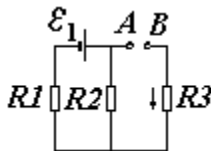
7. На яку висоту h піднімається вода між двома паралельними скляними пластинками, якщо відстань d між ними дорівнює 0,2 мм?

Індивідуальне завдання №3

ВАРІАНТ 1

- Чотири однакових заряди $Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_4 = 40$ нКл закріплені у вершинах квадрата зі стороною $a = 10$ см. Визначити силу F , що діє на кожний з цих зарядів з боку трьох інших.
- Між пластинами плоского конденсатора міститься точковий заряд $Q = 30$ нКл. Поле конденсатора діє на заряд із силою $F_1 = 10$ мН. Визначити силу F взаємного притягання пластин, якщо площа S кожної пластини дорівнює 100 см².
- Протон, початкова швидкість v якого дорівнює 100 км/с, влетів в однорідне електричне поле ($E = 300$ В/см) уздовж ліній напруженості. Який шлях l має пролетіти протон у напрямку ліній поля, щоб його швидкість подвоїлася?
- Три джерела струму з ЕРС $E_1 = 1,8$ В, $E_2 = 1,4$ В, $E_3 = 1,1$ В з'єднані однойменними полюсами. Внутрішній опір першого джерела $r_1 = 0,4$ Ом, другого $r_2 = 0,6$ Ом. Визначити внутрішній опір третього джерела, якщо через перше джерело проходить струм $I_1 = 1,13$ А.
- По дротовій рамці, що має форму правильного шестикутника, проходить струм $I = 2$ А. При цьому в центрі рамки утворюється магнітне поле напруженістю $H = 33$ А/м. Визначити довжину l дроту, з якого зроблена рамка.
- Заряджена частинка рухається в магнітному полі по колу зі швидкістю $v = 10^6$ м/с. Індукція магнітного поля $B = 0,3$ Тл. Радіус кола $R = 4$ см. Визначити заряд q частинки, якщо відомо, що її кінетична енергія $T = 12$ кеВ.
- Дротяний виток радіусом $r = 4$ см, що має опір $R = 0,01$ Ом, міститься в однорідному магнітному полі з індукцією $B = 0,04$ Тл. Площина витка утворює кут $\alpha = 30^\circ$ з лініями індукції поля. Який заряд Q пройде по витку, якщо магнітне поле зникне?
- Індуктивність L соленоїда при довжині $l = 1$ м і площі поперечного перерізу $S = 20$ см² дорівнює $0,4$ мГн. Визначити силу струму в соленоїді, при якій об'ємна густина енергії w магнітного поля усередині соленоїда дорівнює $0,1$ Дж/м³.

ВАРІАНТ 2

- Дві кульки однакової маси $m = 0,1$ г підвішені в одній точці на нитках довжиною $l = 20$ см кожна. Отримавши однаковий заряд, кульки розійшлися так, що нитки утворили між собою кут $\alpha = 60^\circ$. Визначити заряд кожної кульки.
 - Електрон міститься в однорідному електричному полі напруженістю $E = 200$ кВ/м. Який шлях пройде електрон за час $t = 1$ нс, якщо його початкова швидкість дорівнює нулю? Яку швидкість буде мати електрон наприкінці цього проміжку часу?
 - Простір між пластинами плоского конденсатора Відстань між пластинами $d = 5$ мм, різниця потенціалів $U = 500$ В. Визначити енергію поляризованої скляної пластини, якщо площа її $S = 50$ см².
 - Три опори $R_1 = 5$ Ом, $R_2 = 1$ Ом і $R_3 = 3$ Ом, а ЕРС ε_1 джерела струму, яке також джерело струму з ЕРС ε_1 ЕРС ε джерела струму, яке через опір R_3 проходив струм силою $I = 1$ А в напрямку, зазначеному стрілкою. Внутрішніми опорами джерел струму нехтувати.
- 
- Дротяний виток радіусом $R = 5$ см розміщений в однорідному магнітному полі напруженістю $H = 2$ кА/м. Площина витка утворює кут $\alpha = 60^\circ$ з напрямком поля. По витку проходить струм силою $I = 4$ А. Визначити механічний момент M , що діє на виток.
 - Протон і електрон, прискорені однаковою різницею потенціалів, влітають в однорідне магнітне поле, що є перпендикулярним до швидкості. У скільки разів радіус кривизни R_1 траєкторії протона більше за радіус кривизни R_2 траєкторії електрона? Маса електрона $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31}$ кг, маса протона $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$ кг.
 - На картонний каркас довжиною $l = 0,6$ м і площею поперечного перерізу $S = 20$ см² намотаний в один шар дріт діаметром $d = 1,2$ мм так, що витки щільно прилягають один до одного. Індуктивність котушки з залізним осердям $L = 0,28$ Гн при струмі через обмотку $I = 5$ А. Визначити магнітну проникність μ залізного осердя.
 - Рамка площею $S = 100$ см² містить $N = 100$ витків дроту. Рамка рівномірно обертається з частотою $n = 8$ с⁻¹ навколо осі, що лежить в площині рамки і є перпендикулярною до ліній магнітної індукції однорідного магнітного поля ($B = 0,1$ Тл). Яким є середнє значення ЕРС індукції $\langle \varepsilon_i \rangle$ за час, за який магнітний потік, що пронизує рамку, змінюється від нуля до максимального значення. *Вказівка.* Див. визначення середнього значення функції у Додатку А.

ВАРІАНТ 3

1. Електричне поле створене двома нескінченними паралельними пластинами, що несуть рівномірно розподілений по площині заряд з поверхневими густинами $\sigma_1 = 1 \text{ нКл/м}^2$ і $\sigma_2 = 3 \text{ нКл/м}^2$. Визначити напруженість E поля: 1) між пластинами; 2) поза пластинами.

2. Електростатичне поле створюється позитивно зарядженою нескінченною площиною з постійною поверхневою густиною заряду $\sigma = 10 \text{ нКл/см}^2$. Якої швидкості набуває електрон, наблизившись під дією сил поля до площини вздовж лінії напруженості з відстані $r_1 = 2 \text{ см}$ до $r_2 = 1 \text{ см}$. Початкова швидкість електрона дорівнює нулю.

3. Дві металевих кулі радіусами $R_1 = 2 \text{ см}$ і $R_2 = 6 \text{ см}$ з'єднані провідником, ємністю якого можна нехтувати. Кулям наданий заряд $Q = 1 \text{ нКл}$. Визначити поверхневу густина σ зарядів на кулях.

4. Густина струму j в алюмінієвому провіднику 1 А/мм^2 . Визначити середню швидкість $\langle v \rangle$ упорядкованого руху електронів, припускаючи, що кількість вільних електронів у 1 см^3 алюмінію дорівнює кількості атомів. Густина алюмінію $\rho = 2,7 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

5. По тонкому дротяному кільцю проходить струм. Не змінюючи сили струму в провіднику, йому надали форму квадрата. У скільки разів змінилася магнітна індукція в центрі контуру?

6. Прямокутна рамка зі струмом $I = 1,5 \text{ А}$ розміщена в одній площині з довгим прямим провідником зі струмом так, що довгі сторони рамки є паралельними провідникові. Сила струму в провіднику $I_1 = 2 \text{ А}$, відстань від нього до ближньої сторони рамки $a = 10 \text{ см}$. Довжини сторін рамки $l_1 = 30 \text{ см}$, $l_2 = 18 \text{ см}$. Визначити сили, що діють на кожну зі сторін рамки.

7. Заряджена частинка була прискорена різницею потенціалів $U = 104 \text{ В}$ і влетіла в схрещені під прямим кутом електричне ($E = 10 \text{ кВ/м}$) і магнітне ($B = 0,1 \text{ Тл}$) поля. Визначити відношення Q/m заряду частинки до її маси, якщо, рухаючись перпендикулярно обом полям, частинка не відхиляється від прямолінійної траєкторії.

8. Соленоїд має $N = 1000$ витків. Сила струму I у його обмотці становить 1 А , магнітний потік, що пронизує кожний виток, $\Phi = 0,1 \text{ мВб}$. Визначити енергію W магнітного поля.

ВАРІАНТ 4

1. Навколо нерухомого точкового заряду $Q = 1 \text{ нКл}$ рівномірно обертається під дією сил притягання негативно заряджена маленька кулька. Чому дорівнює відношення заряду кульки до її маси q/m , якщо радіус орбіти $R = 2 \text{ см}$, а кутова швидкість обертання $\omega = 3 \text{ рад/с}$?

2. Точкові заряди $Q_1 = 1 \text{ мкКл}$ і $Q_2 = 0,1 \text{ мкКл}$ розміщені на відстані $r_1 = 10 \text{ см}$ один від одного. Яку роботу A виконають сили поля, якщо другий заряд, відштовхуючись від першого, віддаляється від нього на відстань: 1) $r_2 = 10 \text{ м}$; 2) $r_3 = \infty$?

3. Відстань d між пластинами повітряного плоского конденсатора становить 2 см , різниця потенціалів $U = 6 \text{ кВ}$. Заряд кожної пластини $Q = 10 \text{ нКл}$. Обчислити енергію W електричного поля конденсатора і силу F взаємного притягання пластин.

4. ЕРС батареї акумуляторів $E = 12 \text{ В}$, сила струму $I_{\text{к.з.}}$ короткого замикання 5 А . Яку найбільшу потужність P_{max} можна одержати в зовнішньому колі, з'єднаному з такою батареєю?

5. По тонкому проводу у вигляді півкільця радіусом $R = 10 \text{ см}$ проходить струм $I = 10 \text{ А}$. Перпендикулярно площині кільця збуджене однорідне магнітне поле, індукція якого $B = 50 \text{ мТл}$. Визначити силу, що діє на провід. Як зміниться сила, якщо провід випрямити?

6. Два однозарядних іони, прискорені однаковою різницею потенціалів, влетіли в однорідне магнітне поле перпендикулярно лініям індукції. Один іон, маса m_1 якого дорівнює 12 а. е. м. , описав дугу кола радіусом $R_1 = 4 \text{ см}$. Визначити масу m_2 іншого іона, якщо він описав дугу кола радіусом $R_2 = 6 \text{ см}$.

7. В однорідному магнітному полі з індукцією $B = 0,5 \text{ Тл}$ рівномірно з частотою $n = 300 \text{ хв}^{-1}$ обертається котушка, що містить $N = 200$ витків, які щільно прилягають один до одного. Площа поперечного перерізу котушки $S = 100 \text{ см}^2$. Вісь обертання є перпендикулярною до осі котушки і напряму магнітного поля. Визначити максимальну ЕРС, що індукуються в котушці.

8. На залізне кільце намотано в один шар $N = 200$ витків. Визначити: магнітний потік Φ_1 через один виток та енергію W магнітного поля, якщо при струмі силою $I = 2,5 \text{ А}$ повний магнітний потік Ψ у залізі дорівнює $0,5 \text{ мВб}$.

ВАРІАНТ 5

1. Електричне поле створене двома точковими зарядами $Q_1 = 40 \text{ нКл}$ і $Q_2 = -10 \text{ нКл}$, що розміщені на відстані $d = 10 \text{ см}$ один від одного. Визначити напруженість E поля в точці, яка відстоїть від першого заряду на $r_1 = 12 \text{ см}$ і від другого на $r_2 = 6 \text{ см}$.

2. Електростатичне поле створюється позитивно зарядженою нескінченною ниткою з постійною лінійною густиною заряду $\tau = 1 \text{ нКл/см}$. Яку роботу виконають сили поля під час переміщення електрона з відстані $r_1 = 1,5 \text{ см}$ до $r_2 = 1 \text{ см}$?

3. Два конденсатори, ємності яких $C_1 = 3 \text{ мкФ}$ і $C_2 = 6 \text{ мкФ}$, з'єднані між собою і приєднані до батареї з ЕРС $U = 120 \text{ В}$. Визначити заряди Q_1 і Q_2 конденсаторів і різниці потенціалів U_1 і U_2 між їхніми обкладками, якщо конденсатори з'єднані: 1) паралельно; 2) послідовно.

4. Сила струму в провіднику рівномірно збільшується від $I_0 = 0$ до деякого максимального значення протягом часу $t = 10$ с. За цей час у провіднику виділилася кількість теплоти $Q = 1$ кДж. Визначити швидкість зростання струму в провіднику, якщо опір його $R = 3$ Ом.

5. Два прямолінійних довгих паралельних провідники розміщені на відстані $d_1 = 10$ см один від одного. По провідниках в одному напрямі проходять струми $I_1 = 20$ А і $I_2 = 30$ А. Яку роботу A треба виконати (на одиницю довжини провідників), щоб розсунути ці провідники до відстані $d_2 = 20$ см?

6. Соленоїд без осердя довжиною $l = 0,5$ м містить $N = 1\,000$ витків. Визначити магнітну індукцію B поля усередині соленоїда, якщо опір його обмотки $R = 120$ Ом, а напруга на її кінцях $U = 60$ В.

7. Визначити частоту n обертання електрона по коловій орбіті в магнітному полі, індукція якого $B = 0,2$ Тл.

8. Кільце з алюмінієвого дроту (питомий опір $\rho = 26$ нОм·м) поміщено в магнітне поле перпендикулярно лініям магнітної індукції. Діаметр кільця $D = 20$ см, діаметр дроту $d = 1$ мм. Визначити швидкість зміни магнітного поля, якщо сила індукційного струму в кільці $I = 0,5$ А.

ВАРІАНТ 6

1. Відстань між двома точковими зарядами $Q_1 = 5$ мкКл і $Q_2 = -10$ мкКл дорівнює 10 см. Визначити силу F , що діє на точковий заряд $Q = 0,1$ мкКл, який відстоїть на $r_1 = 6$ см від першого і на $r_2 = 8$ см від другого зарядів.

2. Сила F притягання між пластинами плоского повітряного конденсатора дорівнює 50 мН. Площа кожної пластини $S = 200$ см². Визначити густину енергії w електричного поля конденсатора.

3. У мідному провіднику об'ємом $V = 6$ см³ під час проходження по ньому постійного струму за час $t = 1$ хв виділилася кількість теплоти $Q = 216$ Дж. Визначити напруженість E електричного поля в провіднику.

4. Два джерела струму з ЕРС $E_1 = 2$ В і $E_2 = 1,5$ В та внутрішніми опорами $r_1 = 0,5$ Ом та $r_2 = 0,4$ Ом з'єднані однойменними полюсами. До затискачів підімкнутий зовнішній опір $R = 20$ Ом. Визначити силу струму через цей опір.

5. Уздовж двох довгих прямих паралельних провідників, розміщених на відстані $d = 5$ см один від одного, в одному напрямку проходять струми силами $I_1 = 5$ А і $I_2 = 10$ А. Визначити магнітну індукцію B поля в точці, що відстоїть на $r_1 = 3$ см від першого провідника і на $r_2 = 4$ см від другого.

6. Обчислити радіус R кола, що описує протон у магнітному полі з індукцією $B = 15$ мТл, якщо швидкість протона $v = 2$ Мм/с. Маса протона $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$ кг.

7. Усередині соленоїда з кількістю витків $N = 200$ та нікелевим осердям ($\mu = 200$) напруженість однорідного магнітного поля $H = 10$ кА/м. Площа поперечного перерізу осердя $S = 10$ см². Визначити: 1) магнітну індукцію B поля усередині соленоїда; 2) потокозчеплення.

8. Струм, що змінюється за законом $I = 3 \cos 2t$ (час – у секундах, струм – в амперах), проходить по котушці індуктивністю $L = 40$ мГн. Установити закон зміни і максимальне значення ЕРС самоіндукції.

ВАРІАНТ 7

1. У вершинах правильного шестикутника зі стороною $a = 10$ см розміщені точкові заряди $Q, 2Q, 3Q, 4Q, 5Q, 6Q$ ($Q = 0,1$ мкКл). Визначити силу F , що діє на точковий заряд Q , що лежить у площині шестикутника і є рівновіддаленим від його вершин.

2. У центрі сфери радіусом $R = 20$ см розміщений точковий заряд $Q = 10$ нКл. Визначити потік Φ_E вектора напруженості через частину сферичної поверхні площею $S = 20$ см².

3. Плоский повітряний конденсатор складається з двох круглих пластин радіусом $r = 10$ см кожна. Відстань d_1 між пластинами дорівнює 1 см. Конденсатор зарядили до різниці потенціалів $U = 1,2$ кВ і відключили від джерела струму. Яку роботу A потрібно виконати, щоб збільшити відстань між пластинами до $d_2 = 3,5$ см?

4. До затискачів батареї акумуляторів приєднаний нагрівач. ЕРС E батареї дорівнює 24 В, внутрішній опір $r = 1$ Ом. Нагрівач, включений у коло, споживає потужність $P = 80$ Вт. Обчислити силу струму I у колі і ККД нагрівача.

5. Визначити магнітну індукцію B поля, створеного прямолінійним відрізком нескінченно довгого провідника, у точці, що є рівновіддаленою від кінців відрізка і знаходиться на відстані $R = 4$ см від його середини. Довжина відрізка провідника $l = 20$ см, а сила струму в ньому $I = 10$ А.

6. Електрон, прискорений різницею потенціалів $U = 6$ кВ, влітає в однорідне магнітне поле під кутом $\alpha = 30^\circ$ до напрямку поля і рухається по гвинтовій траєкторії. Індукція магнітного поля $B = 13$ мТл. Визначити радіус R і крок h гвинтової траєкторії.

7. Сила струму в котушці без осердя рівномірно збільшується на $0,1$ А за 1 с. Котушка довжиною $l = 0,5$ м і діаметром поперечного перерізу $D = 0,1$ м має $N = 1\,000$ витків. На котушку щільно насунуто кільце з мідного дроту, площа поперечного перерізу якого $S = 2$ мм². Визначити силу струму в кільці, якщо магнітні потоки, що перетинають котушку і кільце, однакові.

8. Визначити енергію магнітного поля соленоїда, що містить $N = 300$ витків, намотаних на картонний каркас радіуса $r = 3$ см і довжиною $l = 6$ см, якщо по ньому проходить струм $I = 4$ А.

ВАРІАНТ 8

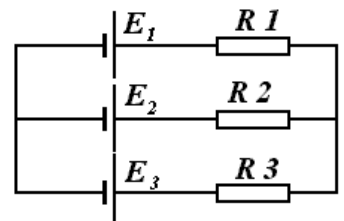
1. Дві однакових провідних заряджених кулі розміщені на відстані $r = 60$ см. Сила відштовхування F_1 куль дорівнює 70 мкН. Після того, як кулі привели в зіткнення і потім віддалили одну від одної на первісну відстань, сила відштовхування зросла і стала дорівнювати $F_2 = 160$ мкН. Обчислити заряди Q_1 і Q_2 , що були на кулях до їхнього зіткнення. Діаметри куль вважати набагато меншими, ніж відстань між ними.
2. Заряджена частинка, прискорена різницею потенціалів $U = 600$ кВ, набула швидкості $v = 5,4$ Мм/с. Визначити питомий заряд частинки (відношення заряду частинки до її маси).
3. Конденсатори, ємності яких $C_1 = 1$ мкФ, $C_2 = 2$ мкФ, $C_3 = 3$ мкФ, включені в коло з напругою $U = 1,1$ кВ. Визначити енергію кожного конденсатора у випадках: 1) послідовного їхнього включення; 2) паралельного включення.
4. При силі струму $I_1 = 3$ А в зовнішньому колі батареї акумуляторів виділяється потужність $P_1 = 18$ Вт, при силі струму $I_2 = 1$ А – відповідно $P_2 = 10$ Вт. Визначити ЕРС E і внутрішній опір r батареї.
5. Напруженість H магнітного поля в центрі колового витка дорівнює 200 А/м. Магнітний момент витка $p_m = 1$ А·м². Обчислити силу струму I у витку і радіус R витка.
6. Частинка, що несе один елементарний заряд, влетіла в однорідне магнітне поле з індукцією $B = 0,5$ Тл. Визначити момент імпульсу L частинки під час її руху в магнітному полі, якщо її траєкторія являє собою дугу кола радіусом $R = 0,1$ см.
7. В однорідному магнітному полі з індукцією $B = 0,01$ Тл розміщений перпендикулярно лініям індукції прямий провідник довжиною $l = 8$ см. По провіднику проходить струм силою $I = 2$ А. Під дією сил поля провідник перемістився на відстань $s = 5$ см. Визначити роботу A сил поля.
8. Дротяна рамка опором $R = 0,01$ Ом рівномірно обертається в однорідному магнітному полі з індукцією $B = 0,05$ Тл. Вісь обертання лежить у площині рамки і перпендикулярна лініям індукції. Площа S рамки дорівнює 100 см². Визначити заряд Q , який проходить через рамку за час повороту її на кут $\alpha = 30^\circ$ від $\alpha_0 = 0$ до $\alpha_1 = 30^\circ$ (α – кут між площиною рамки і лініями магнітної індукції).

ВАРІАНТ 9

1. У вершинах правильного трикутника зі стороною $a = 10$ см розміщені заряди $Q_1 = 10$ мкКл, $Q_2 = 20$ мкКл і $Q_3 = 30$ мкКл. Визначити силу F , що діє на заряд Q_1 з боку двох інших зарядів.
2. Конденсатор електроємністю $C_1 = 0,6$ мкФ був заряджений до напруги $U_1 = 300$ В і з'єднаний з другим конденсатором електроємністю $C_2 = 0,4$ мкФ, зарядженим до напруги $U_2 = 150$ В. Визначити заряд ΔQ , що переходить з пластин першого конденсатора на другий.
3. Визначити густину струму j у залізному провіднику довжиною $l = 10$ м, якщо провідник знаходиться під напругою $U = 6$ В.
4. Сила струму в провіднику опором $R = 10$ Ом рівномірно убиває від $I_0 = 3$ А до $I = 0$ за 30 с. Визначити кількість теплоти Q , що виділилася за цей час у провіднику.
5. Довгий прямий соленоїд із дроту діаметром $d = 0,5$ мм намотаний на картонний каркас так, що витки щільно прилягають один до одного. Якою є магнітна індукція B усередині соленоїда при силі струму $I = 4$ А? Товщиною ізоляції нехтувати.
6. Плоский контур, площа S якого дорівнює 300 см², розміщений в однорідному магнітному полі з індукцією $B = 0,01$ Тл. Площина контуру перпендикулярна до ліній індукції. У контурі підтримується незмінний струм силою $I = 10$ А. Визначити роботу A зовнішніх сили по переміщенню контуру зі струмом в область простору, магнітне поле в якій відсутнє.
7. Електрон рухається в магнітному полі з індукцією $B = 0,02$ Тл по колу радіусом $R = 1$ см. Визначити кінетичну енергію електрона (у джоулях і електрон-вольтах).
8. Якою є індукція однорідного магнітного поля, якщо під час видалення з нього кругового мідного провідника довжиною $l = 20$ см і поперечним перерізом $S = 1$ мм² по ньому проходить заряд $Q = 1$ мКл?

ВАРІАНТ 10

1. Визначити потенціальну енергію системи двох точкових зарядів $Q_1 = 100$ нКл і $Q_2 = 10$ нКл, які розміщені на відстані $r = 10$ см один від одного.
2. Яка різниця потенціалів U потрібна для того, щоб надати швидкості $v = 30$ Мм/с: 1) електронів; 2) протонів? Обидві частинки перебувають у стані спокою. Маса електрона $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31}$ кг, маса протона $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$ кг.
3. Сила струму в провіднику опором $R = 100$ Ом рівномірно зростає від $I_0 = 0$ до $I_{\max} = 10$ А протягом часу $t = 10$ с. Яка кількість теплоти Q виділяється в цьому провіднику за цей проміжок часу?
4. Три джерела струму з ЕРС $E_1 = 2$ В, $E_2 = 4$ В і $E_3 = 6$ В і три резистори ($R_1 = 4$ Ом, $R_2 = 6$ Ом, $R_3 = 8$ Ом) з'єднані, як показано на рисунку. Визначити сили струмів у всіх ділянках кола. Внутрішнім опором джерел нехтувати.
5. По двом нескінченно довгим прямим паралельним провідникам, розміщеним на відстані $d = 15$ см один від одного, у протилежних напрямках проходять струми $I_1 = 70$ А і $I_2 = 50$ А. Визначити магнітну індукцію B в точці, що відстоїть на $r_1 = 20$ см від першого провідника і на $r_2 = 30$ см від другого.
6. Яка потужність необхідна для того, щоб провідник довжиною $l = 40$ см переміщати зі швидкістю $v = 5$ м/с перпендикулярно магнітному полю індукцією $B = 10$ мТл, якщо по провіднику проходить струм $I = 20$ А



7. Заряджена частинка влетіла перпендикулярно лініям індукції в однорідне магнітне поле, створене в середовищі. У результаті взаємодії з речовиною частинка, знаходячись у полі, втратила половину своєї первісної енергії. У скільки разів будуть відрізнятись радіуси кривизни R траєкторії початку і кінця шляху?

8. В однорідному магнітному полі рівномірно обертається прямокутна рамка з частотою $n = 600 \text{ хв}^{-1}$. Вісь обертання лежить у площині рамки і є перпендикулярною до напрямку магнітного поля. Амплітуда ЕРС, що індукується в рамці $E_0 = 3 \text{ В}$. Яким є середнє значення $\langle \Phi \rangle$ магнітного потоку, що пронизує рамку, за час, за який магнітний потік змінюється від нуля до максимального значення. *Вказівка.* Див. визначення середнього значення функції у Додатку А.

Індивідуальне завдання №4

ВАРІАНТ 1

1. Амплітуда гармонічних коливань точки $A = 5$ см, амплітуда швидкості $v_{\max} = 7,85$ см/с. Обчислити циклічну частоту ω коливань і максимальне прискорення a_{\max} точки.

2. Точка здійснює одночасно два гармонічних коливання однакової частоти, що відбуваються у взаємно перпендикулярних напрямках. Рівняння коливань $x = A \cos \omega t$ і $y = A \cos (\omega t + \varphi)$. Визначити рівняння траєкторії точки **у вигляді $f(x,y) = 0$** . Прийняти $A = 2$ см, $\varphi = \pi/2$.

3. Матеріальна точка, маса якої $m = 10$ г, здійснює гармонічні коливання за законом косинуса з періодом $T = 2$ с і початковою фазою $\varphi = 0$. Повна механічна енергія точки $E = 0,1$ мДж. Визначити амплітуду коливань A **та закон руху** точки. Обчислити максимальне значення F_{\max} сили, що діє на точку.

4. Вантаж масою $m = 0,5$ кг підвішений до спіральної пружини жорсткістю $k = 20$ Н/м і здійснює пружні коливання в деякому середовищі. Логарифмічний декремент згасання коливань $\lambda = 0,004$. Визначити кількість N повних коливань, що може здійснити вантаж, щоб енергія коливань зменшилася в $n = 2$ рази. За який час Δt відбудеться це зменшення?

5. Плоска гармонічна звукова хвиля збуджується джерелом коливань частотою $\nu = 200$ Гц і поширюється уздовж осі Ox . Амплітуда коливань точок джерела $A = 4$ мм. **Навести** рівняння коливань джерела $\xi(0,t)$, якщо в початковий момент часу зміщення точок джерела було максимальним. Визначити зміщення точок середовища, що містяться на відстані $x = 100$ см від джерела, у момент часу $t = 0,1$ с **від початку коливань джерела**. Швидкість звукової хвилі прийняти $v = 340$ м/с. Згасанням нехтувати.

6. Коливальний контур містить конденсатор ємністю $C = 8$ пФ і котушку індуктивністю $L = 0,5$ мГн. Якою є максимальна напруга U_0 на обкладках конденсатора, якщо максимальна сила струму в контурі $I_0 = 40$ мА?

7. У вакуумі поширюється плоска електромагнітна хвиля, напруженість електричного поля якої описується рівнянням $\mathbf{E} = \mathbf{e}_y E_m \cos(\omega t - kx)$, де \mathbf{e}_y – орт осі Oy , $E_m = 160$ В/м, $k = 0,51$ м⁻¹. Визначити напруженість магнітного поля \mathbf{H} хвилі в точці з координатою $x = 7,7$ м у момент часу $t = 33$ нс **від початку коливань джерела**.

ВАРІАНТ 2

1. Точка здійснює коливання за законом синуса з періодом $T = 12$ с. У деякий момент часу зміщення точки дорівнювало 1 см. Коли фаза коливань збільшилася вдвічі, швидкість v точки стала дорівнювати $\pi/6$ см/с. Визначити амплітуду A коливань.

2. Точка здійснює одночасно два гармонічних коливання однакової частоти, що відбуваються у взаємно перпендикулярних напрямках за рівняннями: $x = A_1 \cos \omega t$ і $y = A_2 \sin \omega t$. Визначити рівняння траєкторії точки **у вигляді $f(x,y) = 0$** . Прийняти: $A_1 = 3$ см, $A_2 = 1$ см.

3. Матеріальна точка, маса якої $m = 50$ г, здійснює коливання за законом $x = 10 \sin(2t + \frac{\pi}{3})$, де x дано в сантиметрах, а аргумент синуса – у радіанах. Визначити максимальні значення сили F_{\max} , що повертає точку в положення рівноваги, і кінетичної енергії T_{\max} .

4. Амплітуда коливань маятника довжиною $l = 1$ м за час $t = 10$ хв зменшилася в два рази. Визначити логарифмічний декремент λ згасання системи.

5. Плоска синусоїдна звукова хвиля має період $T = 3$ мс, амплітуду $A = 0,2$ мм і довжину хвилі $\lambda = 1,2$ м. Визначити швидкість точок середовища, віддалених від джерела коливань на відстань $x = 2$ м, у момент часу $t = 7$ мс **від початку коливань джерела**. Початкова фаза хвилі дорівнює нулю.

6. Коливальний контур має такі параметри: резонансна частота $\nu_{\text{рез}} = 600$ кГц, ємність конденсатора $C = 350$ пФ, активний опір $R = 15$ Ом. Визначити добротність контуру.

7. У вакуумі поширюється плоска електромагнітна хвиля, амплітуда напруженості магнітного поля якої $H_m = 0,1$ А/м. Визначити інтенсивність хвилі.

ВАРІАНТ 3

1. Точка, що здійснює гармонічні коливання за законом $x = A \cos(\omega t + \varphi)$ см, у деякий момент часу t_1 має зміщення $x_1 = 4$ см, швидкість $v_{1x} = 5$ см/с і прискорення $a_{1x} = -80$ см/с². Визначити амплітуду A і період T коливань точки; фазу коливань $\omega t + \varphi$ у момент часу, що розглядається; максимальні швидкість v_{\max} і прискорення a_{\max} точки.

2. Точка одночасно здійснює два взаємно перпендикулярних коливання, що виражаються рівняннями $x = A_1 \sin \omega t$ і $y = A_2 \cos \omega(t + \tau)$, де $A_1 = 2$ см, $A_2 = 1$ см, $\omega = \pi$ с⁻¹, $\tau = 0,5$ с. Визначити рівняння траєкторії точки **у вигляді $f(x,y) = 0$** .

3. Брусок, маса якого $m = 0,5$ кг, лежить на гладкому столі. Він з'єднаний горизонтальною пружиною жорсткістю $k = 32$ Н/м зі стіною. У початковий момент часу пружину стиснули на $x_0 = 1$ см і відпустили. Установити закон руху бруска. Тертям нехтувати.

4. Логарифмічний декремент λ згасання маятника дорівнює 0,01. Визначити кількість N повних коливань маятника до зменшення його амплітуди в 3 рази.

5. Поперечна хвиля поширюється уздовж пружного шнура зі швидкістю $v = 10$ м/с. Амплітуда коливань точок шнура $A = 5$ см, період коливань $T = 1$ с. В початковий момент часу кінець шнура, що є джерелом біжучої хвилі, перебував у положенні рівноваги. **Навести** рівняння пружної хвилі і визначити: 1) довжину хвилі, 2) фазу коливань, зміщення, швидкість і прискорення точки, що відстоїть на 9 м від джерела коливань у момент часу $t_1 = 2,5$ с **від початку коливань джерела**.

6. На яку довжину хвилі λ буде резонувати контур, що складається з котушки ($L = 4$ мкГн), конденсатора ($C = 111$ мкФ) і резистора ($R = 10$ Ом)?

7. Чому дорівнюють амплітуди **напруженості** E_m і H_m електричного і магнітного полів плоскої електромагнітної хвилі в повітрі у сфокусованому випромінюванні лазера, де інтенсивність хвилі становить $I = 10^{14}$ Вт/см²?

ВАРІАНТ 4

1. Точка здійснює коливання за законом $x = A \cos(\omega t + \varphi)$, де $A = 4$ см. Визначити початкову фазу φ , якщо: а) $x(0) = 2$ см, $v_x(0) < 0$; б) $x(0) = -2$ см, $v_x(0) < 0$; в) $x(0) = 2$ см, $v_x(0) > 0$; г) $x(0) = -2$ см, $v_x(0) > 0$. Побудувати векторну діаграму для моменту часу $t = 0$.

2. Два гармонічних коливання однакових амплітуд і періодів, що напрямлені вздовж однієї прямої, додаються в одне коливання тієї ж амплітуди. Визначити різницю фаз $\Delta\varphi$ коливань, що додаються.

3. Цвях забитий у стіну горизонтально. На нього підвішений тонкий обруч, що коливається в площині, паралельній стіні. Радіус обруча $R = 30$ см. Обчислити період T коливань обруча.

4. Амплітуда згасаючих коливань за час $t_1 = 20$ с зменшилася в два рази. У скільки разів вона зменшиться за час $t_2 = 1$ хв?

5. Від джерела коливань поширюється плоска синусоїдна хвиля уздовж осі Ox . Амплітуда хвилі $A = 10$ см, початкова фаза хвилі дорівнює нулю. Яким буде зміщення точки, віддаленої від джерела на $x = 3/4 \lambda$, у момент, коли від початку коливань пройшов час $t = 0,9 T$?

6. Індуктивність L коливального контуру дорівнює 0,5 мГн. Якою має бути електроємність C конденсатора, щоб контур резонував на довжину хвилі $\lambda = 300$ м?

7. Електромагнітна хвиля з частотою $\nu = 4$ МГц переходить з немагнітного середовища з діелектричною проникністю $\epsilon = 3$ у вакуум. Визначити збільшення її довжини хвилі.

ВАРІАНТ 5

1. Точка здійснює коливання за законом $x = A \sin(\omega t + \varphi)$, де $A = 4$ см. Визначити початкову фазу φ , якщо: $x(0) = -2\sqrt{3}$ см і $v_x(0) > 0$. Побудувати векторну діаграму для моменту $t = 0$.

2. Визначити значення сили, що повертає систему в положення рівноваги у момент часу $t_1 = 1,25$ с, і повну механічну енергію E матеріальної точки, маса якої $m = 10$ г, а коливання здійснюються за законом $x = 0,1 \cos(\frac{\pi}{3}t + \frac{\pi}{4})$, м.

3. Тонкий стрижень, що підвішений за кінець, здійснює коливання з такою самою частотою, що й математичний маятник довжиною $l = 1$ м. Чому дорівнює довжина стрижня?

4. Добротність коливальної системи $Q = 3$, частота вільних коливань $\omega = 150$ с⁻¹. Визначити власну частоту ω_0 коливань системи.

5. Визначити інтенсивність звуку (Вт/м²), якщо рівень гучності його $L = 67$ дБ. Інтенсивність звуку на порозі чутності $I_0 = 10^{-12}$ Вт/м².

6. **У коливальному контурі відбуваються вільні незгасаючі електромагнітні коливання. Максимальний заряд конденсатора $q_0 = 1$ мкКл, максимальна сила струму $I_0 = 10$ А. Визначити довжину хвилі, на яку резонує контур.**

7. Електромагнітна хвиля має частоту $\nu = 5 \cdot 10^{14}$ Гц, довжину в деякій речовині $\lambda = 0,45$ мкм. Якою є **фазова** швидкість поширення хвилі в цій речовині? Чому дорівнює показник заломлення речовини? Якою буде довжина хвилі після переходу її в повітря?

ВАРІАНТ 6

1. Максимальна швидкість точки, що здійснює гармонічні коливання, дорівнює 10 см/с, максимальне прискорення 100 см/с². Визначити кругову частоту ω коливань, їхній період T і амплітуду A .

2. Додаються два коливання однакового напрямку і періоду: $x_1 = A_1 \sin \omega t$ і $x_2 = A_2 \sin \omega(t + \tau)$, де $A_1 = A_2 = 1$ см; $\omega = \pi$ с⁻¹, $\tau = 0,5$ с. Визначити амплітуду A і початкову фазу φ результуючого коливання.

3. Айсберг у вигляді прямої призми коливається уздовж вертикальної осі. Визначити період T малих коливань айсберга, якщо висота його надводної частини **у стані рівноваги** $h = 100$ м.

4. Тіло, маса якого $m = 1$ кг, здійснює коливання під дією пружної сили (жорсткість $k = 10$ Н/м). Визначити коефіцієнт опору r в'язкого середовища, якщо період згасаючих коливань $T = 2,1$ с.
5. Звукові коливання з частотою $\nu = 450$ Гц і амплітудою $A = 0,3$ мм поширюються в повітрі. Довжина хвилі $\lambda = 80$ см. Чому дорівнює середня енергія, що переноситься хвилею в одиницю часу через одиничну площадку, перпендикулярну напрямку хвилі? Густина повітря $\rho = 1,29$ кг/м³.
6. Ємність конденсатора коливального контуру $C = 7$ мкФ, індуктивність його котушки $L = 0,23$ Гн, опір $R = 40$ Ом. Конденсатору надали заряд $q_0 = 0,56$ мкКл і приєднали його до котушки. Визначити період коливань, логарифмічний декремент згасання і записати закон зміни напруги на конденсаторі в залежності від часу.
7. У коливальному контурі індуктивність котушки можна змінювати від 50 до 500 Гн, а ємність конденсатора від 10 до 1000 пФ. Який діапазон довжин хвиль можна одержати під час настроювання такого контуру?

ВАРІАНТ 7

1. Матеріальна точка, маса якої $m = 10$ г, здійснює гармонічні коливання за законом косинуса з періодом $T = 2$ с і початковою фазою $\varphi = 0$. Повна механічна енергія точки $E = 0,1$ мДж. Визначити амплітуду коливань A та навести закон руху точки. Обчислити максимальне значення F_{\max} сили, що діє на точку.
2. Математичний маятник довжиною $l_1 = 40$ см і фізичний маятник у вигляді тонкого стрижня довжиною $l_2 = 60$ см синхронно коливаються навколо однієї і тієї ж горизонтальної осі. Визначити відстань від центра мас стрижня до осі коливань.
3. Амплітуда згасаючих коливань маятника за час $t_1 = 5$ хв зменшилася в два рази. За який час t_2 амплітуда зменшиться у вісім разів?
4. Вантаж масою $m = 0,5$ кг підвішений на пружині, жорсткість якої $k = 0,49$ Н/см, і поміщений в олію. Коефіцієнт опору рухові вантажу в олії $r = 0,5$ кг/с. На верхній кінець пружини діє вертикальна змушувальна сила, що змінюється за законом $F = 0,98 \sin \omega t$, Н. За якої частоти ω змушувальної сили амплітуда вимушених коливань буде максимальною? Чому вона дорівнює?
5. Визначити швидкість v поширення хвилі в пружному середовищі, якщо різниця фаз $\Delta\varphi$ коливань двох точок середовища, що відстоять одна від одної на $\Delta x = 10$ см, дорівнює $\pi/3$. Частота коливань $\nu = 25$ Гц.
6. Сила струму в коливальному контурі, що містить котушку індуктивністю $L = 0,1$ Гн і конденсатор, з часом змінюється за законом $I = 0,1 \sin 200\pi t$, А. Визначити: 1) період коливань, 2) ємність конденсатора, 3) максимальну напругу на обкладках конденсатора, 4) максимальну енергію магнітного поля, 5) максимальну енергію електричного поля.
7. У вакуумі уздовж осі Ox поширюється плоска електромагнітна хвиля. Амплітуда напруженості електричного поля хвилі становить 18,8 В/м. Визначити середню енергію, що проходить за $t = 1$ хв через площадку $S = 0,5$ м², розміщену перпендикулярно напрямкові поширення хвилі.

ВАРІАНТ 8

1. Визначити максимальні значення швидкості v_{\max} і прискорення a_{\max} точки, що здійснює гармонічні коливання з амплітудою $A = 3$ см і круговою частотою $\omega = \pi/2$ с⁻¹.
2. Матеріальна точка масою $m = 50$ г здійснює коливання, рівняння якого має вигляд $x = A \cos \omega t$, де $A = 10$ см, $\omega = 5$ с⁻¹. Визначити силу F , що діє на точку, у двох випадках: 1) у момент часу, коли фаза $\omega t = \pi/3$; 2) у положенні найбільшого зміщення точки.
3. Вантаж підвішений на пружині, жорсткість якої $k = 0,1$ Н/м, і занурений у середовище з коефіцієнтом опору $r = 0,05$ кг/с. Маса вантажу $m = 1$ кг. Визначити добротність Q коливальної системи.
4. Кулька масою $m = 50$ г коливається на легкій нитці, довжина якої $l = 1$ м. Коефіцієнт опору повітря $r = 0,1$ кг/с. Визначити частоту власних коливань ν_0 ; резонансну частоту коливань $\nu_{\text{рез}}$; резонансну амплітуду $A_{\text{рез}}$, якщо амплітудне значення змушувальної сили $F_0 = 0,01$ Н.
5. Густина деякого двохатомного газу за нормального тиску дорівнює 0,09 кг/м³. Визначити швидкість поширення звуку в газі за цих умов.
6. Напруга на обкладках конденсатора коливального контуру змінюється за законом $U = 30 \cos 10^3\pi t$, В. Ємність конденсатора $C = 0,3$ мкФ. Визначити період T коливань, індуктивність котушки L і установити закон зміни сили струму $I(t)$ у контурі.
7. У вакуумі уздовж осі Ox поширюється плоска електромагнітна хвиля довжиною $\lambda = 31$ м. Амплітуда напруженості електричного поля хвилі $E_m = 18,8$ В/м. Навести рівняння електромагнітної хвилі.

ВАРІАНТ 9

1. Точка здійснює гармонічні коливання. Найбільше зміщення x_{\max} точки дорівнює 10 см, найбільша швидкість $v_{\max} = 20$ см/с. Визначити циклічну частоту ω коливань.
2. В електронному осцилографі електронний промінь відхиляється в двох взаємно перпендикулярних напрямках. Коливання променя описуються рівняннями $x = A \sin 3\omega t$, $y = A \cos 2\omega t$. Побудувати траєкторію світної точки на екрані, дотримуючись масштабу. Прийняти $A = 4$ см.
3. Однорідний диск радіусом $R = 30$ см здійснює коливання навколо горизонтальної осі, що проходить через одну з твірних циліндричної поверхні диска. Визначити період T його коливань.
4. Тіло масою $m = 0,1$ кг підвішене на пружині жорсткістю $k = 10$ Н/м. На верхній кінець пружини діє вертикальної змусувальна сила $F = 10^{-3} \cos \omega t$, Н. Коливання відбуваються у в'язкому середовищі. Визначити максимальну силу тертя $F_{\text{т max}}$, що заважає рухові, якщо під час резонансу амплітуда становить $A_{\text{рез}} = 0,1$ м.
5. Площа косинусоїдна звукова хвиля має період $T = 3$ мс, амплітуду $A = 0,2$ мм і довжину хвилі $\lambda = 1,2$ м. Для точок середовища, віддалених від джерела коливань на відстань $x = 2$ м, визначити зміщення $\xi(x, t)$ у момент часу $t = 7$ мс **від початку коливань джерела**. Початкова фаза хвилі дорівнює нулю.
6. Ємність конденсатора коливального контуру $C = 1$ мкФ, індуктивність його котушки $L = 10$ мГн. Який активний опір R необхідно ввести в контур, щоб частота вільних коливань зменшилася на 0,01%?
7. Електромагнітні хвилі поширюються в однорідному середовищі зі швидкістю $2 \cdot 10^8$ м/с. Яку довжину хвилі мають електромагнітні хвилі в цьому середовищі і в вакуумі, якщо їхня частота 1 МГц?

ВАРІАНТ 10

1. Вантаж масою $m = 0,1$ кг, що підвішений на спіральній пружині, розтягує її на $\Delta x = 0,1$ мм. Яку амплітуду A будуть мати коливання вантажу, якщо повна механічна енергія $E = 1$ Дж?
2. Однорідний диск радіусом $R = 30$ см здійснює коливання навколо горизонтальної осі, що проходить через середину одного з радіусів перпендикулярно до площини диска. Визначити період T його коливань.
3. Вантаж, маса якого $m = 0,1$ кг, підвішений на вертикальній пружині жорсткістю $k = 10$ Н/м. Сила опору руху пропорційна швидкості, коефіцієнт пропорційності $r = 0,87$ кг/с. Вантаж відхилили на $x_{\max} = 2$ см від положення рівноваги і відпустили без поштовху. Записати закон руху вантажу.
4. На гармонічний осцилятор масою $m = 10$ г, що здійснює коливання з коефіцієнтами квазіпружної сили $k = 10^2$ Н/м і згасання $\beta = 1$ с⁻¹, діє змусувальна сила $F = 0,1 \cos 90 t$, (сила – у ньютонках, аргумент косинуса – у радіанах). Установити закон, за яким відбуваються коливання. Порівняти значення амплітуди вимушених коливань з амплітудою в резонансі
5. Поперечна хвиля поширюється вздовж пружного шнура зі швидкістю $v = 10$ м/с. Амплітуда коливань точок шнура $A = 5$ см, період коливань $T = 1$ с. В початковий момент часу кінець шнура, що є джерелом біжучої хвилі, перебував у положенні максимального відхилення від положення рівноваги. Записати рівняння пружної хвилі і визначити: 1) довжину хвилі, 2) фазу коливань, зміщення, швидкість і прискорення точки, що відстоїть на 9 м від джерела коливань у момент часу $t_1 = 2,5$ с **від початку коливань джерела**.
6. Ємність конденсатора коливального контуру $C = 39,5$ мкФ, індуктивність його котушки $L = 100$ мГн. У початковий момент часу заряд на обкладках конденсатора $q_0 = 3$ мкКл. Нехтуючи опором контуру, записати рівняння 1) зміни сили струму в контурі в залежності від часу, 2) зміни напруги на конденсаторі в залежності від часу.
7. У вакуумі поширюється плоска електромагнітна хвиля, амплітуда напруженості електричного поля якої $E_m = 160$ В/м. Визначити амплітуду напруженості магнітного поля хвилі.

Індивідуальне завдання №5

ВАРІАНТ 1.

1. У скільки разів збільшиться відстань між сусідніми інтерференційними смугами на екрані в досліді Юнга, якщо зелений світлофільтр ($\lambda_1 = 500$ нм) замінити червоним ($\lambda_2 = 650$ нм)?
2. На грань кристала кам'яної солі падає паралельний пучок рентгенівського випромінювання ($\lambda = 147$ пм). Визначити відстань d між атомними площинами кристала, якщо дифракційний максимум другого порядку спостерігається, коли випромінювання падає під кутом $\theta = 31^\circ 30'$ до поверхні кристала.
3. Природне світло проходить через поляризатор і аналізатор, які встановлені так, що кут між їх площинами дорівнює φ . Як поляризатор, так і аналізатор поглинають і відбивають 8 % падаючого на них світла. Виявилося, що інтенсивність світла, яке вийшло з аналізатора, складає 9 % інтенсивності природного світла, що падає на поляризатор. Визначити кут φ .
4. Світло з довжиною хвилі $\lambda = 600$ нм нормально падає на дзеркальну поверхню і чинить на неї тиск $p = 4$ мкПа. Визначити число N фотонів, які падають за час $t = 10$ с на площу $S = 1$ м² цієї поверхні.
5. При фотоефекті з платиновієї пластинки електрони повністю затримуються різницею потенціалів $U = 0,8$ В. Визначити довжину хвилі λ застосованого випромінювання і граничну довжину хвилі λ_0 , при якій ще можливий фотоефект.

6. Зачорнена кулька охолоджується від температури $T_1 = 300$ К до $T_2 = 200$ К. Вважаючи поверхню кульки абсолютно чорною, визначити на скільки змінилася довжина хвилі λ_{\max} , що відповідає максимуму спектральної густини енергетичної світності?

7. Якою була довжина хвилі λ рентгенівського випромінювання, якщо при комптонівському розсіянні цього випромінювання **плиткою графіту** під кутом $\theta = 60^\circ$ довжина хвилі розсіяного випромінювання виявилася $\lambda' = 25,4$ пм?

ВАРІАНТ 2.

1. У досліді Юнга отвори освітлювалися монохроматичним світлом ($\lambda = 600$ нм). Відстань між отворами $d = 1$ мм, відстань від отворів до екрану $l = 3$ м. Визначити положення третьої світлої смуги на екрані.

2. На дифракційну ґратку нормально падає пучок монохроматичного світла. Максимум третього порядку спостерігається під кутом $\varphi = 36^\circ 48'$. Визначити період d дифракційної ґратки, виражений в довжинах хвиль падаючого світла.

3. Визначити кут φ між площинами поляризатора і аналізатора, якщо інтенсивність природного світла, що проходить через поляризатор і аналізатор, зменшується в 4 рази.

4. Яку потужність P треба підводити до зачорненої металевої кульки радіусом $r = 2$ см, щоб підтримувати її температуру на $\Delta T = 27$ К вище за температуру навколишнього середовища? Температура навколишнього середовища $T = 293$ К. Вважати, що поверхня кульки є абсолютно чорною, і тепло втрачається тільки внаслідок випромінювання.

5. Визначити довжину хвилі λ_0 світла, що відповідає червоній границі фотоефекту для літію, натрію, калію і цезію.

6. Визначити довжину хвилі λ фотона, маса якого дорівнює масі спокою: 1) електрона; 2) протона.

7. На поверхню, яка ідеально відбиває, протягом часу $t = 3$ хв. нормально падає монохроматичне світло, енергія якого $W = 9$ Дж. Площа поверхні $S = 5$ см². Визначити тиск світла на поверхню.

ВАРІАНТ 3.

1. У досліді Юнга на шляху одного з променів, що бере участь в інтерференції, розміщувалася тонка скляна пластинка, внаслідок чого центральна світла смуга зміщувалася в положення, яке спочатку було зайняте п'ятою світлою смугою (не враховуючи центральної). Промінь падає перпендикулярно до поверхні пластинки. Показник заломлення пластинки $n = 1,5$. Довжина хвилі $\lambda = 600$ нм. Якою є товщина h пластинки?

2. На щілину завширшки $a = 2$ мкм падає нормально паралельний пучок монохроматичного світла ($\lambda = 589$ нм). Визначити ширину l зображення щілини на екрані, віддаленому від щілини на відстань $L = 1$ м. Шириною зображення вважати відстань між першими дифракційними мінімумами, розміщеними по обидві боки від головного максимуму освітленості.

3. Пучок природного світла, що поширюється у воді, відбивається від грані алмазу, зануреного у воду. При якому куті падіння i_B відбите світло буде повністю поляризованим?

4. Поверхню тіла було нагріто до температури $T = 1000$ К. У скільки разів зміниться енергетична світність R_e тіла, якщо покласти, що одна половина поверхні нагрівається на $\Delta T = 100$ К, а інша охолоджується на $\Delta T = 100$ К.?

5. Довжина хвилі світла, яка відповідає червоній границі фотоефекту, для деякого металу $\lambda_0 = 375$ нм. Визначити мінімальну енергію ε фотона, який спричиняє фотоефект.

6. Тиск p монохроматичного світла ($\lambda = 600$ нм) на чорну поверхню, розміщену перпендикулярно падаючому промінню, дорівнює $0,1$ мкПа. Визначити кількість N фотонів, які падають за час $t = 1$ с на поверхню площею $S = 1$ см².

7. Рентгенівське випромінювання з довжиною хвилі $\lambda = 20$ пм зазнає комптонівського розсіяння під кутом $\theta = 90^\circ$. Визначити зміну $\Delta\lambda$ довжини хвилі цього випромінювання під час розсіяння, а також енергію та імпульс електрона віддачі.

ВАРІАНТ 4.

1. На тонкий **скляний** ($n = 1,55$) клин у напрямі нормалі до його поверхні падає монохроматичне світло ($\lambda = 600$ нм). Визначити кут α між поверхнями клина, якщо відстань b між сусідніми інтерференційними мінімумами у відбитому світлі дорівнює 4 мм.

2. Точкове джерело світла ($\lambda = 0,5$ мкм) розміщене на відстані $a = 1$ м від діафрагми з круглим отвором діаметра $d = 2$ мм. Визначити відстань b від діафрагми до точки спостереження, якщо отвір відкриває три зони Френеля.

3. Кут Брюстера i_B при падінні світла з повітря на кристал кам'яної солі дорівнює 57° . Визначити швидкість світла в цьому кристалі.

4. Абсолютно чорне тіло має температуру $T_1 = 2900$ К. В результаті охолодження тіла довжина хвилі, на яку припадає максимум спектральної густини енергетичної світимості, змінилася на $\Delta\lambda_{\max} = 9$ мкм. До якої температури T_2 остудилося тіло?

5. Довжина хвилі світла, яка відповідає червоній границі фотоефекту, для деякого металу $\lambda_0 = 375$ нм. Визначити: 1) роботу виходу A електрона з металу; 2) максимальну швидкість v_{\max} електронів, які вириваються з металу світлом з довжиною хвилі $\lambda = 300$ нм; 3) максимальну кінетичну енергію T_{\max} електронів.

6. Монохроматичне випромінювання з довжиною хвилі $\lambda = 500$ нм падає нормально на плоску дзеркальну поверхню і тисне на неї з силою $F = 10$ нН. Визначити кількість N_I фотонів, які щосекунди падають на цю поверхню.

7. Визначити енергію ϵ , масу m та імпульс p фотона, якому відповідає довжина хвилі $\lambda_1 = 1,6$ пм.

ВАРІАНТ 5.

1. На мильну плівку падає біле світло під кутом $i = 45^\circ$ до її поверхні. При якій найменшій товщині h плівки відбите випромінювання матиме жовтий колір ($\lambda = 600$ нм)? Показник заломлення мильної води $n = 1,33$.

2. Яким має бути період d дифракційної ґратки, щоб у першому порядку були розділені лінії спектра калію $\lambda_1 = 404,4$ нм і $\lambda_2 = 404,7$ нм? Ширина ґратки $a = 3$ см.

3. Граничний кут i_{cp} повного відбиття пучка світла на межі поділу рідина - повітря дорівнює 43° . Визначити кут Брюстера i_B для падіння променя з повітря на поверхню цієї рідини.

4. У скільки разів треба збільшити термодинамічну температуру абсолютно чорного тіла, щоб його енергетична світність R_e зросла в два рази?

5. Паралельний пучок монохроматичного світла ($\lambda = 662$ нм) нормально падає на зачорнену поверхню і чинить на неї тиск $p = 0,3$ мкПа. Визначити концентрацію n фотонів в світловому пучку.

6. Визначити кут θ розсіювання фотона, що зазнав зіткнення з вільним електроном, якщо зміна довжини хвилі при розсіянні $\Delta\lambda = 3,63$ пм.

7. Визначити масу m фотона: а) видимого світла ($\lambda_1 = 700$ нм); б) рентгенівських променів ($\lambda_1 = 25$ пм); в) гамма-променів ($\lambda = 1,6$ пм).

ВАРІАНТ 6.

1. Мильна плівка розміщена вертикально і утворює клин унаслідок стікання рідини. При спостереженні інтерференційних смуг у відбитому світлі ртутної дуги ($\lambda = 546,1$ нм) виявилось, що відстань між п'ятьма смугами $l = 2$ см. Визначити середній кут α клину. Світло падає перпендикулярно до поверхні плівки. Показник заломлення мильної води $n = 1,33$.

2. Плоска світлова хвиля ($\lambda = 0,7$ мкм) падає нормально на діафрагму з круглим отвором радіусом $r = 1,4$ мм. На шляху випромінювання, що пройшло через отвір, розміщено екран. Визначити максимальну відстань b_{\max} від центра отвору до екрана, при якому в центрі дифракційної картини ще спостерігатиметься темна пляма.

3. Коефіцієнт поглинання деякої речовини для монохроматичного світла певної довжини хвилі $\alpha = 0,1$ см⁻¹. Визначити товщину шару речовини, яка необхідна для ослаблення світла в 2 рази.

4. Визначити відносне збільшення $\Delta R_e/R_e$ енергетичної світності абсолютно чорного тіла при збільшенні його температури на 2%.

5. Визначити частоту ν світла, яке вириває з металу електрони, що цілком затримуються різницею потенціалів $U = 3$ В. Фотоефект починається при частоті світла $\nu_0 = 6 \cdot 10^{14}$ Гц. Визначити роботу виходу A електрона з цього металу.

6. Фотон з довжиною хвилі $\lambda = 15$ пм розсіявся на вільному електроні. Довжина хвилі розсіяного фотона $\lambda' = 16$ пм. Визначити кут θ розсіювання.

7. З якою швидкістю v повинен рухатися електрон, щоб його кінетична енергія дорівнювала енергії фотона з довжиною хвилі $\lambda = 520$ нм?

ВАРІАНТ 7.

1. На шляху світлової хвилі, яка поширюється в повітрі, поставили скляну пластинку завтовшки $h = 1$ мм. На скільки зміниться оптична довжина шляху, якщо хвиля падає на пластинку: 1) нормально; 2) під кутом $i = 30^\circ$?

2. Період дифракційної ґратки $d = 2$ мкм. Яку різницю довжин хвиль $\Delta\lambda$ може розділити ця ґратка в області жовтого випромінювання ($\lambda = 600$ нм) в спектрі другого порядку? Ширина ґратки $a = 2,5$ см.

3. Кут ϕ між площинами поляризатора і аналізатора дорівнює 45° . У скільки разів зменшиться інтенсивність світла, яке виходить з аналізатора, якщо кут збільшити до 60° ?

4. Температура T верхніх шарів зірки Сиріус дорівнює 10 кК. Вважаючи властивості поверхні зірки подібними до властивостей абсолютно чорного тіла, визначити потік енергії Φ_e , що випромінюється з поверхні площею $S = 1 \text{ км}^2$ цієї зірки.

5. Фотони з енергією $\varepsilon = 4,9 \text{ еВ}$ виривають електрони з металу з роботою виходу $A = 4,5 \text{ еВ}$. Визначити максимальний імпульс p_{max} , який передається поверхні металу при вильоті кожного електрона.

6. З якою швидкістю v повинен рухатися електрон, щоб його імпульс дорівнював імпульсу фотона з довжиною хвилі $\lambda = 520 \text{ нм}$?

7. Енергія рентгенівських фотонів $\varepsilon = 0,6 \text{ МеВ}$. Визначити енергію електрона віддачі, якщо довжина хвилі рентгенівського випромінювання внаслідок комптонівського розсіяння змінилася на 20%.

ВАРІАНТ 8.

1. Установка для спостереження кілець Ньютона освітлюється монохроматичним світлом з довжиною хвилі $\lambda = 600 \text{ нм}$, який падає по нормалі до поверхні пластинки. Визначити товщину h повітряного зазору між лінзою і скляною пластинкою в тому місці, де спостерігається четверте темне кільце у відбитому світлі.

2. На дифракційну ґратку падає нормально пучок світла. Червону лінію ($\lambda = 700 \text{ нм}$) в спектрі першого порядку видно під кутом дифракції $\varphi = 12^\circ$. Визначити період d дифракційної ґратки. Яка кількість штрихів N_0 нанесена на одиницю довжини цієї ґратки?

3. У скільки разів ослаблюється інтенсивність природного світла, яке проходить через два поляризатори, площини яких утворюють кут $\varphi = 30^\circ$?

4. У яких областях спектра лежать довжини хвиль, які відповідають максимуму спектральної густини енергетичної світності, якщо джерелом світла є: а) спіраль електричної лампочки ($T = 3000 \text{ К}$); б) поверхня Сонця ($T = 6000 \text{ К}$); в) атомна бомба, в якій у момент вибуху розвивається температура $T \approx 10^7 \text{ К}$?

5. Визначити сталу Планка h , якщо відомо, що електрони, які вириваються з металу випромінюванням з частотою $\nu_1 = 2,2 \cdot 10^{15} \text{ Гц}$, повністю затримуються різницею потенціалів $U_1 = 6,6 \text{ В}$, а ті, що вириваються світлом з частотою $\nu_2 = 4,6 \cdot 10^{15} \text{ Гц}$, – різницею потенціалів $U_2 = 16,5 \text{ В}$.

6. На плоску поверхню, що ідеально відбиває, нормально падає світло. Потік випромінювання Φ_e дорівнює 0,45 Вт. Визначити силу тиску, яку зазнає ця поверхня.

7. Яку енергію ε повинен мати фотон, щоб його маса дорівнювала масі спокою електрона?

ВАРІАНТ 9.

1. Відстань $\Delta r_{1,2}$ між першим і другим темними кільцями Ньютона у відбитому світлі дорівнює 1 мм. Визначити відстань $\Delta r_{9,10}$ між дев'ятим і десятим кільцями.

2. Світло від монохроматичного джерела ($\lambda = 600 \text{ нм}$) падає нормально на діафрагму з діаметром отвору $d = 6 \text{ мм}$. За діафрагмою на відстані $l = 3 \text{ м}$ від неї розміщений екран. Яка кількість m зон Френеля укладається в отворі діафрагми? Яким буде центр дифракційної картини на екрані: темним або світлим?

3. Визначити показник заломлення скла, якщо відбитий від його поверхні промінь є повністю поляризованим у випадку, коли кут заломлення складає 35° .

4. Потік енергії Φ_e , який випромінюється з вікця плавильної печі, дорівнює 45,4 Вт, площа отвору $S = 8 \text{ см}^2$. Вважаючи, що отвір печі випромінює як абсолютно чорне тіло, визначити температуру T печі.

5. Визначити максимальну швидкість v_{max} фотоелектронів, що вилітають з металу при опромінюванні γ – фотонами з енергією $\varepsilon = 1,53 \text{ МеВ}$.

6. При якій температурі T кінетична енергія молекули двоатомного газу буде дорівнювати енергії фотона з довжиною хвилі $\lambda = 589 \text{ нм}$?

7. Фотон з енергією 100 кеВ внаслідок ефекту Комптона розсіявся при зіткненні з вільним електроном на кут $\theta = \pi/2$. Визначити енергію фотона після розсіяння.

ВАРІАНТ 10.

1. На поверхню скляного об'єктиву ($n_1 = 1,5$) нанесена тонка плівка, показник заломлення якої $n_2 = 1,2$ (плівка, що просвітлює). При якій найменшій товщині d цієї плівки відбудеться максимальне ослаблення відбитого світла в середній частині видимого спектра ($\lambda = 560 \text{ нм}$)?

2. Визначити найбільший порядок m спектра для жовтої лінії натрію ($\lambda = 589 \text{ нм}$), якщо період дифракційної ґратки $d = 2 \text{ мкм}$.

3. Визначити, під яким кутом до горизонту повинне знаходитися Сонце, щоб відбиті від поверхні води ($n = 1,33$) проміні були повністю поляризованими.

4. Визначити температуру T , за якої енергетична світність R_e абсолютно чорного тіла дорівнює 10 кВт/м^2 .

5. Визначити затримуючу напругу U_3 для електронів, які вириваються при опромінюванні калію світлом з довжиною хвилі $\lambda = 330 \text{ нм}$.

6. На дзеркальну поверхню площею $S = 6 \text{ см}^2$ падає нормально потік випромінювання $\Phi_e = 0,8 \text{ Вт}$. Визначити тиск p і силу тиску F світла на цю поверхню.

7. Визначити довжину хвилі λ фотона, імпульс якого дорівнює імпульсу електрона, що рухається зі швидкістю $v = 10 \text{ Мм/с}$.

Індивідуальне завдання №6

ВАРІАНТ 1

1. Визначити зміну орбітального моменту імпульсу електрона в атомі водню під час його переходу зі збудженого стану в основний з випусканням фотона з довжиною хвилі $\lambda = 102$ нм.
2. Заряджена частинка, яка була прискорена різницею потенціалів $U = 200$ В, має довжину хвилі де Бройля $\lambda = 2,02$ нм. Визначити масу m частинки, якщо її заряд чисельно дорівнює заряду електрона.
3. Обчислити: а) орбітальний момент імпульсу електрона, що перебуває в атомі в p -стані; б) спіновий момент імпульсу електрона і проекцію цього моменту на напрям зовнішнього магнітного поля.
4. Визначити в електрон-вольтах максимальну енергію E фонона, що може збуджуватися в кристалі NaCl, якщо характеристична температура Дебая $\Theta_D = 320$ К. Фотон якої довжини хвилі λ мав би таку енергію?
5. Яку найменшу енергію E потрібно затратити, щоб відірвати один нейтрон від ядра азоту $^{14}_7N$?
6. Визначити проміжок часу τ , протягом якого активність A ізотопу стронцію ^{90}Sr зменшиться в $k_1 = 10$ разів? В $k_2 = 100$ разів? Період напіврозпаду стронцію $T_{1/2} = 28$ років.
7. Яка енергія ΔE виділяється під час термоядерної реакції синтезу $^2_1H + ^3_1H \rightarrow ^4_2He + ^1_0n$? Відповідь надати в джоулях і електрон-вольтах. Маси нуклідів у атомних одиницях маси (а.о.м.):
 $m_{^2_1H} = 2,01410$ а.о.м. $m_{^3_1H} = 3,01605$ а.о.м. $m_{^4_2He} = 4,00260$ а.о.м. $m_n = 1,00866$ а.о.м.

ВАРІАНТ 2

1. Визначити для першої і другої колових орбіт атому водню значення сили кулонівського притягання і напруженість електричного поля.
2. Визначити довжину хвилі де Бройля λ для: а) електрона, що рухається зі швидкістю $v = 10^6$ м/с; б) атома водню, що рухається із середньою квадратичною швидкістю за температури $T = 300$ К; в) кульки масою $m = 1$ г, що рухається зі швидкістю $v = 1$ см/с.
3. Енергія атома в деякому стаціонарному стані $E = -1,51$ еВ. Чому дорівнює максимальне значення проекції орбітального моменту імпульсу електрона на вісь Oz для цього стану?
4. Якими є властивості квазічастинки, що називається фононом?
5. Енергія зв'язку $E_{зв}$ ядра кисню $^{18}_8O$ дорівнює 139,8 МеВ, ядра фтору $^{19}_9F$ – 147,8 МеВ. Визначити, яку мінімальну енергію E потрібно затратити, щоб відірвати один протон від цих ядер.
6. Визначити масу m полонію $^{210}_{84}Po$, активність якого $A = 3,7 \cdot 10^{10}$ Бк. Період напіврозпаду полонію $T_{1/2} = 138$ діб.
7. Визначити значення літери x в ядерних реакціях:
 а) $^{55}_{25}Mn(x, n)^{55}_{26}Fe$; б) $^{27}_{13}Al(\alpha, p)x$;
 в) $^{14}_7N(n, x)^{14}_6C$; г) $x(p, \alpha)^{22}_{11}Na$.

ВАРІАНТ 3

1. На якій орбіті швидкість електрона атома водню в моделі атома Бора становить 734 км/с?
2. Визначити довжину хвилі де Бройля λ кульки масою $m = 1$ г, що рухається зі швидкістю $v = 100$ м/с. Чи можуть проявитися у досліді хвильові властивості такої кульки?
3. Максимальне значення проекції орбітального моменту імпульсу електрона на вісь Oz для деякого стаціонарного стану атома водню $L_{Lz} = 2\hbar$. Чому дорівнює мінімальна енергія E_{\min} атома в цьому стані?
4. Пояснити фізичний зміст енергії Фермі.
5. Визначити енергію зв'язку $E_{зв}$ ядра ізотопу літію 7_3Li .
6. Яка частина η початкової кількості ядер ^{90}Sr розпадеться за одну добу і за 15 років? Яка частина ζ залишиться через 10 років і через 100 років? Період напіврозпаду стронцію $T_{1/2} = 28$ років.
7. Визначити найменшу енергію γ -кванта, яка є достатньою для здійснення реакції розкладання дейтона γ -квантами $^2_1H + hv \rightarrow ^1_1H + ^1_0n$.

ВАРІАНТ 4

1. Під час переходу з третього рівня на другий воднеподібний іон атома деякого елемента випускає фотон з енергією 7,5 еВ. Який це елемент?
2. Визначити квантовомеханічну невизначеність Δv_x x -компоненти швидкості частинки масою $m = 1$ г і електрона, якщо положення кожного з них визначено з однаковою похибкою $\Delta x = 10^{-7}$ м.

3. Хвильова функція основного стану електрона в атомі водню має вигляд $\psi(r) = \frac{1}{\sqrt{\pi a_B^3}} e^{-r/a_B}$. Тут $a_B = 52,9$ пм – борівський радіус. Визначити ймовірність знайти електрон всередині сферичного шару між сферами з радіусами $2 a_B$ та $3 a_B$.
4. Пояснити фізичний зміст характеристичної температури Дебая Θ_D .
5. Визначити енергію зв'язку $E_{зв}$ ядра атома гелію ${}^4_2\text{He}$.
6. Унаслідок послідовних радіоактивних розпадів ядро урану ${}^{238}_{92}\text{U}$ перетворилося в ядро свинцю ${}^{206}_{82}\text{Pb}$. Користуючись таблицею Менделєєва, визначити скільки актів α -розпаду і β -розпаду при цьому відбулося.
7. Під час бомбардування ізотопу азоту ${}^{14}_7\text{N}$ нейтронами утворюється ізотоп вуглецю ${}^{14}_6\text{C}$, що виявляється β -радіоактивним. **Навести** рівняння обох реакцій.

ВАРІАНТ 5

1. Під час переходу з четвертого рівня на третій воднеподібний іон атома деякого елемента випускає фотон з енергією 5,95 еВ. Який це елемент?
2. Приймаючи, що електрон перебуває усередині атома діаметром 0,3 нм, визначити (в електрон-вольтах) невизначеність кінетичної енергії цього електрона.
3. Хвильова функція основного стану електрона в атомі водню має вигляд $\psi(r) = \frac{1}{\sqrt{\pi a_B^3}} e^{-r/a_B}$. Тут $a_B = 52,9$ пм – борівський радіус. Визначити ймовірність знайти електрон зовні сфери радіусом $3 a_B$.
4. У германії з домішкою бору енергія активації домішкових атомів $\Delta E_d = 0,01$ еВ. Визначити: 1) тип провідності домішкового напівпровідника; 2) тип домішкової фотопровідності; 3) червону границю фотопровідності.
5. Визначити енергію зв'язку $E_{зв}$ ядра атома **силіцію** ${}^{31}_{14}\text{Si}$.
6. Визначити сталу радіоактивного розпаду λ ядра ${}^{55}\text{Co}$, якщо за годину розпадається 4% початкової кількості ядер. Продукт розпаду є стабільним.
7. Визначити добову витрату ядерного пального ${}^{235}\text{U}$ у реакторі АЕС. Теплова потужність станції становить $P = 10$ МВт. Прийняти, що в одному акті поділу ядра виділяється енергія $Q = 200$ МеВ, а ККД станції $\eta = 20\%$.

ВАРІАНТ 6

1. Визначити швидкість електрона на другій борівській орбіті та радіус цієї орбіти.
2. Електрон перебуває в нескінченно глибокій одновимірній прямокутній потенціальній ямі шириною l . Визначити, у яких точках інтервалу ($0 \leq x \leq l$) густина імовірності (імовірність знаходження частинки в одиничному об'ємі в околі точки з координатою x) перебування електрона на першому і другому енергетичних рівнях є однаковою. Обчислити густину імовірності для цих точок. Пояснити графічно.
3. Хвильова функція деякої частинки має вигляд $\psi(r) = A e^{-r^2/(2a^2)}$, де A і a – деякі сталі, r – відстань частинки від силового центра. Визначити найбільш ймовірну відстань r_i частинки від силового центра в цьому стані.
4. У чому зміст поняття «дірка» як носія струму в напівпровіднику? Чи існують дірки поза напівпровідником? Чи збігаються зони провідності для електронів і дірок у напівпровідниках? Чому дорівнює найменша енергія ε_{\min} утворення пари електрон-дірка у власному напівпровіднику, провідність якого зростає в $n = 2$ рази з підвищенням температури від $T_1 = 300$ К до $T_2 = 310$ К?
5. Визначити енергію зв'язку $E_{зв}$ ядер: а) ${}^3_1\text{H}$; б) ${}^3_2\text{He}$. Яке з цих ядер є більш стійким?
6. За один рік початкова кількість радіоактивного препарату зменшилася в 5 разів. У скільки разів вона зменшиться за два роки?
7. Визначити енергію E , що виділяється під час з'єднання одного протона і двох нейтронів в атомне ядро. Необхідні маси нуклідів взяти з таблиць.

ВАРІАНТ 7

1. У який квантовий стан ($n = ?$) переходить атом водню, що перебуває в основному стані, під час поглинання фотона з енергією 12,1 еВ?
2. Електрон у нескінченно глибокій одновимірній прямокутній потенціальній ямі шириною l знаходиться в нижньому збудженому стані. Яка імовірність знаходження електрона в інтервалі $l/4$, рівновіддаленому від стінок ями?

3. Хвильова функція основного стану електрона в атомі водню має вигляд $\psi(r) = \frac{1}{\sqrt{\pi a_B^3}} e^{-r/a_B}$. Тут $a_B = 52,9$ пм – борівський радіус. Визначити ймовірність знайти електрон у сферичному шарі товщиною $\Delta r = 0,1 a_B$, що примикає до поверхні сфери радіусом $r = a_B$.
4. Визначити ширину ΔE забороненої зони телуру, якщо його електропровідність зростає в $n = 5$ разів з підвищенням температури від $T_1 = 300$ К до $T_2 = 400$ К.
5. Визначити енергію зв'язку $E_{зв}$, що приходить на один нуклон, у ядрах; а) ${}^7_3\text{Li}$; б) ${}^{14}_7\text{N}$.
6. Визначити кількість ΔN атомів, що розпалися в $m = 1$ мг радіоактивного натрію ${}^{24}_{11}\text{Na}$ за час $t_1 = 10$ годин. Період напіврозпаду натрію $T_{1/2} = 15,3$ годин.
7. Визначити енергію Q ядерної реакції: ${}^{44}_{20}\text{Ca} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^{41}_{19}\text{K} + {}^4_2\text{He}$. Необхідні маси нуклідів взяти з таблиць.

ВАРІАНТ 8

1. Визначити довжину хвилі Де Бройля для електрона, що знаходиться на третій орбіті ($n = 3$) атома водню.
2. Частинка в нескінченно глибокій одновимірній прямокутній потенціальній ямі шириною l знаходиться в основному стані, якому відповідає енергія $E_1 = 8,12$ Мев. Ширина ями $l = 5 \cdot 10^{-15}$ м. Визначити масу m частинки.
3. Хвильова функція деякої частинки має вигляд $\psi(r) = Ae^{-r^2/a^2}$, де A і a – деякі сталі, r – відстань частинки від силового центра. Визначити середню відстань $\langle r \rangle$ частинки від силового центра в цьому стані.
4. Кремнієвий зразок нагрівають від 0 до 10 °С. Приймаючи ширину ΔE забороненої зони кремнію $1,1$ еВ, визначити, у скільки разів зросте його питома електропровідність.
5. Енергія зв'язку $E_{зв}$ ядра, що складається з двох протонів і одного нейтрона, дорівнює $7,72$ Мев. Визначити масу m_a нейтрального атома, який має це ядро.
6. Яка кількість атомів з $N = 10^6$ атомів полонію розпадається за час $t = 1$ доба? Період напіврозпаду полонію $T_{1/2} = 138$ діб.
7. Визначити енергію Q , що виділяється під час реакції ${}^7_3\text{Li} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^4_2\text{He}$. Необхідні маси нуклідів взяти з таблиць.

ВАРІАНТ 9

1. У планетарній борівській моделі атома водню електрон рухається по коловій орбіті, радіус якої дорівнює першому борівському радіусу. Визначити частоту обертання, силу колового струму, магнітну індукцію, що виникає в центрі колової орбіти електрона.
2. Розглядаючи приблизно ядро й атом як одновимірні прямокутні нескінченно глибокі потенціальні ями для нуклонів і електронів, обчислити відстань між основним і першим збудженим рівнями в атомі $\Delta E_{a1,2}$ і ядрі $\Delta E_{я1,2}$, вважаючи, що для атома ширина ями $l_a = 5 \cdot 10^{-10}$ м, а для ядра $l_я = 5 \cdot 10^{-15}$ м.
3. Хвильова функція основного стану електрона в атомі водню має вигляд $\psi(r) = \frac{1}{\sqrt{\pi a_B^3}} e^{-r/a_B}$. Тут $a_B = 52,9$ пм – борівський радіус. Визначити ймовірність знайти електрон: 1) всередині області, обмеженої сферою радіуса, що дорівнює борівському радіусу a_B ; 2) зовні цієї області. Визначити відношення цих ймовірностей.
4. Питома електропровідність кремнію має значення $\sigma_1 = 19$ См/м за температури $T_1 = 600$ К і $\sigma_2 = 4095$ См/м за $T_2 = 1200$ К. Визначити ширину ΔE забороненої зони для кремнію.
5. Визначити масу m_a нейтрального атома, якщо ядро цього атома складається з трьох протонів і двох нейтронів, і енергія зв'язку $E_{зв}$ ядра дорівнює $26,3$ Мев.
6. За час $t = 1$ доба активність ізотопу зменшилася від $A_1 = 118$ Гбк до $A_2 = 7,4$ Гбк. Визначити період напіврозпаду $T_{1/2}$ цього нукліда.
7. Визначити енергію Q , що поглинається під час реакції ${}^{14}_7\text{N} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^1_1\text{H} + {}^{17}_8\text{O}$. Необхідні маси нуклідів взяти з таблиць.

ВАРІАНТ 10

1. У планетарній борівській моделі атома водню електрон рухається по коловій орбіті, радіус якої дорівнює першому борівському радіусу. Визначити лінійну та кутову швидкості електрона.

2. Електрон з енергією $E = 5$ еВ рухається в додатному напрямку осі Ox , зустрічаючи на своєму шляху прямокутний потенційний бар'єр висотою $U_0 = 10$ еВ і шириною $l = 0,1$ нм. Визначити для цього бар'єра коефіцієнт прозорості D .

3. Хвильова функція електрона в атомі водню, який перебуває в основному стані, має вигляд

$$\psi(r) = \frac{1}{\sqrt{\pi a_B^3}} e^{-r/a_B}. \text{ Тут } a_B = 52,9 \text{ пм} - \text{борівський радіус. Визначити середню відстань } \langle r \rangle \text{ електрона від}$$

ядра атома в цьому стані.

4. У кремнії з домішкою миш'яку енергія активації домішкових атомів $\Delta E_d = 0,05$ еВ. Визначити: 1) тип провідності домішкового напівпровідника; 2) тип домішкової фотопровідності; 3) максимальну довжину хвилі, за якої фотопровідність ще збуджується.

5. Визначити енергію зв'язку, що приходить на один нуклон $E_{зв}/A$ у ядрах; а) ${}^7_3\text{Li}$; б) ${}^{14}_7\text{N}$; в) ${}^{27}_{13}\text{Al}$; г) ${}^{40}_{20}\text{Ca}$; д) ${}^{63}_{29}\text{Cu}$; е) ${}^{113}_{48}\text{Cd}$; ж) ${}^{200}_{80}\text{Hg}$; з) ${}^{238}_{92}\text{U}$. Побудувати залежність $E_{зв}/A = f(A)$, де A – масове число.

6. Визначити сталу розпаду λ радону, якщо відомо, що кількість ядер радону зменшується за час $t = 1$ доба на 18,2%.

7. Визначити енергію Q , що виділяється під час реакції: ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^1_1\text{H} + {}^3_1\text{H}$. Необхідні маси нуклідів взяти з таблиць.